

11205150 WarmingUp Project 2B2: Slimme aanlegmethodes

Eindrapportage deelproject

| | | |
|------------------|--------------------|------------|
| Opgesteld door | Geaccordeerd door: | |
| Jacob Verhoeve | Henk Kruse | Ivo Pothof |
| Kouwenberg Infra | Deltares | Deltares |
| | | |

Versie : 1.1
Datum : 21-04-2022
Status : Definitief

Inhoud

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Inleiding | 3 |
| 2. | Projectbeschrijving | 4 |
| 3. | Projectafbakening | 6 |
| 4. | Verdieping van de hoofdvraag | 7 |
| 4.1. | Inventarisatie behoeften | 7 |
| 4.2. | Mogelijke leidingtracés | 7 |
| 4.3. | Eisen aan sleufloze aanleg | 7 |
| 5. | Bepalen toe te passen leidingsystemen | 8 |
| 6. | Inventarisatie van mogelijke sleufloze technieken | 9 |
| 6.1. | Open Front techniek (piloot gestuurde avegaar) | 9 |
| 6.2. | Gesloten Front Techniek (schildboring of microtunneling) | 10 |
| 6.3. | Axis | 10 |
| 6.4. | Pneumatisch Raketten | 11 |
| 6.5. | HDD..... | 12 |
| 6.6. | Frezen / Ploegen..... | 13 |
| 6.7. | Leidinggoot..... | 13 |
| 6.8. | Easy2Jet | 14 |
| 7. | Kwalitatieve waardering behoeftes en eisen | 15 |
| 8. | Keuze geschikte techniek | 16 |
| 8.1. | Distributieleidingen | 16 |
| 8.2. | Huisaansluitingen | 16 |
| 8.3. | Omschrijving werkmechanisme gekozen technieken | 17 |
| 8.3.1. | Open Front Techniek (piloot gestuurde avegaar) | 17 |
| 8.3.2. | AXIS..... | 18 |
| 8.3.3. | HDD..... | 19 |
| 8.3.4. | Easy2Jet | 20 |
| 9. | Conclusie | 21 |
| | Bijlagen | 22 |

1. Inleiding

Naast het verlagen van de aanvoertemperatuur van bestaande HT-warmtenetten bestaat een grote uitdaging uit de kosteneffectieve aanleg van met name MT en LT warmtenetten. Met de energietransitie komt er steeds meer behoefte aan overlast beperkende aanleg methoden. Vooralsnog is gebleken dat, in een groot aantal gevallen, conventionele aanlegmethoden kosteneffectiever zijn dan de huidige sleufloze methoden.

De overlast bij het graven van sleuven is bekend. Kosten zijn hoog door bemalingen, steun van de sleufwanden, mogelijke schade aan andere leidingen en slechte bereikbaarheid gedurende de werkzaamheden. Vanwege de overlast en de kosten van de conventionele leidingaanleg in een sleuf is onderzoek naar sleufloze technieken interessant.

Dit voorliggende rapport beschrijft het deel van project 2B. Het rapport beschrijft een inventarisatie van aanlegmethoden en de selectie van kansrijke methoden voor de aanleg van warmte leidingen.

2. Projectbeschrijving

Project 2B, slimme aanlegmethodes maakt deel uit van het meerjarig missiegedreven innovatieprogramma (MMIP) WarmingUp. WarmingUp richt zich op het ontwikkelen van technische en sociaal-maatschappelijke kennis met als doel om praktisch bruikbare instrumenten te ontwikkelen voor het ontwerpen en realiseren van kosteneffectieve, maatschappelijk aanvaardbare, betrouwbare, collectieve warmtesystemen in de gebouwde omgeving die door duurzame warmtebronnen worden gevoed.

In Project 2B: Slimme aanleg warmteleidingen wordt beschouwd op welke wijze de leidingen van duurzame warmtenetten in bestaande woonwijken op een kosten efficiënte manier kunnen worden aangelegd. De verwachting is dat ondiepe horizontale aanlegtechnieken goedkoper kunnen worden uitgevoerd met minder overlast voor omwonenden.

De focus van dit project zal daarom liggen op het ontwikkelen van goedkope, horizontale, ondiepe en weinig overlast gevende aanlegtechnieken. Er wordt onderscheid gemaakt tussen transport- en distributieleidingen (inclusief huisaansluitingen). In een afzonderlijk project zullen transportleidingen worden beschouwd, waardoor project 2B2 (voorliggende rapport) zich zal richten op de distributieleidingen, waarbij onderscheid wordt gemaakt in distributieleidingen en huisaansluitingen.

Daarbij is de distributieleiding de leiding die vanaf de transportleiding tot op hoogte van de woning transporteert en de huisaansluiting het warmwatertransport verzorgt vanaf distributieleiding tot aan de woning.

De overlast bij het graven van sleuven is bekend. Kosten kunnen hoog zijn door bemalingen, benodigde steun van de sleufwanden en schade aan andere leidingen en overige artefacten en slechte bereikbaarheid gedurende de werkzaamheden. Vanwege de overlast en de kosten van de conventionele leidingaanleg in een sleuf is onderzoek naar sleufloze technieken interessant. Bestaande sleufloze technieken zijn echter niet geschikt om horizontaal te kunnen aanleggen op een ondiep niveau (behoudens Gesloten Front Techniek en Open Front Techniek methoden, die kostbaar zijn, mede vanwege pers- en ontvangstputten en daardoor met name geschikt zijn voor grotere lengten en diameters.

Voor verschillende aanlegmethodes zal het aanlegproces beschreven moeten worden, alsmede de mogelijke belastingen die tijdens de aanleg kritisch kunnen zijn voor de sterkte van de warmteleiding (interactie met het modelleringsdeel). Hiernaast worden de aanlegtechnieken vergeleken op een aantal prestatie-indicatoren, waaronder kosten, aanlegtijd en overlast. De inventarisatie en selectie zal worden gedaan door middel van meerdere meetings waarbij praktijkervaring wordt ingebracht door de betrokken partijen.

Het project is als volgt uitgevoerd:

- Verdieping van de hoofdvraag door de beantwoording van de vragen:
 - Wat zijn de behoeften van de klant, de aannemer en de netbeheerder?
 - Welke leidingtracé's zijn er denkbaar in de grond, rekening houdend met de nieuwe mogelijkheden van een aanlegmethode die geen verstoring aan het maaiveld geeft?
 - Aan welke eisen moet een sleufloze aanleg voldoen? Welke eisen zijn show-stoppers, welke nice-to-have?
- Bepalen van de toe te passen leidingsystemen voor warmtenetten.
- Inventarisatie van mogelijk toe te passen sleufloze technieken en beschrijving van de methodiek.
- Kwalitatieve waardering van de behoeftes en eisen voor de verschillende technieken.
- Keuze van een geschikte techniek voor de aanleg van distributie leidingen en huisaansluitingen.
- Gedetailleerd omschrijven van het werkmechanisme van de gekozen technieken.

3. Projectafbakening

Er is alleen gekeken naar de aanleg van de leiding tot aan de gevel van de woning. Dat betekent dat niet is gekeken naar hoe de leiding de woning binnenkomt en hoe het traject vanaf dit punt is.

Tevens is niet in detail gekeken naar de aftakkingen van de verschillende leidingtypes (van transport naar distributie naar huisaansluiting).

De aanlegmethodes beperken zich in de projectdeel tot ondergrondse aanlegmethodes met de focus op sleufloze aanleg en toepassing bij bestaande woningen. Als hoofdvraag is daarom gesteld:

“Kunnen sleufloze technieken een bijdrage leveren aan het in bestaande woningen krijgen van stadsverwarming.”

