

KADEVERBETERING WHEREDIJK

Verkenning mogelijke oplossingsrichtingen



Ref.: NL202000324.021
Versie Definitief
24 mei 2020

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

Contactpersoon Projectteam Wheredijk
Adres Stationsplein 136
 1703 WC Heerhugowaard

RPS advies- en ingenieursbureau bv

Auteur Dennis Hordijk
Projectmanager Dennis Hordijk
Gecontroleerd door Jeroen van Mechelen
Projectreferentie NL202000324.021
Versie Definitief

Versie	Omschrijving	Datum
1.0	Concept	14-04-2020
2.0	Definitief	26-04-2020
3.0	Definitief	24-05-2020

Dit rapport is vertrouwelijk. Geen enkel deel van dit rapport mag aan derden openbaar worden gemaakt zonder schriftelijke toestemming van RPS advies- en ingenieursbureau bv of van de opdrachtgever. Alleen aan het originele complete rapport kunnen rechten worden ontleend. Dit rapport mag **UITSLUITEND** in zijn geheel worden gereproduceerd.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
1.1	Achtergrond.....	4
1.2	Doel rapportage.....	5
1.3	Leeswijzer	5
2	INVENTARISATIE OPLOSSINGSRICHTINGEN	6
2.1	Oplossingsrichtingen vanuit waterveiligheid	6
2.2	Oplossingsrichtingen voor vervanging stadsverwarming.....	8
2.3	Variant bewonersvereniging.....	9
2.3.1	Dijkversterkingstechnologieën	11
2.3.2	Kabelgoot	11
2.3.3	Inrichting van het ontwerp	11
2.4	Gecombineerde oplossingsrichtingen	12
3	SELECTIE TECHNISCH HAALBARE OPLOSSINGSRICHTINGEN	13
3.1	Geotechnische haalbaarheid	13
3.2	Inpasbaarheid stadsverwarming	13
3.3	Selectie technisch haalbare oplossingsrichtingen	16
4	NADERE VERKENNING RESTERENDE OPLOSSINGSRICHTINGEN	18
4.1	Relatieve kosteninschatting oplossingsrichtingen.....	18
4.2	Vervolgproces	18

BIJLAGEN

1. Geotechnische haalbaarheid kansrijke oplossingsrichtingen
2. Impactanalyse stadsverwarming op de waterveiligheid
3. Kostenvergelijking kansrijke oplossingsrichtingen
4. Voor- en nadelen oplossingsrichtingen Wheredijk

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is beheerder van ruim 1000 kilometer boezemkades. Deze boezemkades beschermen lager gelegen delen tegen overstromingen. Om het veiligheidsniveau van deze boezemwaterkeringen te kunnen waarborgen, dienen de boezemkades periodiek aan een door de provincie vastgestelde norm te worden getoetst. Bij de in 2016 uitgevoerde toetsing van de Wheredijk is gebleken dat de stabiliteit van het binnentalud van deze waterkering onvoldoende is. Momenteel worden voorbereidingen getroffen voor de benodigde verbetermaatregelen. Een integraal ontwerp, waarbij niet alleen de waterveiligheid maar eveneens de overige aanwezige functies integraal worden beschouwd, is hierbij het uitgangspunt. De stedelijke ligging, het maatschappelijk belang en de vele belanghebbenden, maken de verbetering van de Wheredijk tot een complexe opgave.

De Wheredijk ligt aan de Where en vormt de zuidelijke rand van woonwijk de Wheermolen. Het traject heeft een lengte van ca. 1200 m. Het binnentalud en de aanwezige steunberm zijn vrij van bebouwing. In de teen van de waterkering is een teensloot aanwezig, welke voor afwatering en waterberging zorgt van de achterliggende woonwijk. Deze grenst ten westen van de Churchilllaan voor een gedeelte direct aan de buitenruimte van woonhuizen. Ten oosten van de Churchilllaan ligt landwaarts van de teensloot een groenstrook. Op de kruin van de waterkering is een doorgaand fietspad aanwezig met een gemiddelde breedte van circa 3,00 m. Het fietspad bestaat uit asfaltverharding. Langs het water liggen over het gehele traject woonboten, waarbij de toegang van de woonboten verloopt via het fietspad op de waterkering. De ruimte tussen de woonboten en het fietspad wordt als buitenruimte gebruikt. In deze zone liggen tevens de leidingen van Stadsverwarming Purmerend. Ten westen van de Churchilllaan zijn deze enkele jaren geleden vervangen; aan de oostelijke zijde dient de vervanging nog plaats te vinden. HHNK heeft in overleg met Stadsverwarming Purmerend besloten om deze werkzaamheden te combineren met de kadeverbetering. Op grond van de gecombineerde opgave wordt in de voorbereiding van de dijkversterking onderscheid gemaakt in twee deeltrajecten **WEST** en **OOST**.



