

KWR 2017.026 | Mei 2017

Evaluatie MUNET

Effectenanalyse en evaluatie van de uitvoering van het uittrekken van 100 meter \varnothing 100 mm AC te Berkel-Enschot, Noord-Brabant

Evaluatie MUNET

Effectenanalyse en evaluatie van de uitvoering van het uittrekken van 100 meter ø 100 mm AC te Berkel-Enschot, Noord-Brabant

KWR 2017.026 | Mei 2017

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
2017

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 2017.026 | Mei 2017 © KWR

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

Totaaloverzicht

MUNET, een innovatieve methode voor het sleufloos uittrekken van AC leidingen is uitgevoerd in een pilot-project in 100 meter \varnothing 100 mm AC. Bij deze methode worden trekstangen aangebracht in de AC-leiding waarna vanuit een beginpunt vanuit de binnenzijde van de leiding wordt getrokken, terwijl simultaan in de eindput tegen de kopse kant van de leiding wordt geduwd.

Tijdens deze pilot vormden de zomereiken bovenop het leidingtracé de belangrijkste reden om deze saneringstechniek toe te passen. De leiding is verwijderd en vervangen door een Polybutyleen (PB) leiding \varnothing 110 mm. De pilot is geëvalueerd met de binnen het TKI project 'Slim renoveren van waterleidingen' ontwikkelde techniek.

De techniek is ontworpen voor het sleufloos verwijderen van AC en is daarmee wereldwijd uniek. De pilot was onderdeel van het ontwikkelingstraject, de techniek werd hier voor het eerst uitgevoerd in een operationeel leidingnet en was daarom nog niet geoptimaliseerd op de aspecten snelheid van werken, hinder voor de omgeving en dergelijke. Verdere optimalisatie is mogelijk door ervaring op te doen met deze specifieke techniek.

De belangrijkste uitkomsten waren:

- De AC-leiding is succesvol verwijderd zonder breuken.
- De bomen hebben minimale wortelschade ondervonden van de werkzaamheden (<1%).
- De nieuwe leiding is aangebracht en in gebruik genomen.

In de rapportage is een studie opgenomen naar de maximum trekkrachten die AC kan weerstaan. Deze zijn afhankelijk van de basissterkte van de AC, maar ook van de hoeveelheid uitloging. De trekkracht wordt verdeeld over meerdere aangrijpingspunten, zodat de uitgeoefende kracht per aangrijpingspunt niet boven de maximum trekkracht uitkomt. De bepaling van de benodigde hoeveelheid aangrijpingspunten vraagt kennis van de conditie van de leiding.

De techniek is vooral interessant voor gebieden waar een deel van het tracé ontoegankelijk is voor een open sleuf, zoals in het geval van een ligging onder waardevolle bomen, particuliere grond of drukke kruisende infrastructuur. Doordat tussenwerkputten noodzakelijk zijn, is de maximale overbrugging van afstand zonder graafwerkzaamheden beperkt (in deze pilot tot zo'n 30 meter, maar dit hangt af van lokale omstandigheden, zoals de weerstand van de bodem).

Indien er aansluitingen zijn, moeten deze worden opgegraven. Deze gaten kunnen dan ook als tussengat worden gebruikt. De techniek heeft geen probleem met aansluitingen, omdat er toch tussengaten nodig zijn. De afweging bij hoeveel aansluitingen de techniek nog rendabel is, is afhankelijk van lokale omstandigheden en kan voor deze pilot niet worden ingevuld doordat in dit stadium van de innovatie geen financiële analyse kon worden gemaakt.

Uitwerking evaluatie per aspect

Technische aspecten

De techniek is uitgevoerd en de nieuwe leiding is succesvol in gebruik genomen na de gebruikelijke kwaliteitscontrole. Een aanpak met open sleuf was in deze locatie geen optie, omdat de bomen niet mochten worden gekapt. De AC leiding was dan waarschijnlijk blijven liggen tot het einde van de levensduur van bomen, asfalt of leiding. Gedurende deze periode blijft het waterbedrijf verantwoordelijk voor de leiding en blijft deze in de administratie aanwezig. Een vervangende leiding was dan (indien mogelijk) op een ander tracé aangelegd.

Uitvoeringsrisico's kunnen grotendeels worden ondervangen door analyse van de bodem in de werkgaten, analyse van de storingsgeschiedenis van de leiding en conditiebepaling op het verwijderde segment voor de werkgaten (dit laatste gebeurt met een thymolfthaleïnetest, nadeel hiervan is de zeer beperkte representativiteit van de meting voor de resterende leiding).

Het uittrekken van leidingen is complexer in uitvoering dan een traditionele ontgraving, met name omdat van de betrokken werknemers inzicht benodigd is in de effecten van de krachten die worden uitgeoefend op de leiding en de omliggende bodem. Het belangrijkste risico van deze techniek is een breuk, waardoor brokstukken AC in de bodem achterblijven. Dit is een ongewenste situatie, waardoor alsnog gegraven moet worden in een omgeving waar dat als ongewenst of zelfs als onmogelijk werd geschat.

Procesmatige aspecten

De analyse van de toestand van de leiding in de planfase is voor het uittrekken van leidingen complexer dan voor een traditionele aanpak met open sleuf. In beide gevallen is de nieuwe leiding een volledig constructieve oplossing, maar voor het uittrekken moet er meer kennis zijn van de reststerkte van het leidingmateriaal, de exacte ligging, aanwezigheid van hulp- en reparatiestukken en de omliggende bodem.

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 tijdsplanning, zodat de relevante processen en afstemmingen goed kunnen worden doorlopen. Voorbeelden zijn vooronderzoeken, vergunningaanvragen, berekeningen en gegevens verzamelen.

De uitvoeringsfase is procesmatig niet anders voor het uittrekken van leidingen dan voor een traditionele open ontgraving. De complexiteit van de techniek zorgt er wel voor dat procedures nauwgezet moeten worden gevolgd en vastgelegd.

Omgeving

Het belangrijkste onderscheidende element op het gebied van milieu bij de toepassing van MUNET t.o.v. een traditionele open ontgraving is de omgang met de aanwezige bomen. Deze bomen hebben nu minimale schade ondervonden, terwijl bij een traditionele open ontgraving alle bomen zouden zijn gekapt of leiding was blijven liggen tot het einde van de levensduur van de bomen.

MUNET zorgt voor minder overlast door beperktere graafwerkzaamheden, minder benodigde ruimte en geen verstoring van de bovengrondse ruimte tussen de werkgaten. Voor de specifieke pilotlocatie was er sprake van vergelijkbare geluidshinder als bij een traditionele open ontgraving en vergelijkbare verkeersmaatregelen.

Financiële aspecten

De kosten zijn vanwege het pilot-karakter van het project en het ingebed zijn in werkzaamheden voor een grootschaliger project niet meegenomen in de evaluatie.

Inhoud

1	Introductie	7
1.1	Motivatie	7
1.2	Doel	7
1.3	Leeswijzer	8
2	Achtergrond uittrektechnieken en AC	9
2.1	Uittrektechnieken algemeen	9
2.2	MUNET	9
3	Evaluatie pilotproject	12
3.1	Evaluatiemethodiek	12
3.2	Beschrijving pilotproject	12
3.3	Techniek	14
3.4	Proces	18
3.5	Omgeving	20
3.6	Kosten	25
Bijlage I	Evaluatieprotocol	27
	Randvoorwaarden pilots	27
	Wijze van beoordelen	27
	Evaluatiecriteria	29
Bijlage II	Technische gegevens MUNET	32
Bijlage III	Analyse toestand leiding	34
Bijlage IV	Activiteiten planfase	36
Bijlage V	Kostenstructuur	38

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 gesaneerd met behulp van open 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 rooveren van waterleidingen worden innovatieve technieken voor sleufloos saneren van waterleidingen toegepast 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.

Eén van de innovatieve technieken die binnen het TKI project wordt geëvalueerd is MUNET, een techniek voor het sleufloos verwijderen van AC leidingen. MUNET is een techniek van BAM die in samenwerking met Brabant Water is ontwikkeld. Dit deelrapport beschrijft de resultaten van de evaluatie van de pilot met MUNET.

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 MUNET.