4. Verdieping van de hoofdvraag

4.1. Inventarisatie behoeften

Geïnterviewd zijn de behoeften van:

- De klant; bedoeld wordt de uiteindelijke gebruiker van de warmte uit de leiding.
- De aannemer; bedoeld wordt de partij die de warmteleidingen moet aanleggen.
- De netbeheerder; bedoeld wordt de partij die het warmtenet beheert en onderhoudt.

Het resultaat van deze inventarisatie is weergegeven in bijlage 1.

4.2. Mogelijke leidingtracés

De volgende mogelijke leidingtracés zijn benoemd (in bijlage 2 staan de tracés benoemd met daarin de respectievelijke voor- en nadelen en de kansen voor sleufloze technieken):

Busstructuur (traditioneel)

- a) Distributieleiding onder de weg. Aftakkingen (aan weerszijden) richting bestaande woningen. Per huisaansluiting een afzonderlijke aftakking.
- b) Distributieleiding onder het trottoir. Aftakkingen richting bestaande woningen. Per huisaansluiting een afzonderlijke aftakking.
- c) Distributieleiding onder voortuinen. Aftakkingen richting bestaande woningen. Per huisaansluiting een afzonderlijke aftakking. Mogelijk kan in het geval van een rij woningen een start en eindput worden gemaakt in de betreffende voortuinen, waardoor een put in de openbare weg niet nodig is met als gevolg minder verkeershinder.
- d) Distributieleiding onder de fundatie. Aftakking onder de woning vanuit de kruipruimte.

Sterstructuur

- a) Distributieleiding onder de weg. Aftakkingen vanuit één punt richting bestaande woningen aan weerszijden.
- b) Distributieleiding onder het trottoir. Aftakkingen vanuit één punt richting bestaande woningen.

4.3. Eisen aan sleufloze aanleg

De eisen gesteld aan sleufloze aanleg zijn weergegeven in bijlage 3.

5. Bepalen toe te passen leidingsystemen

Voor het beoordelen van sleufloze technieken en om de meest geschikte technieken te kunnen bepalen moeten in ieder geval de globale eisen rond de warmteleidingen worden vastgesteld. Deze zijn als volgt bepaald.

| Leidingtype | Dekking | Diameter uitw. van | Diameter uitw. tot |
|--------------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| Distributieleiding | 0,7 - 1,5 meter | DN32 (125 mm) | DN300 (450 mm) |
| Huisaansluiting | 0,7 - 1,5 meter | DN25 (75 mm – 90 mm) | DN 32 (110 mm – 125 mm) |

6. Inventarisatie van mogelijke sleufloze technieken

De volgende sleufloze technieken zijn meegenomen in de beschouwing:

- Open Front Techniek (gestuurde avegaar)
- Gesloten Front Techniek (schildboring of microtunneling)
- Axis
- Raketten
- HDD (horizontal directional drilling)
- Frezen / ploegen
- Leidinggoot (prefab)
- Easy2Jet

Tevens is als referentie de (doorgaans meest economische) open sleuf techniek meegenomen, om de diverse sleufloze technieken hiermee te kunnen vergelijken.

6.1. Open Front techniek (piloot gestuurde avegaar)

Toepassing

Deze boormethode wordt toegepast voor het doorpersen van buisdiameters gemiddeld Di 100 tot en met Di 2000. De methode is toepasbaar in verdringbare bodems, waarbij mogelijk voorkomende stenen niet groter mogen zijn dan ca. 70 mm. Stenen kunnen ofwel in de grond worden verdrongen of wel middels de avegaar met de grondafvoer mee worden getransporteerd. Voor een normale avegaarboring kan alleen zonder grondwaterdruk geboord worden aangezien het front van de boring open en daarmee waterdoorlatend is. Bij toepassing van een zogenaamd waterslot kan globaal geboord worden tot onder een grondwaterkolom van maximaal 3 meter.

Werkmethodiek

De boring verloopt via een persput naar een ontvangstput verloopt in 2 of 3 fases. Allereerst vindt een pilootboring plaats waarbij een pilootstang met diameter .. tot .. door de grond wordt geduwd middels een persinstallatie. Door de holle pilootstang kan middels een laser de positie van de stuurkop op target gehouden worden. In de 2^e fase wordt een ruimer achter de pilootstang geplaatst met daarachter de productbuis, ofwel een voorloopbuis. De ruimer met daarachter de buis wordt vervolgens over de as van de pilootboring geperst, waarbij de pilootstangen in de ontvangstput worden gedemonteerd. In de buis zijn avegaren geplaatst die de uitkomende grond door de buis naar de persput transporteren.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|--|------------|
| Diameterbereik (mm) | 100 - 2000 |
| Minimale gronddekking (m) | 1 |
| Mogelijke lengte (m) | 120 |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | 2x3 |
| Inwendige afmetingen ontvangstkuip (mxm) | 1x1 |

6.2. Gesloten Front Techniek (schildboring of microtunneling)

Toepassing

Deze boormethode wordt gebruikt voor het doorpersen van buisdiameters gemiddeld 400 tot 3000 mm. Deze methode is toepasbaar in verschillende soorten grond, waarbij variërend de grond verschillende boorfronten kunnen worden toegepast. Gezien het gesloten boorfront kan deze methode worden toegepast onder grondwaterniveau.

Werkmethodiek

De boring verloopt via een persput naar een ontvangstput. In de wand van de kuip moet een manchet of waterslot zijn aangebracht waardoor de boorkop kan vertrekken zonder dat er water in de put komt. Nadat de kop door de kuip is geperst wordt achter de kop een buissegment geplaatst wat daarna wordt geperst. Aan het front boort het boorrad, voorzien van snijtanden, de grond los, die in de breekruimte wordt gebroken. De inkomende grond wordt vervolgens middels injectie van water verpompaar gemaakt en door de buis richting persput afgevoerd naar de recycling unit.

Middels hydraulische stuurvizels kan de kop gestuurd worden. Hiermee is het mogelijk om de kop in positie te houden en tevens om in een bocht te boren. Een laser wordt middels een vaste opstelling op de persput geplaatst en geeft op de elektronische target in het boorschild de afwijkingen ten opzichte van de theoretisch te boren aslijn aan.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|--|------------|
| Diameterbereik (mm) | 400 - 3000 |
| Minimale gronddekking (m) | 2 |
| Mogelijke lengte (m) | 1500 |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | 4x3 |
| Inwendige afmetingen ontvangstkuip (mxm) | 3x2 |

6.3. Axis

Toepassing

Het Axis systeem kan worden toegepast voor boordiameters van Di 250 tot Di 350. De boormethodiek is toepasbaar in verschillende soorten grond, waarbij ook beneden de grondwaterstand kan worden geboord. De toepasbare diameters zijn afhankelijk van de beschikbare casing buizen. Andere diameters zijn mogelijk op het moment dat bijbehorende casing buizen worden geproduceerd.

Werkmethodiek

De boring verloopt via een pers- naar een ontvangstput. De stuurbare boorkop voorzien van snijtanden boort door de grond terwijl achter de boorkop casingbuizen worden geplaatst. De uitkomende grond wordt middels een vacuumpomp door een ruimte in de casingbuizen naar een tank geleid. De boor wordt op target gehouden met behulp van een laser. Zodra de boorkop in de ontvangstput is aangekomen kan de productbuis middels pipe jacking worden doorgeperst waarbij

de casingbuis in de ontvangstuip wordt gedemonteerd. Als alternatief kan de casingbuis aan de ontvangstzijde aan de productbuis worden gekoppeld waarbij de productbuis door het geboorde gat wordt getrokken.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|---|-----------|
| Diameterbereik (mm) | 250 – 350 |
| Minimale gronddekking (m) | 1 |
| Mogelijke lengte (m) | 80 |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | 2x3 |
| Inwendige afmetingen ontvangstuip (mxm) | 2x3 |

6.4. Pneumatisch Raketten

Toepassing

Raketten of ramming kan worden toegepast voor diameters van 100 tot 1500 mm. Gemiddeld wordt dit systeem vanwege grotere onnauwkeurigheid toegepast voor kortere lengtes en daar waar nauwkeurigheid minder vereist is (geen sturing mogelijk). De raketpersing vindt plaats op basis van grondverdringing.