Figuur 1.1: ligging kadetraject Wheredijk

1.2 Doel rapportage

Een eerste stap in de voorbereidingsfase betreft de inventarisatie van kansrijke oplossingsrichtingen voor de verbeteropgave. Op basis van deze oplossingsrichtingen wordt uiteindelijk in nauw overleg met belanghebbenden toegewerkt naar een gedragen voorkeursalternatief (VKA). Een inventarisatie van mogelijke oplossingsrichtingen en een nadere selectie op basis van technische haalbaarheid heeft plaatsgevonden in maart 2020. Eén en ander is beschreven in de voorliggende rapportage.

Het doel van deze rapportage is tweeledig:

1. Inzicht geven in het doorlopen proces en de gemaakte keuzes en uitgevoerde onderbouwende analyses om tot de geselecteerde oplossingsrichtingen te komen.
2. Inzicht geven in de globale kosten (benoemde directe bouwkosten) en de belangrijkste voor- en nadelen van de geselecteerde oplossingsrichtingen, zodat mede op basis hiervan verder getrechterd kan worden naar de meest kansrijke oplossingsrichtingen.

1.3 Leeswijzer

Allereerst beschrijft hoofdstuk 2 de geïnventariseerde oplossingsrichtingen vanuit waterveiligheid en de opgave van Stadsverwarming Purmerend. Vervolgens behandelt hoofdstuk 3 de belangrijkste conclusies van de uitgevoerde rekenkundige analyses om de technische haalbaarheid van de in hoofdstuk 2 beschreven oplossingsrichtingen te onderbouwen. Dit hoofdstuk eindigt met een nadere selectie van technisch haalbare oplossingsrichtingen. De geselecteerde oplossingsrichtingen zijn aansluitend nader beschouwd in hoofdstuk 4. Hierbij is per oplossingsrichting inzicht gegeven in de globale kosten en de belangrijkste voor- en nadelen.

2 INVENTARISATIE OPLOSSINGSRICHTINGEN

De primaire doelstelling en de reden voor de verbeteropgave is dat de Wheredijk na uitvoering van de maatregelen weer aan de waterveiligheidsnorm voldoet. Echter naast het waterveiligheidsprobleem spelen er eveneens andere problemen. Op het oostelijke traject is de aanwezige stadsverwarming aan vervanging toe. De beoordeling van de leiding door stadsverwarming is uitgevoerd in "Nader onderzoek stadsverwarmingsleiding t.b.v. woonarken Whereijk, Fugro 11 januari 2010, nr 1209-0072-001" i.o.v. Stadsverwarming Purmerend B.V. De leiding is sterk verouderd en vormt door lekkages een risico. De verlegging en/of vernieuwing van overige kabels en leidingen kunnen mogelijk als meekopelkans meeliften. Daarnaast zorgt de combinatie van het smalle (brom)fietspad en de direct aangrenzende ligging van de als buitenruimte gebruikte zone voor een onveilige verkeerssituatie.

Er is gekozen voor een integrale benadering van de opgave, waarbij in ieder geval invulling wordt gegeven aan de hoofdfunctie waterveiligheid inclusief de vervangingsopgave van Stadsverwarming, maar indien haalbaar eveneens de functies vervoer en verkeersveiligheid wordt opgelost en verlegging van overige kabels en leidingen gecombineerd plaatsvindt. Hiertoe zijn allereerst de oplossingsrichtingen vanuit waterveiligheid, zowel met en zonder combinatie van verbetering van de verkeersveiligheid, geïntroduceerd (paragraaf 2.1). Daarnaast zijn voor Stadsverwarming Purmerend de mogelijke locaties voor de vervangingsopgave van haar leidingen in beeld gebracht (paragraaf 2.2). De bewonersvereniging van de woonarken heeft eveneens haar visie op het ontwerp ingebracht (paragraaf 2.3). Dit alles tezamen heeft geresulteerd in een selectie van oplossingsrichtingen (paragraaf 2.4).

2.1 Oplossingsrichtingen vanuit waterveiligheid

De dijk moet versterkt worden op het faalspoor macrostabiliteit van het binnentalud. Volgens het beleid en de richtlijnen van HHNK bestaat de voorkeursoplossing voor een boezemkade uit een oplossing in grond. Dit vormt voor het ontwerp de basis van de op te stellen varianten. Al hoewel in de huidige situatie er een fiets/bromfietspad aanwezig is past een fietspad beter bij de aanwezige situatie. In de oplossingsrichtingen is voorlopig uitgegaan dat het huidige fiets/bromfietspad wordt aangepast naar een fietspad. Hiervoor is een verkeersbesluit nodig. Dit wordt opgepakt door de wegbeheerder van HHNK. Aan de oostzijde is het vervangen van de stadsverwarming onderdeel van de scope van dit project. Nadere analyse van inpasbaarheid van de stadsverwarming aan de oostzijde is toegelicht in paragraaf 2.2

Bij de Wheredijk zijn er nog andere functies aanwezig op de dijk die in het ontwerp ingepast moeten worden, zoals het fietspad, kabels en leidingen en gebruik van de kering door de woonark bewoners. Voor de Wheredijk in zijn geheel zijn de volgende oplossingsrichtingen aanwezig voor het verbeteren van de dijk op waterveiligheid:

1. **Grondaanvulling:** versterken door aanbrengen steunberm in de binnenberm eventueel gecombineerd met een teenslootverplaatsing.
2. **Grondaanvulling plus:**
 - a. versterken door aanbrengen steunberm in de binnenberm plus grondverbetering bij de insteek teensloot plus aanbrengen schoeiing.
 - b. versterken door aanbrengen grond plus een stabiliteitsscherm bij de insteek van de teensloot.
3. **Waterkerende constructie:** een zelfstandige waterkerende constructie in de kruin van de dijk.
4. **Buitenwaarts versterken** door ophogen van het buitentalud in combinatie met het plaatsen van een constructie buitenwaarts en te ontwerpen op restbreedte voor binnenwaartse macrostabiliteit.