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 het uittrekken van AC beschreven inclusief een berekening voor de maximale treksterkte. In Hoofdstuk 3 volgt de evaluatie. In bijlage I staat het evaluatieprotocol, in bijlage II staan de technische gegevens van MUNET zoals aangeleverd door de aannemer, in Bijlage III staan de gegevens voor de analyse van de leiding, in bijlage IV staan de activiteiten tijdens de planfase, in Bijlage V staan de kostenspreadsheets.

2 Achtergrond uittrektechnieken en AC

2.1 Uittrektechnieken algemeen

Sleufloze technieken voor het saneren van leidingen laten zich opsplitsen in (van Vossen et al., 2015):

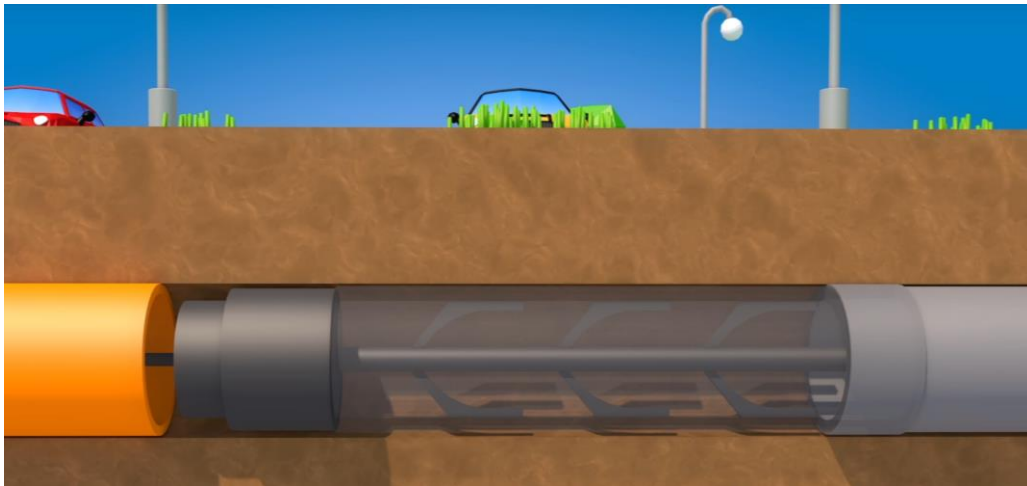
- Nieuw aanleg, een voorbeeld hiervan is horizontal directional drilling (HDD)
- Renovatie, voorbeelden hiervan zijn CIPP-technieken, waarbij een kous wordt aangebracht in de bestaande leiding die ter plekke uithardt. Een ander voorbeeld is close-fit reling waarbij een PE liner nauwsluitend wordt aangebracht tegen de bestaande leiding.
- Vervangen: een voorbeeld hiervan is pipe cracking, waarbij de oude leiding wordt gebroken door het intrekken van een conus (eventueel met snijkop) die de bestaande leiding breekt of snijdt, waardoor ruimte ontstaat voor de nieuwe leiding die direct wordt aangebracht. Een alternatief is reaming, waarbij de oude leiding wordt weggefreest, het leidingmateriaal wordt dan met de slurry afgevoerd.

In voorliggende evaluatie wordt een vorm van leidingen verwijderen en vervangen geëvalueerd waarbij de leiding niet eerst wordt gebroken, maar de inclusief verbindingen wordt uitgetrokken en gedemonteerd, waarna ter plekke (indien gewenst) sleufloos een nieuwe leiding kan worden ingetrokken.

2.2 MUNET

MUNET is een sleufloze verwijderingstechniek specifiek ontwikkeld voor AC leidingen vanuit een toepassing voor stalen leidingen. De techniek heeft een innovatief karakter en was ten tijde van de uitvoering van de pilot nog in ontwikkeling.

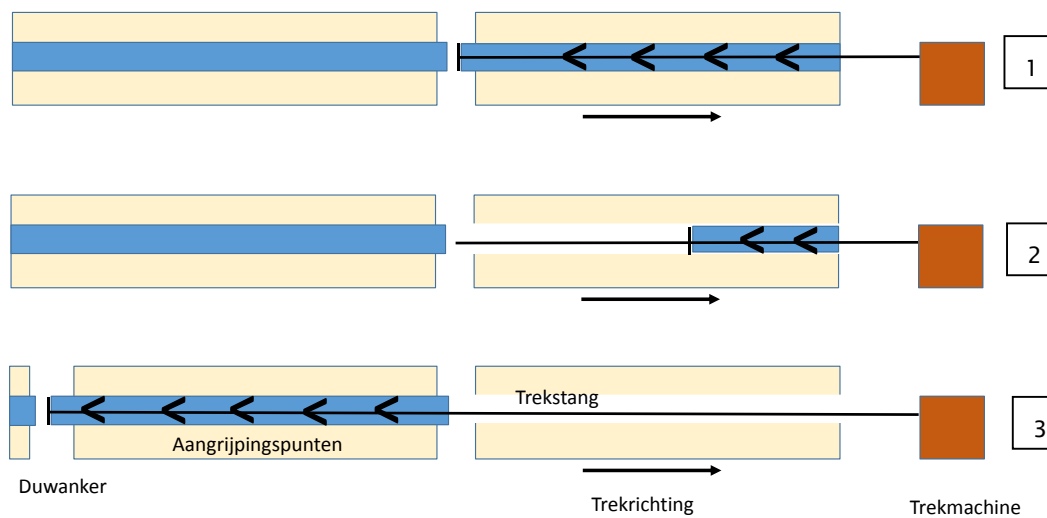
In de uittrekmethode in de pilot te Berkel-Enschot wordt zowel aan de achterzijde geduwd als aan de binnenzijde getrokken. De trekkracht wordt geleverd door een krachtbron die is verbonden met trekstangen die in de AC leiding worden aangebracht en tegen de leidingwand worden geklemd. De trekkracht wordt verdeeld over de leiding door meerdere aangrijpingspunten te gebruiken. Voor een illustratie zie Figuur 2.1. Het aantal aangrijpingspunten is afhankelijk van de te verwachten trekkrachten. De duwkracht volgt vanuit een anker dat achter de uit te trekken leiding ligt en door de trekmachine naar zich toe wordt getrokken.



Figuur 2.1 Illustratie van de verwijderingstechniek met een combinatie van duwen aan de achterkant van de leiding en trekken met vastzetten van de trekstangen in de AC leiding (Bron: BAM). Trekrichting is naar rechts.

In de eindput worden de AC leidingdelen compleet uitgetrokken van koppeling tot koppeling. De trekstangen worden verwijderd en de leiding wordt bij de koppelingen gedemonteerd, vergelijkbaar met de werkwijze bij traditioneel ontgraven. Doordat de leiding niet wordt opgebroken bij het verwijderen, maar in volledige leidingdelen kan worden afgevoerd is deze methode geschikt voor het volgens geldende normen verwijderen van AC.

Naast het uittrekken van één leidingsegment kan de techniek ook “modulair” worden uitgevoerd. Hierbij worden vanuit 1 put met trekmaschine meerdere segmenten achter elkaar verwijderd. Na elk segment wordt een tussengat gegraven waar de leiding wordt onderbroken over een lengte van ongeveer 1 meter. Bij het uittrekken van het eerste deel worden nieuwe trekstangen achter het anker bevestigd, waardoor deze in de tunnelgang achterblijven. Na het verwijderen van het eerste leidingsegment duwt de trekmaschine de trekstangen in het tweede deel. Het nieuwe segment wordt vervolgens door het deel dat al was verwijderd heen getrokken voorafgegaan door een voorloper om te zorgen dat het gat groot genoeg blijft. Figuur 2.2 geeft een schematisch overzicht.



Figuur 2.2 Schematische weergave van modulair trekken (aantal en vorm aangrijpingspunten zijn vereenvoudigd) met stappen 1: uittrekken eerste leidingdeel, 2: aanbrengen trekstangen achter eerste leidingdeel en 3: het uittrekken van het tweede leidingdeel.

De duwsterkte van AC is 50 N/mm^2 , de treksterkte is $22,5 \text{ N/mm}^2$ (Eternit Catalogus, 1980). Tabel 2.1 geeft een overzicht van de mogelijke duw- en trekkrachten op niet uitgelopen AC. Aandachtspunten hierbij zijn:

- Bij uitgelopen AC mag verondersteld worden dat de effectieve wanddikte gelijk is aan het niet aangetaste deel van de leidingwand. Dat betekent dat bij 10% aantasting bij een $\varnothing 100 \text{ mm}$ leiding met een wanddikte van 12 mm , de maximum trekkracht met 11% afneemt.