Werkmethodiek

Voor de raketinstallatie is een smalle kuip nodig voor zowel in- als uitrede. De raket bestaat uit een stalen cilinder in de vorm van een torpedo, waarin een pneumatisch beweegbare zuiger past. De zuiger slaat met kracht tegen een aambeeld voor in de cilinder. Door de stootkracht van de zuiger schiet de raket een stukje naar voren. Vervolgens gaat de zuiger weer naar achter en herhaalt zich het proces.

Bij impact ramming wordt de raket achter de productleiding bevestigd, zodat deze de leiding voor zich uit door de grond slaat. De leiding kan aan de voorzijde geopend of gesloten zijn. Als de voorzijde open is, wordt na het aanbrengen van de leiding de grond uit de buis verwijderd. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van een avegaar, met perslucht of met spoelwater. Bij een gesloten voorkant wordt de leiding volledig grondverdringend ingevoerd.

De leiding kan in zijn geheel of als gekoppelde elementen worden ingevoerd. In het laatste geval wordt na het invoeren van ieder element de raket afgekoppeld en een nieuw element tussengevoegd.

Sturen van deze techniek is – zonder extra maatregelen – niet mogelijk. In geval van te verwachten obstakels kan een klein gat worden vorgeboord, bijvoorbeeld met behulp van impact moling.

Bij impact moling wordt de raket aan de voorzijde van de productleiding bevestigd. Het boorgat wordt door de raket volledig grondverdringend gemaakt. Als er obstakels verwacht worden, kan de impact moling techniek ook gebruikt worden om voor te boren. Een persluchthamer is het meest geschikt om voor te boren.

Als de productleiding uit een trekvast materiaal bestaat, kan de raket aan de voorkant bevestigd worden en wordt de leiding achter de raket aangetrokken. Als de productleiding niet uit trekvast

materiaal bestaat , wordt een staalkabel vanaf de raket door de leiding getrokken en aan de achterkant van de leiding vastgemaakt. De leiding wordt dan als het ware achter de raket aangeduwd. De boorteknik is niet bestuurbaar en in vergelijking met impact ramming gevoeliger voor afwijkingen. De methode dringt echter wel makkelijker door obstakels heen.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|---|------------|
| Diameterbereik (mm) | 100 – 1500 |
| Minimale gronddekking (m) | 1 |
| Mogelijke lengte (m) | 2500 |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | 5x1 |
| Inwendige afmetingen ontvangstuip (mxm) | 1x1 |

6.5. HDD

Toepassing

Horizontal Directional Drilling, of afgekort HDD vindt plaats vanaf maaiveld voor diameters van 50 mm tot 1800 mm doorsnede. Daarmee heeft deze techniek als voordeel dat er geen kuipen voor intredepunt en uittredepunt nodig zijn en ook verlaging van het grondwater niveau niet noodzakelijk is. HDD boringen kunnen dan worden toegepast als leidingen niet onder natuurlijk verval hoeven worden aangelegd zoals persleidingen, drinkwaterleidingen, gasleidingen en kabeldoorvoeren. Ten opzichte van andere technieken is hier ook het voordeel dat de leiding in plaats van in segmenten naadloos kan worden aangelegd.

Werkmethodiek

Een HDD boring bestaat uit 3 stadia. Allereerst vindt een pilootboring plaats. Middels deze gestuurde boring kan exact van intrede naar het vereiste uittrede punt worden geboord. Ten behoeve van smering en om een stabiele boorgang te verkrijgen worden bentoniet toegepast. Na de pilootboring kan het boorgat in verschillende stadia geruimd worden tot de gewenste diameter. Na het ruimen wordt de definitieve leiding ingetrokken.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|--|-----------|
| Diameterbereik (mm) | 50 – 1800 |
| Minimale gronddekking (m) | 4 |
| Mogelijke lengte (m) | 2500 |
| Inwendige afmetingen kuip intredepunt (mxm) | 1x1 |
| Inwendige afmetingen kuip uittredepunt (mxm) | 1x1 |

6.6. Frezen / Ploegen

Toepassing

Bij frezen of ploegen van leidingen wordt de productbuis vanaf maaiveld in een door een voor gemaakte sleuf getrokken. Voor deze techniek zijn daarom geen bouwkuipen benodigd en evenals bij HDD kunnen de leidingen naadloos met grote lengtes worden aangelegd. Doorgaans wordt deze techniek gebruikt om leidingen op relatief geringe diepte aan te leggen. Nadeel van de methode is dat niet zoals met boren onder kruisende infra aangelegd kan worden. Afhankelijk van het type grond kan er sprake zijn van het beschadigen van de productbuis, bijvoorbeeld door aanwezige stenen.

Werkmethodiek

Achter het startpunt wordt de leiding uitgelegd. Het uiteinde van de leiding wordt aan de ploeg gekoppeld. De ploeg zit middels een kabel aan een lier gekoppeld. De machine, met daarop bevestigd de lier, kan zich verankeren in de grond en vervolgens de kabel met daaraan de ploeg en de leiding naar zich toe trekken. Daarbij trekt de ploeg een voor in de grond waarin de leiding komt te liggen. Achter de ploeg sluit de voor zich grotendeels.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|---|-----------|
| Diameterbereik (mm) | 100 – 300 |
| Minimale gronddekking (m) | 0,5 |
| Mogelijke lengte (m) | Onbeperkt |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | n.v.t. |
| Inwendige afmetingen ontvangstuip (mxm) | n.v.t. |

6.7. Leidinggoot

Toepassing

Een (prefab) leidinggoot kan toegepast worden om één of meerdere leidingen in op te nemen. Daarbij zijn meerdere diameters mogelijk. Voordeel is dat er eenmaal gegraven moet worden om de goot te monteren en dat daarna de leidingen relatief eenvoudig te bereiken zijn middels het openen van een afdekking op de goot. Hiermee kunnen leidingen gerepareerd of vervangen worden of kunnen leidingen worden toegevoegd. In de goot kunnen segmenten worden aangebracht om te zorgen dat iedere leiding op zijn eigen plek blijft liggen. In de leidinggoot zullen aftakkingen moeten worden gemaakt om bijvoorbeeld de huisaansluiting aan de distributieleiding te koppelen.

Werkmethodiek

In de grond wordt een sleuf gemaakt. Afhankelijk van de diepte van de goot en de grondgesteldheid is hiervoor een sleufbekisting benodigd. De goot wordt in segmenten in de sleuf gemonteerd. De leiding kan vervolgens naadloos in de goot worden gelegd ofwel vanuit segmenten worden opgebouwd. Zodra de leiding is aangelegd wordt de leidinggoot afgedekt.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|---|------------|
| Diameterbereik (mm) | 100 – 2000 |
| Minimale gronddekking (m) | 0,5 |
| Mogelijke lengte (m) | Onbeperkt |
| Inwendige afmetingen perskuip (mxm) | Nvt |
| Inwendige afmetingen ontvangstuip (mxm) | nvt |

6.8. Easy2Jet

Toepassing

De Easy2Jet methode laat zich het best beschrijven als een compacte HDD techniek geschikt voor kortere lengtes en relatief ondiepe aanleg. Door de compacte en eenvoudige installatie kan deze techniek bij uitstek toegepast worden in de bebouwde omgeving waarbij het beperken van overlast vereist is. Het diameterbereik van deze techniek loopt van 40 tot ca. 110 mm. Door het meet- en stuursysteem kunnen leidingen exact worden aangelegd. Het Easy2Jet systeem is relatief nieuw en wordt nog op beperkte schaal toegepast. Verwachting is dat bij meer toepassing dit systeem zich de komende tijd verder zal ontwikkelen en verbeteren.