De genoemde trekkrachten gelden voor de leiding. Als een machine bijvoorbeeld 100 kN aan kracht levert, maar er zijn 4 aangrijpingspunten op de leiding, dan wordt per aangrijpingspunt 25 kN op de leiding overgebracht. Hoe meer aangrijpingspunten er dus zijn, hoe kleiner de kracht op elk van de aangrijpingspunten, terwijl de maximale trekkracht per plekke wel gelijk blijft aan de getallen in Tabel 2.1. De trekkracht van de trekmachine is samen met lokale omstandigheden bepalend voor de totale lengte die in één keer kan worden getrokken. De kracht die moet worden uitgeoefend om bijvoorbeeld 10 meter AC in één keer uit de grond te trekken is afhankelijk van de lokale weerstand. Deze is opgebouwd uit een statische 'loskom' weerstand en een dynamische weerstand. De statische weerstand is het grootst en moet worden overwonnen voor de leiding in beweging komt. Ervaringen tijdens het innovatietraject laten zien dat deze weerstand aanzienlijk kan verschillen afhankelijk van bodem, grondwater en obstakels.

Tabel 2.1 Overzicht van sterkte AC bij duw- en trekkracht in axiale richting.

Diameter [mm]	Wanddikte [mm]	Max. duwkracht [kN]	Max. trekkracht [kN]
100	12	211	95
200	18	616	277
300	23	1166	525
400	30	2026	911

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 (in wording, nu beschikbaar in de memo Evaluatiemethodiek), een korte beschrijving staat in Bijlage I. 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, dit kan alleen als er voldoende pilots met een diversiteit aan omstandigheden beschikbaar is. Om deze reden wordt het totaaloverzicht niet als diagram getoond.

3.2 Beschrijving pilotproject

In het eerste kwartaal van 2016 is een \varnothing 100 mm AC leiding uit 1958 van 100 meter (70+30) uitgetrokken te Berkel-Enschot, Noord-Brabant. De leiding lag op 1,5 m onder maaiveld, de grondwaterstand was 90 cm onder maaiveld. Het tracé lag onder bomen en had 3 aansluitingen. Er waren geen bochten, aftakkingen, afsluiters of andere kunstwerken en obstakels. Na uittrekken van de AC leiding is een \varnothing 110 mm PB leiding ingetrokken, deze heeft een Kiwa-ATA.

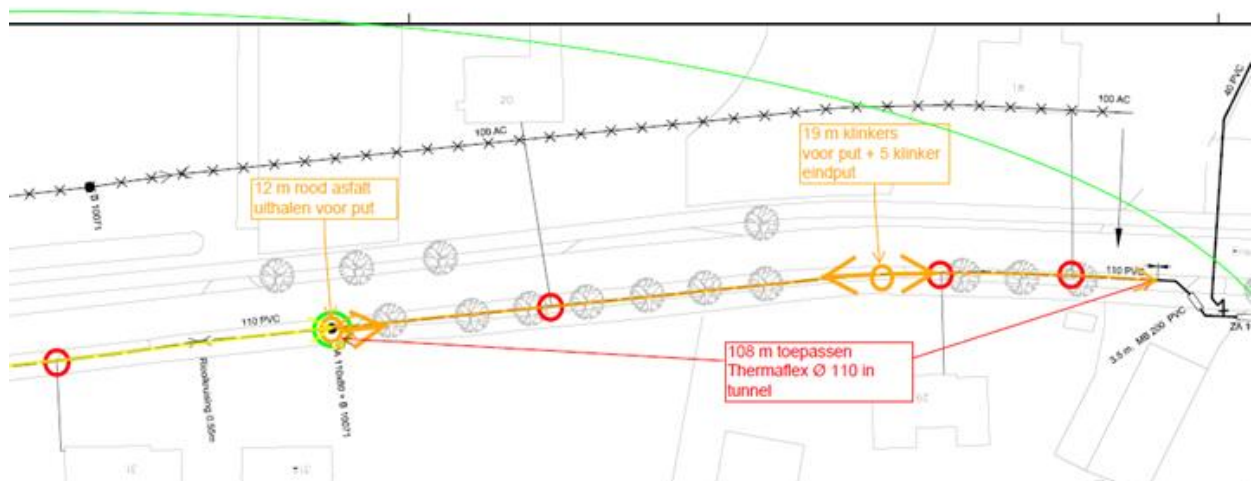
Het tracé kent een aantal bijzonderheden die gevolgen hebben voor de uitvoering van een renovatie, dan wel vervanging:

- De aanwezigheid van 7 zomereiken.
- De leiding lag langs een drukke ontsluitingsweg naar Tilburg.
- De aanwezige percelen maakten de locatie redelijk gevoelig voor hinder door afname in bereikbaarheid.

De levering naar de aansluiting is ondervangen middels een noodleiding.

Het deel van 70 meter lengte is modulair getrokken, dat wil zeggen dat de lengte is opgedeeld in 3 stukken van gemiddeld 23 meter. Het deel van 30 meter lengte is in één keer getrokken. Totaal is er dus 100 meter lengte getrokken in 4 delen.

De pilot in deze evaluatierapportage was onderdeel van het innovatietraject, dit was de eerste uitvoering in een operationeel leidingnetwerk. Dat betekent dat de techniek nog niet is geoptimaliseerd wat betreft snelheid, hinder en dergelijke.



Figuur 3.1 Overzicht tracé in Berkel-Enschot met de ligging van de bestaande leiding. In oranje zijn de begin- en eindput aangegeven, in rood zijn de putten bij de aansluiting aangegeven. De tussenputten zijn niet aangegeven, voor 1 tussenput is het gat van de aansluiting gebruikt. De zomereiken zijn aangegeven met de grijze rondjes.

De evaluatie is uitgevoerd t.o.v. een aanpak met traditioneel open ontgraven. Er zijn verschillende scenario's:

1. Direct ontgraven, waarbij alle bomen (tijdelijk) worden verwijderd. De meest waarschijnlijk manier om de bomen te verwijderen is dan om de winter voorafgaand aan de sanering het wortelpakket af te kappen en daarmee de bomen te isoleren.
2. Afwachten met de open ontgraving tot het moment dat de bomen worden verwijderd, bijvoorbeeld als onderdeel van een reconstructie. In de tussentijd kan dan wel een nieuwe leiding op een ander tracé worden geplaatst.

De bomen werden waardevol geacht, niet alleen waren de vervangingskosten hoog, maar ook het aanzicht van de straat is waardevol. De gemeente heeft aangegeven binnen afzienbare tijd plannen te hebben met deze weg, wat mogelijkheden zou bieden om met derden mee te gaan en dan de leiding te verwijderen. Op deze locatie was het meest waarschijnlijk scenario daarom scenario 2 geweest waarbij de leiding was blijven liggen tot het moment dat de bomen aan vervanging toe waren en was een nieuw tracé gezocht voor de nieuwe leiding. Dat betekent dat:

- Tot die tijd de AC leiding de verantwoordelijkheid zou zijn gebleven van het drinkwaterbedrijf en dat deze in de administratie zou blijven. Een risico van wachten met verwijderen van de oude leiding is dat de leiding in de tussentijd bezwijkt. Dit risico kan worden beperkt door het opvullen van de oude leiding.
- Een ander tracé nodig zou zijn geweest voor de vervangende leiding. Dit was een uitdaging geweest, omdat op deze locatie een ander tracé bijna niet mogelijk was door de bestrating met asfalt en de bomenrijen aan weerszijden van de weg. Een alternatief voor een nieuw tracé met open ontgraving is een boring.

Een nadeel van alle alternatieven waarbij de leiding onder de bomen blijft liggen is dat dit in de toekomst mogelijk hinder oplevert bij het doen van reparaties en onderhoud. Op deze locatie echter, hebben de alternatieven een vergelijkbaar probleem, omdat alternatieve locaties onder asfalt liggen.

De evaluatie is uitgevoerd t.o.v. scenario's 1 en 2.

3.3 Techniek

3.3.1 Technische uitvoering

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

Vorbereiding:

- aanbrengen noodleiding en deze in 2 putten verbinden aan de bestaande leiding;
- in gebruik nemen noodleiding;
- gaten graven bij aansluitingen en deze overzetten naar de noodleiding (in dit geval 1 werkgat voor 1 aansluiting). Het gat blijft open voor hergebruik als tussengat tijdens de werkzaamheden;
- graven werkgaten, een werkgat aan het eind en één voor de trekmaschine. Daarnaast een tussengat voor het modulaire deel van het tracé iedere 23 meter;

Uitvoering:

- afsluiten water en verbreken bestaande leiding door een leidingdeel uit te nemen;
- uittrekken AC-leidingdelen;
- aankoppelen nieuwe PB-leiding aan ruimer en intrekken;

Afsluiting:

- eenzijdig verbinden nieuwe leiding met bestaande net;
- spuien en monsternamen;
- bij goedgekeurde monsters leiding koppelen aan leidingnet;
- overzetten aansluitingen naar nieuwe leiding;
- verwijderen noodleiding;
- indien nodig herbestraten.

Resultaten:

- Er is gebruik gemaakt van materieel met een totale trekkracht van 400 kN. Voor het overwinnen van de statische weerstand was 400kN nodig, de dynamische weerstand bedroeg 250 tot 320 kN. De benodigde trekkracht is meer dan de maximale trekkracht van 95 kN (zie Tabel 2.1). De trekkracht was daarom verdeeld over meerdere aangrijpingspunten (zie Figuur 2.1) (de hoeveelheid aangrijpingspunten is onbekend).
- De leiding kwam zonder breuken uit de grond.
- Na uittrekken zijn twee thymolfthaleïne tests uitgevoerd, waaruit bleek dat er geen uitloging van het AC was.
- De leiding van 70 meter is modulair in 3 delen uit de grond getrokken van elk 20 metermeter (plus de verbroken delen in de werkgaten). De tussengaten werden gevormd door het al gegraven gat van de aansluiting en een extra gat bij boomwortels. Bij het vrijgraven van de werkgaten voor aansluitingen en/of tussengaten bij of in het wortelbed van de eiken is gebruik gemaakt van een precisie zandzuigtechniek op advies van European Tree Service (ETS). Dit om de wortelschade zoveel mogelijk te voorkomen. Bij deze techniek wordt de grond weggezogen rond de wortels. Deze zijn visueel geïnspecteerd om schade aan de wortels te monitoren (geen standaard aanpak, onderdeel van de pilot)(B. van der Weerden, 2015).
- De nieuwe PB leiding is succesvol in gebruik genomen.

- Op PB zijn reguliere aanboorzadels toegepast.

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

Risicoanalyse

Het belangrijkste risico is breken van de uit te trekken AC leiding. Hierdoor blijven brokstukken AC achter in de grond. Dit is ongewenst:

1. Er blijft AC achter op een locatie waar het waterleidingbedrijf dit materiaal wilde verwijderen;
2. Er is geen sprake meer van een volledige leiding, wat andere verwijderingstechnieken kan bemoeilijken en administratief lastig is;
3. Er kan niet direct een nieuwe leiding (sleufloos) worden aangelegd op dit tracé.

De keuze is dan om (1) na te graven, wat niet overal en juist op locaties waar deze techniek wordt toegepast ongewenst, duur of niet mogelijk is of (2) de brokstukken te laten liggen. Met deze laatste optie moet de grondeigenaar het eens zijn en dit moet administratief worden verwerkt. Daarnaast moet er dan een alternatief tracé voor de nieuwe leiding komen.


De grootste kans op breuk is bij de verbindingen, omdat deze de grootste uitwendige diameter hebben en daarmee de grootste bodemweerstand ondervinden. Als er brokstukken achterblijven, dan is de kans het grootst dat het om verbindingen gaat.

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Breken bij uittrekken door grotere weerstand of kleinere reststerkte van AC dan verwacht.	<p>Toepassen risicoanalyse voorafgaand aan uitvoering met risico minimaliseren, afhankelijk van betrouwbaarheid gegevens.</p> <p>Bodemonderzoek voorafgaand aan uitvoering, meting grondwaterstand.</p> <p>Thymolfthaleïnetest op eerste verwijderde leidingdeel, wat informatie geeft over de hoeveelheid uitloging. Op dit uitgenomen deel kan ook de wanddikte worden gecontroleerd, wat gezamenlijk de maximale trekkracht bepaalt. De representativiteit van een thymolfthaleïnetest is zeer beperkt voor de resterende leiding (Beuken, 2016).</p> <p>Daarnaast wordt de trekkracht verdeeld over meerdere aangrijpingspunten, waardoor de belasting beperkt blijft. Het aantal aangrijpingspunten moet goed worden berekend.</p> <p>Afspraak met gemeente over registratie op tekeningen van eventuele achtergebleven restanten.</p>

Vertraging, extra werkzaamheden of niet kunnen uitvoeren techniek door afwijkingen in diameter, tracé en omgeving (bv. voorgefabriceerde bochten).	Tracés met bochten of grote hoekverdraaiingen zijn ongeschikt voor toepassing van deze techniek. De uit te trekken delen zijn niet zo lang en de tekeningen in combinatie met de werkgaten geven voldoende beeld van de lokale situatie. Een camera inspectie of radaronderzoek vooraf kan dit risico beperken, dit is niet uitgevoerd in deze pilot. De grens aan hoekverdraaiing (verzakking) is in deze fase van het innovatietraject nog niet bekend.
Het gat van de uitgetrokken leiding valt in. Dit geeft meer weerstand tegen uit- en intrekken van resterende leidingdelen. Dit is afhankelijk van de bodemsoort en de aanwezigheid van grondwater.	Bodemonderzoek voorafgaand aan de uitvoering en gebruik voorloper tussen de leidingsegmenten. Het invallen van het gat heeft zich tijdens de pilots in het innovatietraject niet voorgedaan.
Het vrijkomen van AC vezels in de grond door wrijving leiding met bodem, die bij graafwerkzaamheden in de toekomst vrij zouden kunnen komen.	Geen maatregel, het is niet bekend of er meer vezels achterblijven dan bij reguliere verwijdering van AC. Achtergebleven vezels worden niet aan lucht blootgesteld.
Bij het uittrekken van de AC leiding zijn de verbindingen meegetrokken, deze zijn breder dan de AC leiding zelf. Daarnaast is de buitendiameter $\varnothing 100$ mm AC en $\varnothing 110$ mm PB niet hetzelfde, het scheelt zo'n 12 mm. Dit kan leiden tot lokale zettingen die in het straatwerk zichtbaar kunnen worden.	Geen maatregelen.

Conclusie technische uitvoering

 De techniek is uitgevoerd en de nieuwe leiding is succesvol in gebruik genomen na de gebruikelijke kwaliteitscontrole. Een aanpak met open sleuf was in deze locatie geen optie, omdat de bomen niet mochten worden gekapt. De AC leiding was dan blijven liggen tot de bomen aan vervanging toe waren, gedurende deze periode blijft het drinkwaterbedrijf verantwoordelijk voor de leiding en blijft deze in de administratie aanwezig. Een vervangende leiding was indien mogelijk op een ander tracé aangelegd of onder de bomen doorgeboord.

De techniek is vooral interessant voor gebieden waar een deel van het tracé ontoegankelijk is voor graafwerkzaamheden. Doordat tussengaten noodzakelijk zijn, is de maximale overbruggingsafstand zonder graafwerkzaamheden beperkt (in deze pilot tot zo'n 30 meter, maar dit hangt af van lokale omstandigheden).

Het grootste risico in deze fase is het risico op breken van het AC bij het uittrekken. De betrouwbaarheid van de gegevens die nodig zijn om dit risico vooraf te kunnen beoordelen is zeer belangrijk, dat wil zeggen een inschatting van de reststerkte van het tracé, hoekverdraaiingen, bochten, bodemgesteldheid en grondwaterstand. De uitkomsten kunnen worden geverifieerd in de werkgaten voorafgaand aan het uittrekken.

3.3.2 Complexiteit

Uittrekken leiding en intrekken nieuwe leiding

Het uit- en intrekken van een leiding is complexer dan een leidingvervanging middels een open sleuf. De uitvoering vraagt om specialistische kennis van de monteurs om reststerkte van AC te kunnen interpreteren en de lokale bodemeigenschappen.

Het aanbrengen van aansluitingen werkt in principe hetzelfde als bij een traditionele ontgraving, behalve dat er per aansluiting een gat wordt gegraven (bij een open ontgraving worden de aansluitingen ook opgegraven, maar dit zijn dan geen aparte gaten, maar vormen onderdeel van één open sleuf).