Werkmethodiek

Vanuit een kleine startput wordt een pilootboring gedaan met een flexibele pilootstang. De pilootboring kan worden gerealiseerd middels een handbediende boormachine. Door de kop van de piloot te draaien kan sturing plaatsvinden. In de kop van de piloot zit een zender die ontvangen kan worden op een walk over meetsysteem. Hiermee kan de locatie van de piloot stang exact worden bepaald en kan waar nodig worden bijgestuurd om exact op het uittredepunt uit te kunnen komen. Smearing vindt plaats m.b.v. een boorspoeling (bentoniet) die tevens dient om de boorgang stabiel te houden.

Na het piloten kan in één of meerdere fases geruimd worden, waarna de leiding in het geruimde gat kan worden getrokken.

Belangrijkste parameters

| Parameter | Waarde |
|--|----------|
| Diameterbereik (mm) | 40 – 110 |
| Minimale gronddekking (m) | 0,8 |
| Mogelijke lengte (m) | 30 |
| Inwendige afmetingen kuip intredepunt (mxm) | 1x1,5 |
| Inwendige afmetingen kuip uittredepunt (mxm) | 1x1 |

7. Kwalitatieve waardering behoeftes en eisen

Hiervoor is beschreven dat behoeftes van verschillende stakeholders in kaart zijn gebracht evenals de eisen te stellen aan de toe te passen sleufloze technieken. In bijlage 4 zijn deze weergegeven waarbij de volgende rubrieken (met daaronder een verdere specificatie) zijn aangehouden:

- Kosten
- Ontwerp(vrijheid)
- Overlast
- Kwaliteit
- Milieu
- Toepasbaarheid in de geïnventariseerde Tracé's

Voor de verschillende geïnventariseerde sleufloze boortechnieken is vervolgens gewaardeerd hoe deze technieken scoren op de afzonderlijke behoeftes en eisen. Daarbij is ook de open sleuf methode gewaardeerd om te kunnen bepalen hoe deze sleufloze technieken zich kwalitatief verhouden tot het werken vanuit een open sleuf. De volgende waardering is toegepast:

- ++ zeer gunstig
- + gunstig
- 0 gemiddeld / neutraal
- ongunstig
- zeer ongunstig

Naar aanleiding van het kwalitatief scoren van de verschillende boortechnieken op de behoeftes en eisen is vervolgens bepaald welke sleufloze technieken het meest geschikt zijn voor de aanleg van warmteleidingen.

8. Keuze geschikte techniek

Vanuit de kwalitatieve analyse wordt in eerste instantie met name duidelijk welke sleufloze technieken niet in aanmerking komen, aangezien ze gemiddeld slechter scoren dan de overige technieken. Vanuit het overzicht wordt vervolgens niet goed duidelijk welke techniek het meest geschikt is. Er zijn echter twee rubrieken die voor deze keuze van doorslaggevende aard zijn:

- Ontwerpvrijheid; voor warmteleidingen is het wenselijk dat de leidingen over het gehele tracé op een relatief geringe diepte liggen. Dit om de leiding bereikbaar te houden voor eventueel onderhoud en reparatie bij calamiteiten (leveringszekerheid). Daarnaast is de geringe diepte gunstig met het oog op toekomstige netuitbreidingen.
- Geschiktheid tracé; de betreffende technieken moeten wel uitvoerbaar zijn ten behoeve van de gekozen tracés.

8.1. Distributieleidingen

Voor distributieleidingen worden de volgende technieken het best gekwalificeerd:

- Open front (avegaar)
- Axis
- HDD

Daarbij is het afhankelijk van de structuur van het tracé wat het beste kan worden toegepast. Gezien de diepteligging en de (daarmee) mindere geschiktheid voor korte afstanden kan HDD alleen worden toegepast bij de eerder genoemde sterstructuur. Bij de bus-structuur wordt als sleufloze techniek gekozen voor de Open Front Techniek of avegaar voor het Axis systeem. Deze technieken zullen verderop gedetailleerder worden beschouwd.

8.2. Huisaansluitingen

Voor huisaansluitingen worden de volgende technieken het best gekwalificeerd:

- Raketten (pneumatisch)
- Easy2Jet
- HDD

Voor raketten geldt dat het met name een goedkope oplossing is voor zeer korte trajecten. Op iets langere boringen wordt deze techniek erg onnauwkeurig en valt daarom af.

Ook hier is HDD gezien de diepteligging en de minder goede toepasbaarheid voor grote afstanden minder of niet geschikt. Alleen als de afstand tot de distributieleiding groot genoeg is kan HDD een goed alternatief zijn. Bij toepassing in een tracé met ster structuur is dit het geval en daarom wordt voor de aanleg van huisaansluitingen voor warmteleidingen HDD gezien als een geschikte methode.

Als geschikte sleufloze techniek voor de aanleg van huisaansluitingen voor warmteleidingen wordt tevens gekozen voor Easy2Jet. Met name voor de kortere boringen in de busstructuur lijkt Easy2Jet een goed alternatief.

De gekozen technieken zullen verderop gedetailleerder worden beschouwd.

8.3. Omschrijving werkmechanisme gekozen technieken

In deze paragraaf wordt voor de hierboven gekozen technieken uitgebreid ingegaan op het werkmechanisme. Voor een globale beschrijving van het boorproces wordt verwezen naar hoofdstuk 6.

8.3.1. Open Front Techniek (piloot gestuurde avegaar)

Equipment

- Persframe: frame waarop de boormachine de buis kan persen.
- Boormachine: machine waarmee de pilootstang geboord, de buis (mantel dan wel product) geperst wordt en de avegaar wordt aangedreven ten behoeve van de transport van de uitkomende grond. Verschillende tonnages zijn mogelijk, afhankelijk van lengte, diameter en grondgesteldheid.
- Laser: meetsysteem waarmee kan worden gecontroleerd of de piloot nog op target is.
- Graafmachine: ten behoeve van het verwijderen van de uitkomende grond uit de buis tijdens het persen. Tevens benodigd voor het transport van product- dan wel mantelbuis inclusief avegaar in de perskuip.

Specificaties

| Onderdeel | Waarde | Toelichting |
|-----------------------------------|--------------------|---|
| Diameter piloot | 60 -120 mm | |
| Diameter productbuis | 50 – 600 mm | |
| Lengte boring | 0 – 80 m | |
| Minimale gronddekking | 1,0 m | |
| Maximale gronddekking | - | Afhankelijk van diameter |
| Diameter ruimer | - | Afhankelijk van diameter |
| Oversnijding | 5-10 mm | |
| Gebruik boorvloeistof | Niet | |
| Gebruik smeermiddel | Niet | |
| Maximale perskracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Maximale trekkracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie persput | 1,5 * 2,5 m (br*I) | |
| Dimensie ontvangstput | 1 * 1,5 m (br*I) | |
| Nauwkeurigheid boring | 100 mm | |
| Minimale boogstraal | 0 | Rechte lijn |
| Intrekkracht op leiding | - | Afhankelijk van diameter |
| Toepassing onder grondwaterniveau | Ja | Met toepassing van waterslot en maximale waterkolom van 3 meter |
| Max. aanwezige stenen | 63 mm | Afhankelijk van diameter |

Toepasbare grondsoorten

| Grondsoort | Toepasbaar J/N |
|------------|----------------|
| Zand | Ja |
| Klei | Ja |
| Veen | Ja |
| Leem | Ja |

8.3.2. AXIS

Equipment

- Persframe: frame waarop de boormachine de buis kan persen.
- Boormachine: machine waarmee geboord en waarmee de buis (mantel dan wel product) geperst wordt. Verschillende tonnages mogelijk, afhankelijk van lengte, diameter en grondgesteldheid.
- Laser: meetsysteem waarmee kan worden gecontroleerd of de boorkop nog op target is.
- Graafmachine: ten behoeve van het verwijderen van de uitkomende grond uit de buis tijdens het persen. Tevens benodigd voor het transport van product- dan wel mantelbuis inclusief avegaar in de perskuip.