Onderhoud

De eindsituatie is een nieuwe leiding op dezelfde locatie als de oude AC leiding, er wordt daarom geen ander onderhoud dan voor een traditionele open sleuf aanpak verwacht. De keuze in deze pilot is gemaakt om PB te gebruiken zonder verbindingen onder de bomen.

Reparatie

Uitvoeren van reparaties is hetzelfde voor de nieuwe leiding als voor de oude. In het geval van de pilot locatie wordt reparatie bemoeilijkt door bomen, maar dit gold ook voor de bestaande AC-leiding. De voorkomende storingen op de oude leidingen betroffen de natuurrubberen verbindingen, er is voor de nieuwe leiding gekozen voor PB zonder verbindingen.

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. Wel moeten ze bekend zijn met de risico's van technieken en oplossingen kunnen doorvoeren mocht dit nodig zijn.

Leverancier:

De leverancier van PB levert een standaard nieuwe leiding (in dit geval is dit een materiaal dat (nog) niet vaak in het drinkwaterleidingnet wordt toegepast), de techniek vraagt geen extra vaardigheden van het personeel.

Aannemer:

De techniek vraagt getraind personeel met kennis van de materiaaleigenschappen van AC en algemene certificering voor werken in het drinkwaterleidingnet en met sleufloze saneringstechnieken.

Bijvoorbeeld, 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)).

Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Besmetting van apparatuur en producten.	Gecertificeerde monteurs.

Conclusie complexiteit



Het uittrekken van leidingen is complexer in uitvoering dan een traditionele ontgraving:

- De werkzaamheden vragen getraind (gecertificeerd) personeel. Wel is het zo dat de aannemer zelf het uittrekken uitvoert, er zijn dus geen extra partijen bij betrokken. Dit vereenvoudigt de communicatie en gegevensoverdracht.
- Regulier onderhoud zal naar verwachting niet anders zijn dan voor een standaard PB leiding aangelegd met een open sleuf. Er is rekening gehouden met moeilijke toegankelijkheid door een leiding zonder verbindingen te gebruiken.

3.4 Proces

3.4.1 Inleiding

We maken onderscheid tussen een planfase en een uitvoeringsfase. Voorafgaand aan de planfase is de beslissing genomen door het waterbedrijf om de leiding te vervangen.

De AC leiding was uit een multi-criteria risico-analyse gekomen als te vervangen leiding (Rasmariant). Dit programma maakt een afweging tussen saneringskosten en risicokosten. Deze risicokosten worden o.a. bepaald door een prognose van storingsfrequenties voor dit materiaal met deze leeftijd. De betreffende leiding had een hoge storingsfrequentie door lekkende verbindingen (7 storingen op verbindingen gedurende de levensduur van de leiding, geen storing op de leiding zelf). De reststerkte van de leiding werd ingeschat als voldoende. De uitkomsten van de twee thymolphthaleinetests bij aanvang van de werkzaamheden bevestigden deze inschatting, hierop was geen uitloging te zien. Op basis van de geschatte conditie van de leiding werd besloten dat de locatie geschikt was voor toepassing van MUNET.

De locatie werd daarnaast geselecteerd op basis van de aanwezigheid van zomereiken, die niet mochten worden gekapt, en de ligging bij asfalt.

Op basis van de geschatte conditie werd geconcludeerd dat de leiding sterk genoeg was voor het uittrekken. Op basis van de aanwezigheid van de bomen en de nabijheid van asfalt werd de techniek geschikt bevonden voor het verwijderen van AC op deze locatie.

3.4.2 Planfase

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

In het geval van deze pilot vormden de aanwezige zomereiken de belangrijkste bijzonderheid. Deze mochten niet worden gekapt en er is onderzoek uitgevoerd om zorg te dragen dat de bomen niet beschadigd zouden worden door uitvoeren van de uittrektechniek. Hiervoor is uitgebreid overleg gevoerd en zijn afspraken gemaakt met de gemeente in het kader van vergunningverlening.


Risicoanalyse

Risico's in deze fase bestaan uit:

Omschrijving risico	Maatregelen
Vertragingen in vergunningsprocedures en fouten in het werkplan en herberekeningen door fouten in revisiegegevens.	Graven van proefsleuven om locatie en diepte leiding te verifiëren, alsmede de ligging van andere kabels en leidingen, bodemonderzoek,

Dit geldt niet alleen voor sleufloze technieken, maar ook voor traditionele ontgravingen.	grondwaterstand. In deze pilot is ook een vooronderzoek uitgevoerd om de werkmethode te toetsen op risico voor de aanwezige bomen.
In de probleemanalyse is het bepalen van de reststerkte van AC onzeker (tenzij thymolfthaleinetests zijn uitgevoerd), hier hangt vanaf hoeveel trekkracht AC kan hanteren zonder breken.	Tijdens de planfase kan al een uitname worden getest. Dit is bij de huidige pilot niet gedaan. Wel zijn twee thymolfthaleinetests uitgevoerd op het eerste uitgenomen segment in het werkgat. Tijdens de planfase is ook de storingsgeschiedenis geanalyseerd. De uitslag van de tests bevestigde het beeld van de storingsgeschiedenis, namelijk voldoende reststerkte van het leidingmateriaal.
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 het uittrekken van leidingen complexer dan in geval van een traditionele aanpak met open sleuf. In beide gevallen is de nieuwe leiding een volledig constructieve oplossing, maar voor het uittrekken moet er meer kennis zijn van de reststerkte van het leidingmateriaal en de omliggende bodem. Als deze te beperkt is, kan de techniek niet worden uitgevoerd. Daarnaast bepaalt de reststerkte i.c.m. weerstand van de bodem (bodems soort, grondwaterstand en obstakels) over welke afstand de leiding kan worden uitgetrokken met de beschikbare trekkracht.

Voor het waterbedrijf is de planfase eenvoudiger dan in geval van traditionele vervangingen (Bijlage IV), want de planfase kost minder tijd, geld en inspanning op het gebied van engineering en vergunningen bij een tracé met bomen, bodemvervuiling of andere obstakels. De drinkwaterbedrijven moeten wel alert zijn op een goede interne tijdplanning, zodat de relevante processen en afstemmingen goed kunnen worden doorlopen.

3.4.3 Uitvoeringsfase

In de uitvoeringsfase worden de werkzaamheden door één bedrijf uitgevoerd, namelijk de aannemer. Dit zorgt voor minder procesmatige complexiteit dan bij uitvoering door meerdere partijen. Wel zorgt de complexiteit van de techniek ervoor dat nauwgezet uitvoeren van procedures en werkstappen extra belangrijk is.

Een voordeel van deze techniek is dat na afloop er een nieuwe standaard leiding ligt, in dit geval PB. Voor registratie in het LIS betekent dat dat er geen aanvullende velden nodig zijn met informatie t.o.v. een vervanging met traditionele open ontgraving (bv. in het geval van een liner, moet geregistreerd worden dat er nu een mantelbuis met liner ligt met benoeming van zowel de kenmerken van mantelbuis als liner).

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 niet heel anders voor het uittrekken van leidingen dan voor een traditionele open ontgraving. De complexiteit van de techniek zorgt er wel voor dat procedures nauwgezet moeten worden gevolgd.

3.5 Omgeving

3.5.1 Milieu

LCA: Zie voor een overzicht de memo 'Duurzaamheid van leidingsaneringstechnieken' (deze wordt opgenomen als hoofdstuk in de eindrapportage TKI 'Slim renoveren van waterleidingen', in wording). 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).

De nieuwe leiding is in dit geval hetzelfde voor zowel uittrekken van AC leidingen als voor een traditionele open ontgraving, hierdoor ontstaat dus geen verschil in duurzaamheid (PB was overigens geen onderdeel van de LCA, er is dus geen vergelijking gemaakt met de duurzaamheid van PVC of PE). Een voordeel van deze techniek is dat AC uit de bodem wordt verwijderd op locaties waar dat met open ontgravingen moeilijk is.

Op deze locatie was wel sprake van verkeersomleidingen door eenrichtingsverkeer en tijdelijke afsluiting. Deze omleidingen waren echter naar alle waarschijnlijk niet heel anders dan voor een traditionele open ontgraving het geval was geweest. Ook voor dit aspect is dus bij deze pilot geen verschil in duurzaamheid.

Bomen: Er was sprake van 7 zomereiken met een stamomtrek van 2-2,3 meter op 1 meter boven maaiveld. De bomen zijn beschermd met boomkransen. Daarnaast is het werkgat bij boomwortels gezogen i.p.v. gegraven. De techniek is met boomdeskundigen besproken, hieruit zijn maatregelen voortgekomen om de bomen te beschermen, welke zijn uitgevoerd (B. van der Weerden, 2015).

Bij een traditionele open ontgraving waren de bomen ofwel tijdelijk verwijderd of verwijderd en vervangen. Dit geeft aanzienlijk meer (kans op) schade aan de bomen.



Figuur 3.2 Bomen op de Enschothebaan.

Bodem- en waterkwaliteit: er was geen sprake van vastgestelde bodemverontreinigingen.

Er waren op het terrein geen bijzondere ecologische habitats.

Risicoanalyse

Het enige risico op milieugebied lijkt de kans op schade aan het wortelpakket van bomen te zijn, maatregelen om de bomen te beschermen zijn doorgevoerd.

Conclusie milieu

Het belangrijkste onderscheidende element op het gebied van milieu bij de toepassing van MUNET t.o.v. een traditionele open ontgraving is de omgang met de aanwezige bomen. Deze bomen hebben nu minimale schade ondervonden, terwijl bij een traditionele open ontgraving alle bomen zouden zijn gekapt (of de leiding was blijven liggen tot het einde van de levensduur van de bomen, het asfalt of de leiding).

3.5.2 Hinder

Bereikbaarheid

Er zijn langs het tracé van de pilotlocatie 2 percelen aan de noordkant van de Enschothebaan en 2 aan de zuidzijde. Er zijn gaten gegraven voor de aansluitingen en een tussengat ter hoogte van een perceel, maar deze hebben de bereikbaarheid niet gehinderd.

Bij een traditionele open ontgraving hadden de percelen aan de zuidzijde last van gehinderde bereikbaarheid gehad. Overigens waarschijnlijk beperkt, namelijk alleen tijdens de lokale graaf- en saneringswerkzaamheden. Tijdens het kappen en wegruimen van bomen zou de weg zijn afgesloten, waardoor de percelen ook onbereikbaar waren geweest.

Geluid en trilling:

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

Het werkschema voor het uittrekken van AC leidingen ziet er in het algemeen als volgt uit:

dag 1: aanvoer en inrichten werkterrein

dag 2: aanbrengen noodleiding, spuien

dag 3: na goedkeuring, huisaansluitingen overzetten, graven werkgaten, ingraven bekisting en aanbrengen bemaling, verbreken leiding in beide werkgaten
dag 4: trekken leiding, aanbrengen nieuwe leiding
dag 5: eenzijdig koppelen, spuien en monsternamen
dag 6-7: na bacteriologische goedkeuring koppelen nieuwe leiding aan bestaande net en overzetten huisaansluitingen
dag 8: afsluitende werkzaamheden, zoals herbestrating

Er staan 4 huizen binnen 50 meter van de werkzaamheden. Bij de werkzaamheden wordt gebruik gemaakt van een mobiele graafmachine, een midigraver en een trekinstallatie. Daarnaast was er sprake van putbemaling tussen dag 3 en dag 7. We gaan uit geluidsniveaus tussen 50 en 80 dB(A), waarvan 4 dagen 24 uur en daarnaast nog 1 dag gedurende werkuren.

Het is moeilijk vergelijken met de traditionele aanpak, omdat deze niet mogelijk was geweest zonder verwijdering van bomen. Het kappen van bomen brengt geluidsoverlast met zich mee (zo'n 80-110 dB(A) afhankelijk van de gebruikte apparatuur). Bij tijdelijke verwijdering van bomen gaan we uit van 1 dag werkzaamheden met vergelijkbare geluidsoverlast als graafwerkzaamheden, namelijk 50-80 dB(A). Verwijderen van de wortelbedden geeft afhankelijk van de locatie en omvang van het wortelstelsel mogelijk schade aan de wegfundering, waardoor extra constructies nodig zijn.

Bij een traditionele aanpak zijn de geluidsniveaus van de graafwerkzaamheden en sleufbemaling vergelijkbaar met MUNET. Door de verkeersintensiteit gaan we uit van stedelijk gebied, waardoor een tracé van 100 meter 2-5 dagen had gekost plus voorbereiding (in dit geval tenminste 1 dag bomen verwijderen en daarnaast vergelijkbare werkzaamheden voor het aanbrengen van een noodwatervoorziening) en herbestrating. Totaal 5-8 dagen, waarvan 2-5 gedurende 24 uur. Er liggen ook in dit geval 4 huizen binnen 50 meter van de werkzaamheden. Dit is vergelijkbare geluidsoverlast als bij toepassing van MUNET.

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.

In deze pilot is het aantal gehinderde woningen hetzelfde voor zowel MUNET 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 werkgaten mogelijk zwaarder en is MUNET in het voordeel t.o.v. een open ontgraving. Dit hangt wel af van het benodigde aantal tussengaten.

Visueel

De werkgaten beslaan zo'n 15-20 m² inclusief tussengaten en gaten voor aansluitingen. Daarnaast is er nog de ruimte benodigd voor het materieel, alles bij elkaar dus zo'n 25 m².

Een traditionele open ontgraving heeft voor hetzelfde tracé een ruimtebeslag van 100-200 m² nog afgezien van de ruimte nodig voor het materieel.

Het uittrekken van AC leidingen geeft daarmee minder visuele hinder.

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

In het geval van de pilotlocatie gaf MUNET vergelijkbare geluidshinder als een open ontgraving. Echter, in een andere omgeving met meer omliggende woningen of een andere ligging (bv. onder privéterrein) kan dit door beperktere graafwerkzaamheden anders uitpakken. MUNET neemt minder ruimte in beslag en geeft daardoor minder visuele hinder dan een traditionele open ontgraving.

3.5.3 Externe veiligheid

Verkeer

In het verkeersplan is rekening gehouden met halve baanafzettingen met snelheidsbeperkingen en voorrangsborden waar automobilisten om heen kunnen bewegen. Het lokale verkeer reageerde echter niet op een veilige manier op de ontstane verkeerssituatie (zelfs na plaatsen van verkeersregelaars), waarna in overleg met wegbeheerder en politie is besloten om eenrichtingsverkeer in te stellen. Uiteindelijk is zelfs de hele weg afgesloten. Het verkeer kon omrijden via de Bosscheweg (zo'n 500m omleiding). Bij een traditionele open ontgraving waren gezien de reactie van het verkeer op de gewijzigde verkeersregels waarschijnlijk vergelijkbare maatregelen nodig geweest.

Bij het kappen van bomen was in ieder geval de gehele weg afgesloten gedurende de bomenkap en daaropvolgende opruimwerkzaamheden.



Figuur 3.3 Verkeersplan Enschotsebaan, Berkel-Enschot.

Kabels en leidingen

Enexis laagspanning en KPN datakabel op meer dan 35 cm afstand. Deze waren bekend d.m.v. een Klic-melding en leverden geen risico's op bij de graafwerkzaamheden. Deze kabels waren een vergelijkbare bron van risico geweest of zelfs groter bij een traditionele open ontgraving doordat hier over een veel grotere lengte langs de kabels moet worden gegraven. Door de beperktere graafwerkzaamheden bij MUNET dan bij een traditionele open ontgraving geeft MUNET in het algemeen minder risico op graafschade.

Risicovolle objecten

Niet relevant voor deze pilot.

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 externe veiligheid was in deze pilot niet heel anders dan bij een traditionele open

ontgraving. Afhankelijk van de lokale situatie kan MUNET door beperktere graafwerkzaamheden zorgen voor minder graafschade en beperktere verkeersmaatregelen dan een traditionele open ontgraving.

3.6 Kosten

Vanwege het innovatieve karakter van deze pilot zijn de kosten nog niet representatief om te vergelijken met andere technieken.