Specificaties

| Onderdeel | Waarde | Toelichting |
|-----------------------------------|--------------------|---|
| Diameter piloot | 0 | geen |
| Diameter productbuis | 250 – 350 mm | Huidige standaard, mogelijk andere diameters mogelijk |
| Lengte boring | 0 – 100 m | |
| Minimale gronddekking | 1,0 m | |
| Maximale gronddekking | - | Afhankelijk van diameter |
| Diameter ruimer | - | Afhankelijk van diameter |
| Oversnijding | 5-10 mm | |
| Gebruik boorvloeistof | Water /bentoniet | |
| Gebruik smeermiddel | Niet noodzakelijk | Voorkeur als onder grondwater wel |
| Maximale perskracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Maximale trekkracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie persput | 1,5 * 3,5 m (br*I) | |
| Dimensie ontvangstput | 1 * 1 m (br*I) | |
| Nauwkeurigheid boring | 100 mm | |
| Minimale boogstraal | 0 | Rechte lijn |
| Intrekkracht op leiding | - | Afhankelijk van diameter |
| Toepassing onder grondwaterniveau | Ja | Maximale waterkolom van 3 meter |
| Max. aanwezige stenen | 63 mm | Afhankelijk van diameter |

Toepasbare grondsoorten

| Grondsoort | Toepasbaar J/N |
|------------|----------------|
| Zand | Ja |
| Klei | Ja |
| Veen | Ja |
| Leem | Ja |

8.3.3. HDD

Equipment

- Boorunit ten behoeve van het maken van de pilootboring, het ruimen van het boorgat en het intrekken van de leiding/buis.
- Mengunit ten behoeve van het aanmaken van de boorvloeistof t.b.v. smering en stabilisatie boorgang.
- Pilootbuis met boorkop ten behoeve van het maken van de pilootboring.
- Ruimer ten behoeve van het ruimen van de pilootboring, mogelijk in verschillende fasen.
- Recycling Unit ten behoeve van het scheiden van de grond uit de boorspoeling.

Specificaties

| Onderdeel | Waarde | Toelichting |
|-----------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Diameter piloot | Vanaf 60 mm | |
| Diameter productbuis | 40 –mm | Kan veel |
| Lengte boring | 0 – m | Kan veel |
| Minimale gronddekking | 4,0 m | |
| Maximale gronddekking | - | Afhankelijk van diameter |
| Diameter ruimer | - | Afhankelijk van diameter |
| Oversnijding | 20 a 30 % | 20 a 30 % groter dan buis |
| Gebruik boorvloeistof | Water /bentoniet | |
| Gebruik smeermiddel | Bentoniet | |
| Maximale perskracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Maximale trekkracht | - | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie persput | 1,5 * 3,5 m (br*I) | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie ontvangstput | 1 * 1 m (br*I) | Afhankelijk van diameter |
| Nauwkeurigheid boring | 500 mm | |
| Minimale boogstraal | 40 mm | |
| Intrekkraft op leiding | - | Afhankelijk van diameter |
| Toepassing onder grondwaterniveau | Ja | |
| Max. aanwezige stenen | 63 mm | Afhankelijk van diameter |

Toepasbare grondsoorten

| Grondsoort | Toepasbaar J/N |
|------------|----------------|
| Zand | Ja |
| Klei | Ja |

8.3.4. Easy2Jet

Equipment

- Als er geen netstroom aanwezig is een aggregaat om de bentoniet meng / pompunit aan te drijven.
- Accuboormachine met kunststof boorstangetjes.
- Meetsysteem walkover.
- Kleine graafmachine t.b.v. in- en uittredepunt.

Specificaties

| Onderdeel | Waarde | Toelichting |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| Diameter piloot | Vanaf 30 mm | |
| Diameter productbuis | 25 – 110 mm | |
| Lengte boring | 0 – 40 m | |
| Minimale gronddekking | 0,8 m | |
| Maximale gronddekking | 3 m | Afhankelijk van diameter |
| Diameter ruimer | - | Afhankelijk van diameter |
| Oversnijding | 10 tot 30 % | 10 a 30 % groter dan buis |
| Gebruik boorvloeistof | Water /bentoniet | |
| Gebruik smeermiddel | Bentoniet | |
| Maximale perskracht | 150 kg | Afhankelijk van diameter |
| Maximale trekkracht | 150 kg | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie persput | 0,5 * 1,5 m (br*I) | Afhankelijk van diameter |
| Dimensie ontvangstput | 0,5 * 0,5 m (br*I) | Afhankelijk van diameter |
| Nauwkeurigheid boring | 100 mm | Afhankelijk van storingsfactoren |
| Minimale boogstraal | 15 mm | |
| Intrekkraft op leiding | - | Afhankelijk van diameter |
| Toepassing onder grondwaterniveau | Ja | |
| Max. aanwezige stenen | 20 mm | Afhankelijk van diameter |

Toepasbare grondsoorten

| Grondsoort | Toepasbaar J/N |
|------------|----------------|
| Zand | Ja |
| Klei | Ja |
| Veen | Ja |
| Leem | Ja |

9. Conclusie

Naast het verlagen van de aanvoertemperatuur van bestaande HT-warmtenetten bestaat een grote uitdaging uit de kosteneffectieve aanleg van met name MT en LT warmtenetten. Met de energietransitie komt er steeds meer behoefte aan overlast beperkende aanleg methoden. Vooralnog is gebleken dat, in een groot aantal gevallen, conventionele aanlegmethoden kosteneffectiever zijn dan de huidige sleufloze methoden.

De overlast bij het graven van sleuven is bekend. Kosten zijn hoog door bemalingen, steun van de sleufwanden, mogelijke schade aan andere leidingen en slechte bereikbaarheid gedurende de werkzaamheden. Vanwege de overlast en de kosten van de conventionele leidingaanleg in een sleuf is onderzoek naar sleufloze technieken interessant.

Voor verschillende sleufloze aanlegmethodes is het aanlegproces beschreven. Vervolgens zijn de aanlegtechnieken vergeleken op een aantal prestatie-indicatoren, waaronder kosten, aanlegtijd en overlast. Uit de vergelijking zijn een aantal geschikte methodes naar voren gekomen. Hierbij is gekeken naar distributieleidingen en huisaansluitingen. De distributieleiding is de leiding die vanaf de transportleiding tot op hoogte van de woning transporteert en de huisaansluiting het warmwatertransport verzorgt vanaf distributieleiding tot aan de woning.

Voor distributieleidingen worden de volgende technieken het best gekwalificeerd:

- Open front (avegaar)
- Axis
- HDD

Als geschikte sleufloze techniek voor de aanleg van huisaansluitingen voor warmteleidingen wordt gekozen voor Easy2Jet en HDD. Met name voor de kortere boringen in de busstructuur lijkt Easy2Jet een goed alternatief.

Technieken zoals Axis en Easy2Jet zijn nog relatief nieuw en worden (nog) niet op grote schaal toegepast. Doordat de behoefte en het toepassingsgebied van sleufloze aanlegmethoden groter wordt, zal ook de technologische ontwikkeling ervan sneller gaan en is de verwachting dat deze methoden meer bereikbaar worden. Sleufloze aanlegmethoden zullen een belangrijke bijdrage leveren aan het aanleggen van warmteleidingen en in de energietransitie.