Referenties

- B. van der Weerden, 2015, Bomen Effect Analyse Enschootsebaan, Berkel-Enschoot, ETS1527, European Tree Services.
- Beuken, R. H. S., 2016, Exitbeoordelingen AC leidingen bij WML, KWR, Nieuwegein, BTO 2016.094, pp. 77.
- 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 leefbaarheids effecten 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.
- Eternit Catalogus, 1980.
- 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., and Kroesbergen, J., 2010, Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie, KWR, Nieuwegein, BTO 2001.175, pp. 103.
- Oesterholt, F., and Meerkerk, M., 2013, Hygiene tijdens het werk. Hoofdpunten uit de Hygiëncode Drinkwaterbereiding, KWR, Nieuwegein, KWR 2013.060, 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, KWR 2014.101(P), pp. 48.
- van Vossen, J., van Eijk, R., and Beuken, R., 2015, Overzicht van aanleg-, reparatie- en renovatietechnieken voor sanering van leidingen, KWR, Nieuwegein, BTO 2015.028, 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):

4. Probleemanalyse
5. Vaststellen van een referentie of nulalternatief

6. Vaststellen van projectalternatieven
7. Bepalen kosten
8. Identificeren en kwantificeren van effecten
9. Monetariseren van effecten
10. Overzicht van kosten en baten
11. Varianten en risicoanalyse
12. 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 V. 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.

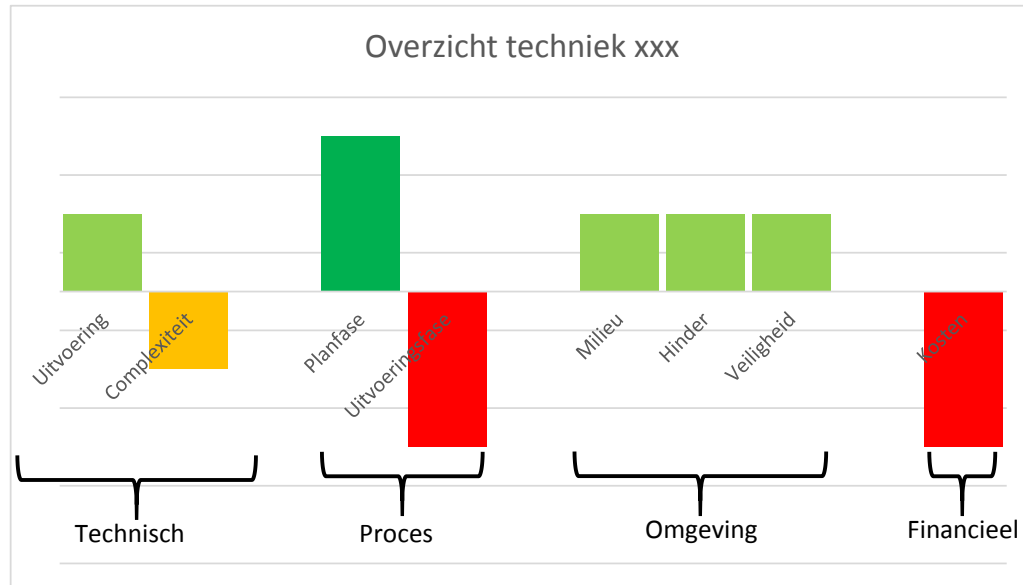
De resultaten worden gepresenteerd in de vorm van het effectenoverzicht, Figuur 1.1. Er wordt geen weging gemaakt van de individuele categorieën, wel is er een oordeel per categorie. Dit oordeel is relatief t.o.v. het nulalternatief, een traditionele open ontgraving. De kleuren representeren:

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



Figuur 1.1 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 habitats¹
 - 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 V. 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. Dat betekent dat alleen aan technische en procesmatige aspecten een kleurcodering wordt toegekend in de rapportage. Figuur I.1 kan niet volledig worden ingevuld en wordt daarom niet getoond.

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 MUNET

Datasheet	Gegevens	Toelichting
Type techniek	Pipe pulling & replacement	Sleufloze vervanging AC 100 door PB 110
Korte omschrijving		Ondergronds verschuiven van AC 100. in Tunnelgang PB 110 aanbrengen
Status	Conventioneel, innovatief, nieuw	Innovatief, nieuwe techniek, sleufloos
Ervaring tot nu toe (internationaal en in NL)		3 fasen prototyping toegepast
Leverancier		BAM
Geclaimde voordelen		Onder bovengrondse obstakels, in dit geval 3 stuks zomereiken op het trace
Toepassingen (omstandigheden, materialen ed)		Waar 'traditioneel' niet zou kunnen mbt graven en/of kosten
Beperkingen (omstandigheden, materialen ed)		Moeilijk bereikbaar (onder bomen), bros materiaal (AC) waaraan niet zomaar getrokken kan worden en dat sowieso met zorg dient te worden verwijderd (of netjes dient te worden verlaten).
Klasse	Non-, semi- of volledig constructief	volledig constructief, nieuwe asset PB
Materiaal product (totaalproduct, bronmaterialen en bronlocatie)		PB 110 Thermaflex, 100 mtr
Diameter (uitwendig, inwendig)		110 mm uitwendig
Druk		PN16
Lengte		75 mtr met trekken AC leiding onder het trace met de boom obstakels en 25 mtr in open ontgraving
Levensduur		> 100 jr
Certificering (certificaat, jaar)		Zie certificaat 22 juni 2007
Installatie methodiek	In vorm processchema aanleveren	inbrengen dmv ruimer achter crackmachine, MUNET methode
Benodigde activiteiten/kennislevering waterbedrijf		Voorbereiding en lokatiespecifieke omstandigheden (materiaal en conditie, storingsgeschiedenis, type klant e.d.)
Kwaliteitscontrole	In vorm processchema aanleveren	Nog in ontwikkelingsfase. Zie rapportage MUNET
Beheeraspecten		Uitvoering zodanig dat met gebruikmaking van standaardmaten in bestaande situatie/tracé kan worden ingebouwd.
Referenties		prototyping fase 1-3
Overige opmerkingen		Techniek heet Munet

Figuur II.1 Overzicht technische gegevens.

Projectstap	Uitvoerende organisatie	Verantwoordelijke organisatie	Eindverantwoordelijke organisatie	Beschrijving projectstap
Noodleiding	Onderaannemer	BAM	Brabant Water	Noodwatervoorziening over te verwijderen leidingdeel
noodleiding in bedrijven	Brabant Water	Brabant Water	Brabant Water	Spuien en goedkeuren
Overzetten dienstleiding	BAM	BAM	Brabant Water	Overzetten woning op noodleiding
Kappen bestaande AC leiding	BAM	BAM	Brabant Water	Bestaande leiding kappen (2x) en buiseinde vrijgraven voor verwijderen
tussengat bij boomwortels	BAM	BAM	Brabant Water	localiseren wortelbed voor visuele inspectie (Alleen voor demo)
trekken leiding	BAM	BAM	Brabant Water	trekken leidingdeel ca 70 mtr. in 3 parten. Tussenliggende gaten zijn van woningaansluiting en bij boom
aankoppelen PB leiding aan ruimer	BAM	BAM	Brabant Water	bij laatste verwijdretrek, ruimer en PB buis 110mm aankoppelen
PB buis koppelen dmv afsluitvoorziening aan voedingsleiding AC	BAM	BAM	Brabant Water	
Spuien PB buis	BAM	BAM	Brabant Water	
monstername PB buis	Brabant Water	Brabant Water	Brabant Water	
aankoppelen PB leiding aan bestaande net	BAM	BAM	Brabant Water	
Overzetten dienstleiding	BAM	BAM	Brabant Water	
verwijderen noodleiding	Onderaannemer	BAM	Brabant Water	

Figuur 1.2 Overzicht processchema.

Bijlage III Analyse toestand leiding

Problemanalyse vervangen/renewen drinkwaterleiding		Relevant	Antwoord	Toelichting
Projectdetails	Eigenaar leiding		Brabant Water	
	Aanspreekpunt binnen WLB		Ruud van Nieuwenhuijze	
	E-mail verantwoordelijke WLB		ruud.van.nieuwenhuijze@brabantwater.nl	
	Telefoon verantwoordelijke WLB		Mobiel: 06-51219214	
	Uitvoerder		BAM Infra Energie & Water, Maurice Nooijen	
	Aanspreekpunt vanuit uitvoerder		Lodewijk Rous	
	E-mail (uitvoerder)		l.rous@bam.nl	
	Telefoon (uitvoerder)		06-20705488	
	Leiding ID		nvt	Identificerend kenmerk leiding (bv. LIS-id)
	Leidinglocatie (bijv straatnaam)		Enschotsebaan	Berkel Enschoot
	Coördinaten leidinglocatie		Begin X: 136.814; Y: 398.256 Eind X: 136.890; Y: 398.332	x,y-coördinaten in Rijksdriehoekstel (begin en eind)
	Periode uitvoering		Januari tm 13 april 2016	Periode waarin werkzaamheden worden uitgevoerd (datum begin-datum eind)
Reden sanering	Geprioriteerd op basis van multi-criteria analyse	ja/nee	ja, risicomatrix, Rasmariant model. Gaat om criteria als OLM's, storingsfrequentie, materiaal en leeftijd, type klant.	Omschrijf criteria in analyse. NB Ik informeer nog of wij onze info over de werking van het Rasmariant beschikbaar willen
	Hoge storingsfrequentie	ja/nee	ja, Verbindingen	Zie storingsgeschiedenis bij blok toestand
	Te lage capaciteit	ja/nee	nee	Omschrijf benodigde en huidige capaciteit
	Waterkwaliteitsproblemen in de leiding	ja/nee	nee	Omschrijf aard van de waterkwaliteitsproblemen
	Zijn er externe partijen die afweging beïnvloeden?	ja/nee	in dit specifieke geval niet, in z'n algemeenheid kan de gemeente worden betrokken	Omschrijf externe partijen en aanleiding, is er al contact geweest?
	Gewenste restlevensduur vanaf nu		nvt	Specificeer gewenste aantal jaren dat leiding nog moet functioneren (bv. 10 jaar tot start ruimtelijke ontwikkelingen of >50 jaar)
Toestand van de (bestaande) leiding	Eigenschappen uit inspectiegegevens bekend	ja/nee	ja, phenolphthalinetest en acoustisch onderzoek	Specificeer type inspectie en/of andersoortige toestandsbepaling
	Geschatte restlevensduur		info van Roel Diemel	Omschrijf geschatte restlevensduur in jaren vanaf nu op basis van huidige conditie
	Actuele materiaaleigenschappen (PVC, weerstand tegen langzamescheurgroei)		nvt	Indien materiaal PVC
	Actuele materiaaleigenschappen (AC/GIJ, aantastingsdiepte)		AC, weinig uitloging, rubberen afdichting in verbindingen	Indien materiaal AC/GIJ
	Originele wanddikte (PVC/AC volgt uit)		AC 100	Indien materiaal PVC/AC
	Resulterende maximum belasting		-	Volgt uit materiaaleigenschappen en wanddikte
	Optredende belastingen gedurende de restlevensduur (op nieuwe constructie)		2,28 N/mm2 in omtrekriching 2,3 N/mm2 in langsrichting	Totaal aan inwendige en uitwendige belastingen
	Dichtgroei (% diameter)		nvt	Specificeer aard en omvang dichtgroei indien
	Storingsgeschiedenis		info van Roel Diemel	Omschrijf storingsfrequentie, verandering in tijd en oorzaak/aard van de storingen
Functie van de leiding	Primair	ja/nee		Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
	Secundair	ja/nee	ja	Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
	Tertiair	ja/nee		Maximum gewenste volumestroom (m3/uur) en mogelijke drukverliezen (mwk/km)
Uitvoeringsdetails te vervangen leiding	Lengte in meters		100	70+30
	Aanlegjaar		1958	
	Bouwjaar		-	
	Materiaal (AC, GGJ, PVC, staal, anders)		AC 100	Specificeer anders
	Nominale diameter van de leiding		100 mm	
	Diepteligging, klasseren in stappen 0,25		1,5	

Configuratie te vervangen leiding	Aantal aansluitingen		1	Specificeer ook locatie (bv. iedere x meter)
	Aantal brandkranen		0	Specificeer ook locatie (bv. begin en eind)
	Aantal afsluiters		0	Specificeer locatie afsluiters
	Aantal aftakkingen		0	Specificeer diameter, materiaal aftakking en type aftakking (bv. T-stuk)
	Aantal en aard bochten		0	Specificeer hoekverdraaiingen per bocht (bv. 2 x 11 graden, 1x22 graden), indien relevant specificeer of er sprake van een mijterbocht is
	Aantal zinkers en uitvoeringswijze		0	Specificeer hoekverdraaiingen en materiaal
	Mantelbuis	ja/nee	nee	Specificeer lengte en aantal locaties met
	Aantal diameterveranderingen		0	Specificeer minimale diameter en aantal
	Aantal kunstwerken	zomer eiken	7 boom	Specificeer type kunstwerken
	Voegwijdte en hoekverdraaiing		ong. 5 graden	Omschrijf hoekverdraaiing in voegen
Ligingsgegevens te vervangen leiding	Open veld, geen belemmeringen	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Wegberm, éénzijdig belemmerd	ja/nee	nee	Specificeer situatie: beschrijf afstand tot verharding en/of andersoortige grens (bv. sloot of gebouw)
	Wegberm, tweezijdig belemmerd	ja/nee	ja, rijweg 50/60 cm. Fietspad 70 cm	Specificeer situatie: beschrijf afstand tot verharding en/of andersoortige grens (bv. sloot of gebouw)
	Onder verharding, trottoir	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder open verharding, buurt- of	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder gesloten verharding, buurt- of	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder open verharding, doorgaande weg	ja/nee	nee	Specificeer situatie
	Onder gesloten verharding, doorgaande	ja/nee	nee	Specificeer gemeentelijke of provinciale weg
	Bodemsoort		leem zand	
	Grondwaterstand		0,9 mtr	T. o.v. maaiveld
	Bodemverontreiniging	ja/nee	standaard	Specificeer of er sprake is van vervuiling en zo ja,
	Overige bijzonderheden			
Omgeving	Geen, leiding door open veld	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Agrarische omgeving	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Buitengebied	ja/nee	ja, ontsluitingsweg naar Tilburg	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Industriegebied	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Woongebied	ja/nee	lintbebouwing	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, winkelstraat	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
	Winkelgebied, voetgangersgebied	ja/nee	nee	Indien ja: Omschrijf omgeving
Veiligheid	Aanwezigheid toegangswegen hulpdiensten		ja, is geregeld (gebruikelijke hulpdiensten)	Specificeer welke hulpdiensten
	Geografische informatie		zie elders	Specificeer met kaart (bv. ligging tussen asfaltweg
	Aanwezigheid risicovolle objecten		aantal zomereiken	Specificeer objecten, afstand, aard van de risico's
	Aanwezige boomwortels	ja/nee	ja, Zomereik	Afstand tot bomen, zijn bomen waardevol, omvang wortels, ingroei ja/nee
	Aanwezige kabels en leidingen		LS en KPN > 35 cm	Welke kabels/leidingen, vermeld bron (bv. KLIC-melding of proefsleuf)
	Leiding ligt in zone die onder (B)EEL-	ja/nee	nee	Aard evt. risico's en eisen aan leiding en
Hinder	Gevoeligheid voor onbereikbaarheid		II	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer
	Aanwezigheid materiaal, containers,		15	Specificeer beschikbare ruimte (m2)
	Gevoeligheid voor geluidshinder		I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer
	Gevoeligheid voor verkeershinder		III	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer
	Gevoeligheid voor trillingen		I	I niet gevoelig, II redelijk gevoelig, III zeer
	Overig			Specificeer overig
OLM (Ondermaatse LeveringsMinuten)	Beïnvloeding rest van het net (lage druk, leveringszekerheid en continuïteit)		Uitloper, tijdelijke watervoorziening aangelegd	Beschrijf gevolgen afsluiten sectie conform traditionele aanpak
	Directe OLM (afsluiting van een			Beschrijf gevolgen afsluiten sectie conform
	Kookadvies noodzakelijk	ja/nee	ja	Periode
Achterblijvend materiaal in de bodem	Asbestcement	ja/nee	ja	
	Gietijzer	ja/nee	nee	
	PVC	ja/nee	nee	
	Staal	ja/nee	nee	
	anders	ja/nee	vervanging door PB	Specificeer materiaal
				* Hieruit moet het beeld volgen of hinder een factor van belang is bij de keuze voor een techniek. Zo ja, dan worden deze factoren nader uitgewerkt.

Bijlage IV 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, grondafvoer 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.
 - 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 sleufloos uittrekken van AC 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 leiding blijft in hetzelfde tracé, 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 Berkel-Enschot 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 V 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	