Bijlagen

- Bijlage 1: Inventarisatie behoeften stakeholders
- Bijlage 2: Mogelijke leidingtracés
- Bijlage 3: Eisen aan sleufloze aanleg
- Bijlage 4: Kwalitatieve waardering technieken op behoeftes en eisen

Bijlage 1: Eisen stakeholders aan sleufloze aanleg warmteleidingen

| Klant (afnemer warmte) |
|-----------------------------|
| Leveringszekerheid |
| Kwaliteit |
| Comfort zoals gewend |
| Mate van keuzevrijheid |
| Kosten acceptabel |
| Aansluitbijdrage |
| Vastrecht |
| Veiligheid |
| Veilig werkend systeem |
| Overlast minimaal |
| Goede uitleg |
| Duur aanleg |
| Geluidshinder |
| Schade tuin / compensatie |
| Schade woning / compensatie |
| Ruimtebeslag installatie |
| Bereikbaarheid woning |

| Netbeheerder |
|--|
| Betrouwbaarheid |
| Leveringszekerheid (veilig en betrouwbaar) |
| Acceptabele levensduur |
| Bepert warmteverlies |
| Beheersbaarheid onderhoud |
| Lokaliseren leiding |
| Bereikbaarheid leidingen |
| Geen schade aan leidingen |
| Controleerbare kwaliteit na aanleg |
| Kosten |
| Acceptabele aanlegkosten |
| Acceptabele exploitatiekosten |
| Minimaal noodzakelijk onderhoud |
| Overlast minimaal |
| Beperte overlast aanleg |
| Beperte overlast onderhoud |
| Uitvoerbaarheid |
| Standaardisatie aansluitoplossing |
| Voldoet aan vigerende wetgeving |
| Direct boren mediumbuis (ipv mantel) |
| Geschikt voor bestaande bouw |

| Aannemer |
|-------------------------------------|
| Veiligheid |
| Medewerkers |
| Omstanders |
| Betrouwbaarheid |
| Kosten |
| Doorlooptijd |
| Kwaliteit |
| Bewezen technieken |
| Standaardiseren technieken |
| Beschadigen K&L / obstakels |
| Beschadigen omgeving |
| Nakomen afspraken door stakeholders |
| Beschikbaarheid |
| (vak)Mensen |
| Materiael |
| Materiaal |
| Bereikbaarheid |
| Voldoende ruimte voor aanleg |
| Voldoende ruimte voor onderhoud |

| Eis aan tracé | Eis aan techniek | Eis aan leiding | Eis aan koppeling |
|--|---|--|---|
| Omschrijving | Omschrijving | Omschrijving | Omschrijving |
| Installatie is bedrijfszeker en weinig onderhoud benodigd Gegarandeerd juiste warmte Goedkoopste tracé in aanleg en onderhoud Veiligheid functioneren systeem Tijdsduur aanleg tracé Mate van schade aan voortuin Mate van schade aan woning Bereikbaarheid door putten in straat/troittoir | Kosten aanleggen huisaansluiting Kosten aanleggen leidingen Tijdsduur aanleg leiding Geluidsniveau aanleg leiding Mate van schade aan tuin / erf Mate van schade aan woning bij binnenkomst Bereikbaarheid woning bij aanleggen leiding | Kwaliteit leiding Diameter leiding Kosten leiding Betrouwbare leiding (kwaliteit) Direct kunnen wegboren leiding ipv mantel | Kwaliteit koppeling Kosten koppeling Betrouwbare koppeling (kwaliteit) Koppelingen meenemen in leiding |
| Goed ontwerp, geen ontoelaatbare materiaalspanningen Tracé is betrouwbaar, kwaliteit meetbaar, weinig onderhoud Lengte en isolatiewaarde van toegepaste leidingen Bereikbaarheid leidingen Goede registratie, verklikkerband aanwezig Goede bereikbaarheid leidingen Bereikbaarheid leidingen voor controle Kosten tracé Kosten exploitatie Onderhoudskosten tracé Overlast in straat / troittoir / tuinen Bereikbaarheid van leiding / putten Voldoet aan wet- en regelgeving Tracé toe te passen bij bestaande bouw | Kans op schade aan leidingsysteem Diepte aanleg leidingen Nauwkeurigheids boren / leggen leidingen Diepte aanleg leidingen Schade aan leiding bij wegboren / intrekken Bereikbaarheid leidingen voor controle Kosten boren leiding Overlast door aanleg leiding Direct kunnen boren van leiding (ipv mantel) Techniek toe te passen bij bestaande bouw | Kwaliteit leiding Kwaliteit leiding Warmteverlies leiding Kosten leiding Levensduur leiding Onderhoud leiding Direct kunnen wegboren warmteleiding | Kwaliteit koppeling Kwaliteit koppeling Warmteverlies koppeling Bereikbaarheid koppeling Kosten koppeling Levensduur koppeling Onderhoud koppeling Koppeling meenemen in leiding |
| Interactie met omstanders door tracé Kans op beschadigen K&L door tracé Schade aan omgeving door aanleg put/leiding Bereikbaarheid locaties; afhankelijkheid Ruimtebeslag tracé Mogelijkheden tot onderhoud | Veiilige techniek Kosten techniek Doorlooptijd leggen / boren leiding Voldoen aan eisen (nauwkeurigheids) Bewezen techniek (ervaring) Ontwijken K&L / obstakels Schade aan omgeving bij leggen / boren Beschikbare (onder)aannemers Beschikbare (onder)aannemers Ruimtebeslag opstelling | Kwaliteit leiding bij wegboren Kwetsbaarheid leiding bij obstakels Snelle beschikbaarheid leiding | Kwaliteit koppeling bij aanleg Snelle beschikbaarheid koppeling |

Bijlage 2: Mogelijke leidingtracés voor warmteleidingen (distributie en huisaansluitingen)

| Tracé | Traject | Putten distributie | Diepte distributie | Putten huisaansluiting | Diepte huisaansl. | Aftakking naar woning | Type koppeling | Kansen voor sleufloos | Voordeel | Nadeel |
|------------------------------|---------------------|---|--------------------|--|-------------------|---|---|---|--|---|
| Straat 1 bus structuur | Onder de straat | Per woning put in straat | 100 - 120 cm | Per woning put voor gevel of onder woning | 70-100 cm | T-stuk onder straat per huisaansluiting een t-stuk Of T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Kopie van huidige aanleg in open ontgraving. Sleufloos hier doorgaans duurder. Geen duidelijk voordeel sleufloos (geen verstoring tuinen?) | Minder inmenging in privé eigendom Weinig last K&L in straat Meeste obstakels in kaart | Hinder straat voor maken T-stuk Grote kans op obstakels, vrij tracé nodig Hinder voortuin / voetpad voor aansluiting naar woning Relatief lange huisaansluiting Per huisaansluiting put in straat maken |
| Straat 2 ster structuur | Onder de straat | Per groep woningen 1 put in straat | 100 - 120 cm | Per woning put voor gevel of onder woning | 70-100 cm | Node netwerk: vanuit 1 positie naar de woningen Of T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Sleufloos naar 1 put mogelijk goedkoper dan apart naar elke woning graven. Onderzoek naar stuurbare sleufloze huisaansluiting en veel aftakken bij elkaar op distributieleiding | Minder inmenging in privé eigendom Slechts 1 put per straat / groep woningen Weinig last K&L in straat Meeste obstakels in kaart | Hinder straat voor maken T-stuk Grote kans op obstakels, vrij tracé nodig Hinder voortuin / voetpad voor aansluiting naar woning Per huisaansluiting put in straat maken Relatief lange huisaansluiting Mogelijk verzwakken leiding door meerdere aftakkingen op 1 positie |
| Troittoir bus structuur | Onder het looppad | Per woning put in troittoir | 100 - 120 cm | Per woning put voor gevel of onder woning | 70-100 cm | T-stuk onder looppad Of T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Onduidelijk waar sleufloos hier voordelen biedt t.o.v. open sleuf | Geen hinder doorgaande weg Meeste obstakels in kaart | Hinder looppad Hinder voortuin / voetpad voor aansluiting naar woning |
| Voortuin bus structuur | Onder de voortuin | Per groep woningen 2 putten in zijstraat of voortuin (2x groot) | 100 - 120 cm | Per woning put voor gevel of onder woning | 70-100 cm | T-stuk onder voortuin ca. 2 mtr. Uit gevel Of T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Aanleg door tuinen in open ontgraving geen optie. Wegen kortere aansluitleiding op tegen meerkosten? Onderzoek naar sleufloze aanleg distributieleid. met techniek die kuisplengte minimaliseert (=korte buis) | Minder hinder doorgaande weg door minder putten (2 per groep woningen) Minimale lengte voor huisaansluiting Minder kans op obstakels Mogelijkheid tot put in voortuin ipv weg | Opbreken voortuin Reparaties vanuit voortuin Mogelijk discussie rond zakelijk recht Bomen mogelijk obstakel Putten vanuit zijstraat; weinig ruimte/flexibiliteit Obstakels niet in kaart Kruisende K&L |
| Woning | Onder de woning | Per rij woningen 2 putten aan weerszijde | 100 - 120 cm | Per woning onder de woning (kruipruimte) | 70-100 cm | T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Aanleg onder woningen in open ontgraving geen optie. Wegen kortere aansluitleiding op tegen meerkosten? Onderzoek naar sleufloze aanleg distributieleid. met techniek die kuisplengte minimaliseert (=korte buis) | Weinig leiding nodig voor huisaansluiting | Werken in besloten ruimte Risico beschadigen fundatie Risico beschadigen gevel Proefsleuven maken Kruipruimte steeds minder toegankelijk Putten vanuit zijstraat; weinig ruimte/flexibiliteit Kruisende K&L |
| Achtertuintuin bus structuur | Onder de achtertuin | Per rij woningen 2 putten aan weerszijde | 100 - 120 cm | Per woning tot aan de achtergevel of onder woning uitkomen | 70 - 100 cm | T-stuk onder achtertuin ca. 2 mtr. Uit gevel Of T-stuk vanuit kruipruimte | T-stuk achteraf Geïntegreerde koppeling in buis | Aanleg door tuinen in open ontgraving geen optie. Wegen kortere aansluitleiding op tegen meerkosten? Onderzoek naar sleufloze aanleg distributieleid. met techniek die kuisplengte minimaliseert (=korte buis) | Minder hinder doorgaande weg door minder putten (2 per groep woningen) Minimale lengte voor huisaansluiting In achtertuinen doorgaans geen of zeker minder risico op kruisende leidingen | Deels opbreken achtertuin Reparaties vanuit voortuin Mogelijk discussie rond zakelijk recht Bomen mogelijk obstakel Putten vanuit zijstraat; weinig ruimte/flexibiliteit Obstakels niet in kaart |

Bijlage 3: Eisen aan sleufloze aanleg

| | |
|-----------------|--|
| Kostenefficient | Concurrerend met open ontgraving |
| Ontwerpvrijheid | Ruime toepassing van diameters, lengtes en aanlegniveaus |
| Snelheid | Sneller dan open ontgraving |
| Veilig | Voor medewerkers tijdens uitvoering Voor omstanders tijdens uitvoering Voor overige omliggende infra zoals K&L |
| Betrouwbaar | Toepasbaar voor bestaande bouw Mogelijkheid lokaliseren leiding achteraf Mogelijkheid om medium buis direct te boren (ipv mantel) 95% van de leiding kan probleemloos worden aangelegd Geen schade aan leiding Geen schade aan omgeving Controleerbaar (kwaliteit na aanleg) |
| Onderhoudbaar | Bereikbaarheid leiding |
| Diepte | Op geringe diepte boren, boven bestaande K&L |
| Overlast | Zo klein mogelijke put nodig (grootte materieel) |

| | |
|----------------------|--|
| Show stoppers | Groot risico op ondergrondse obstakels |
|----------------------|--|

| | |
|---------------------|--|
| Nice to have | Leidingsysteem vooraf voorzien van t-stukken en aftakleidingen Leiding detecteerbaar vanaf maaiveld Korte doorlooptijd voorbereiding |
|---------------------|--|

Bijlage 4: Kwalitatieve analyse verschillende sleufloze technieken tbv de aanleg van warmteleidingen

| Distributieleidingen | Techniek | | | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|--|--|--|
| | Open sleuf | Open Front / gestuurde avegaar | Gesl. Front / schild | Axis | Raketten | HDD | Frezen/Ploegen | Leidinggoot |
| Beschrijving techniek | | | | | | | | |
| Algemeen | Handmatig of machinaal graven van een sleuf mogelijk met ondersteuning dmv bekisting | Vanuit kuip maken van een pilootboring en vervolgens boren middels open snijkop of boorschild waarbij grond wordt afgevoerd middels een avegaar. Doorpersen van de buis achter snijkop / boorschild met vijzels. | Vanuit kuip lasergestuurd boren middels gesloten boorschild waarbij grond wordt afgevoerd door de buis. Doorpersen van de buis achter het boorschild met vijzels. | Vanuit kuip lasergestuurd boren middels open snijkop of boorschild waarbij grond wordt afgevoerd middels een vacuumpomp door de casingbuis. Doorpersen van de buis achter snijkop / boorschild met rack/pinion systeem. | Met behulp van perslucht een buis door de grond rammen vanuit een kuip of ontgraving. | Vanaf maaiveld boren van een pilootstang, in 1 of meer fasen ruimen van het boorgat en trekken van de productbuis. | Met behulp van een snijmes trekken van een voor waarbij de productbuis vanaf maaiveld achter het mes wordt meegetrokken. | Prefab goot tbv diverse kabels en/of leidingen die op diverse manieren kan worden aangebracht (leggen / persen). |
| Vertrek / ontvangst (binnen)Diameterbereik (mm) | Ontgraving 100-2000 | Kuip / ontgraving 100-2000 | Kuip / ontgraving 400-3000 | Kuip / ontgraving 250-350 | Kuip / ontgraving 100-1500 | Vanaf maaiveld 100-1200 | Vanaf maaiveld 100-300 | Kuip / ontgraving 100-2000 |
| Minimale gronddekking (m) | 0,5 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 0,5 | 0,5 |
| Mogelijke lengte in (m) | onbeperkt | 120 | 1500 | 80 | 60 | 2500 | onbeperkt | onbeperkt |
| Inwendige afmetingen pers (min. mxm) | nvt | 2 x 3 | 4 x 3 | 2 x 3 | 5 x 1 | 1 x 1 | nvt | nvt |
| Inwendige afmetingen ontvangst (min. mxm) | nvt | 1 x 1 | 3 x 2 | 2 x 3 | 1 x 1 | 1 x 1 | nvt | nvt |
| Steunvloeistof nodig | Nee | Nee | Soms | Nee | Nee | Ja | Nee | Nee |
| Kosten | | | | | | | | |
| Afzetting | -- | + | 0 | 0 | + | ++ | -- | -- |
| Materiaal | ++ | ++ | - | ++ | ++ | ++ | ++ | -- |
| Materieel | + | 0 | -- | - | + | - | - | + |
| Boren / persen (incl. mogelijke kuipen) | | 0 | -- | - | ++ | + | ++ | |
| Graven | -- | | | | | | | -- |
| Herstel infrastructuur | -- | 0 | 0 | 0 | + | + | -- | -- |
| Herstel nazakking | -- | + | 0 | + | + | + | - | -- |
| Monteren | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| Isoleren | 0 | + | + | + | 0 | + | 0 | + |
| Opmerking | Bij variabele diepte nemen de kosten snel toe | | | | | | | |
| Ontwerp(vrijheid) | | | | | | | | |
| Diepte | + | + | - | + | - | -- | + | + |
| Lengte (lang) | ++ | 0 | + | 0 | -- | ++ | ++ | ++ |
| Lengte (kort) | ++ | ++ | 0 | ++ | ++ | -- | -- | 0 |
| Diameter | ++ | + | 0 | 0 | 0 | ++ | ++ | + |
| Temperatuur | | | | | | | | |
| Materiaal | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| Bocht boren | ++ | - | - | - | -- | + | + | + |
| Grondslag | -- | + | ++ | + | 0 | 0 | 0 | - |
| Grondwaterstand | - | - | + | 0 | -- | ++ | - | - |
| Opmerking | | | | | | | | |
| Overlast | | | | | | | | |
| Snelheid | -- | ++ | - | ++ | + | ++ | ++ | -- |
| Geluid | - | + | - | + | -- | + | - | - |
| Ruimtebeslag | -- | + | - | + | + | + | - | -- |
| Trillingen | - | + | + | + | - | + | - | - |
| Zetting / zakking | -- | + | + | + | - | + | 0 | -- |
| Graafschade | -- | 0 | - | 0 | + | 0 | - | -- |
| Opmerking | | | | | | | | |
| Kwaliteit | | | | | | | | |
| Buisverbinding | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Buisbelasting aanleg | ++ | + | + | + | - | 0 | - | ++ |
| Buisbelasting gebruik | ++ | + | + | + | + | + | + | ++ |
| Levensduur | ++ | + | + | + | + | + | + | + |
| Nauwkeurigheid | ++ | + | + | + | - | + | + | ++ |
| Onderhoudbaarheid | + | + | + | + | + | - | + | ++ |
| Opmerking | | | | | | | | |
| Milieu | | | | | | | | |
| Energieverbruik | -- | + | -- | + | + | - | - | - |
| Stikstof uitstoot | -- | + | -- | + | + | - | - | - |
| Waterverbruik | - | + | - | + | + | - | + | - |
| Opmerking | | | | | | | | |
| Toepasbaarheid Tracé | | | | | | | | |
| Straat busstructuur | ++ | + | -- | + | - | -- | - | ++ |
| Straat sterstructuur | ++ | + | - | + | - | + | 0 | + |
| Onder troittoir | ++ | + | -- | + | - | -- | - | ++ |
| Onder voortuin | ++ | + | -- | + | - | -- | - | ++ |
| Onder woning | -- | + | -- | + | - | -- | -- | -- |
| Opmerking | | | | | | | | |

++ zeer gunstig
 + gunstig
 0 gemiddeld
 - ongunstig
 -- zeer ongunstig

Bijlage 4: Kwalitatieve analyse verschillende sleufloze technieken tbv de aanleg van warmteleidingen

Huisaansluitingen

| Beschrijving techniek | Techniek | | | | | |
|---|--|---|--|--|--|--|
| | Open sleuf | Raketten | Easy2let | HDD | Frezen/Ploegen | Leidinggoot |
| Algemeen Vertrek / ontvangst (binnen)Diameterbereik in mm Minimale gronddekking in m Mogelijke lengte in m Inwendige afmetingen pers mxm Inwendige afmetingen ontvangst mxm Steunvloeistof nodig | Handmatig of machinaal graven van een sleuf mogelijk met ondersteuning dmv bekisting | Met behulp van perslucht een buis door de grond rammen vanuit een kuip of ontgraving. | Vanuit put / ontgraving horizontaal wegboren van een boorbuis, boorgat ruimen en daarna trekken van de productbuis | Vanaf maaiveld boren van een pilootstang, in 1 of meer fasen ruimen van het boorgat en trekken van de productbuis. | Met behulp van een slijmes trekken van een voor waarbij de productbuis vanaf maaiveld achter het mes wordt meegetrokken. | Prefab goot tbv diverse kabels en/of leidingen die op diverse manieren kan worden aangebracht (leggen / persen). |
| | Ontgraving 100-2000 0,5 m onbeperkt nvt nvt Nee | Kuip / ongraving 100-1500 1 60 5 x 1 1 x 1 Nee | Ontgraving 40 - 110 0,8 30 1 x 1,5 1 x 1 Ja | Vanaf maaiveld 100-1200 4 2500 1 x 1 1 x 1 Ja | Vanaf maaiveld 100-300 0,5 onbeperkt nvt nvt Nee | Kuip / ontgraving 100-2000 0,5 onbeperkt nvt nvt Nee |
| Kosten | | | | | | |
| Afzetting | - | 0 | ++ | + | - | -- |
| Materiaal | | | | | | |
| Materieel | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | -- |
| Boren / persen | | | | | | |
| Graven | -- | ++ | ++ | - | - | -- |
| Herstel infrastructuur | | | | | | |
| Herstel nazakking | -- | ++ | ++ | + | ++ | -- |
| Monteren | | | | | | |
| Isoleren | -- | 0 | 0 | | | |
| <i>Opmerking</i> | + | | | | | |
| Ontwerp(vrijheid) | | | | | | |
| Diepte | + | - | + | -- | + | + |
| Lengte lang | | | | | | |
| Lengte kort | ++ | -- | - | ++ | ++ | ++ |
| Diameter | | | | | | |
| Temperatuur | | | | | | |
| Materiaal | ++ | 0 | 0 | 0 | 0 | + |
| Bocht boren | | | | | | |
| Grondslag | ++ | -- | + | + | + | + |
| Grondwaterstand | | | | | | |
| <i>Opmerking</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Overlast | | | | | | |
| Snelheid | -- | + | + | ++ | ++ | -- |
| Geluid | | | | | | |
| Ruimtebeslag | - | -- | ++ | + | - | - |
| Trillingen | | | | | | |
| Zetting / zakking | -- | + | ++ | + | - | -- |
| Graafschade | | | | | | |
| <i>Opmerking</i> | | | | | | |
| Kwaliteit | | | | | | |
| Buisverbinding | + | + | + | + | + | + |
| Buisbelasting aanleg | | | | | | |
| Buisbelasting gebruik | ++ | - | 0 | 0 | - | ++ |
| Levensduur | | | | | | |
| Nauwkeurigheid | ++ | + | + | + | + | ++ |
| Onderhoudbaarheid | | | | | | |
| <i>Opmerking</i> | | | | | | |
| Milieu | | | | | | |
| Energieverbruik | -- | + | ++ | - | - | - |
| Stikstof uitstoot | | | | | | |
| Waterverbruik | -- | + | ++ | - | - | - |
| <i>Opmerking</i> | | | | | | |
| Toepasbaarheid Tracé | | | | | | |
| Straat busstructuur | ++ | + | ++ | + | - | ++ |
| Straat sterstructuur | | | | | | |
| Onder troitair | ++ | - | 0 | + | 0 | 0 |
| Onder voortuin | | | | | | |
| Onder woning | -- | - | -- | | | -- |
| <i>Opmerking</i> | | | | | | |

++ zeer gunstig
 + gunstig
 0 gemiddeld
 - ongunstig
 -- zeer ongunstig

Niets van dit rapport en/of ontwerp mag worden vermenigvuldigd, openbaar gemaakt en/of overhandigd aan derden, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de samensteller.