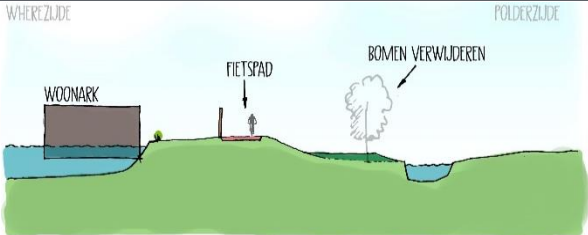
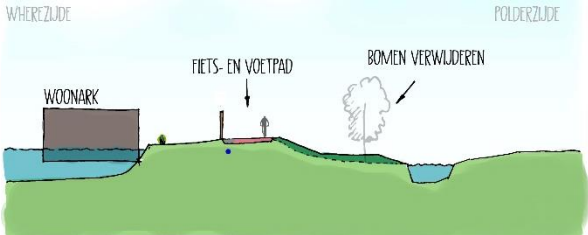
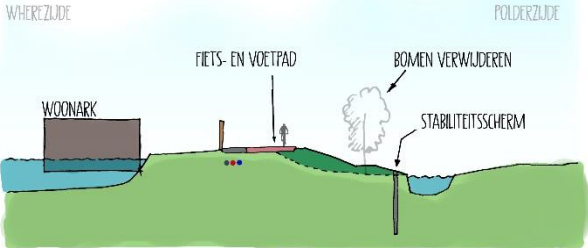
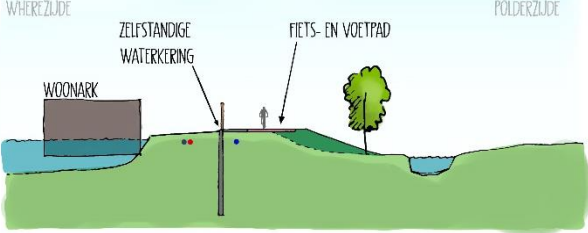
In de huidige situatie is er een fiets/bromfietspad op de kruin aanwezig. Het huidige fiets/bromfietspad voldoet niet aan de gestelde normen en richtlijnen. Daarnaast wordt het eveneens (veelvuldig) gebruikt door

voetganger en auto's. Direct langs het fietspad is de buitenruimte aanwezig waardoor een onoverzichtelijke situatie ontstaat. De toegang tot de woonarken is eveneens via het fietspad geregeld. Dit alles tezamen zorgt voor een zeer onveilige verkeerssituatie. In de oplossingsrichtingen zijn onderstaande varianten voor de verkeerssituatie meegenomen:

- Handhaven huidig fietspad.
- Fietspad in combinatie met een voetpad.

Bovenstaande mogelijkheden zijn geïnventariseerd en samengevoegd. De visualisatie hiervan en de toelichting is weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1: Visualisatie en toelichting oplossingsrichtingen voor de dijkversterking en de herinrichting van de kruin.

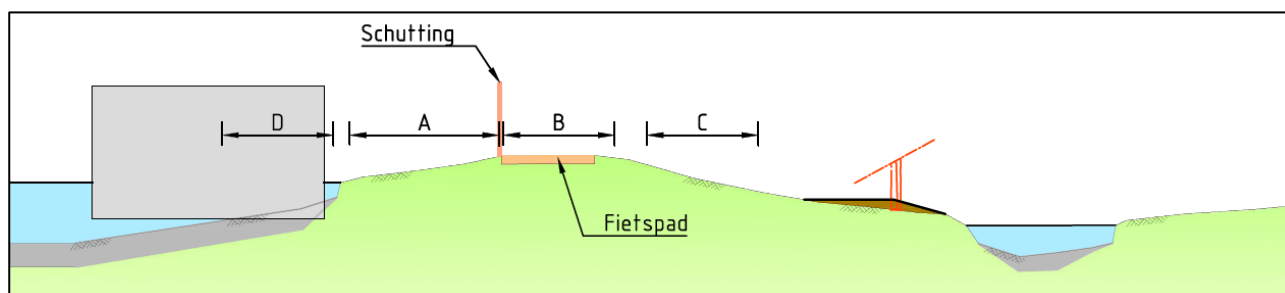
Visualisatie oplossingsrichting	Toelichting
1.1 Grondoplossing	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het aanbrengen van een relatief kleine grondaanvulling aan de polderzijde met een grondverbetering en een houten beschoeiing bij de insteek van de teensloot. De huidige inrichting van de kruin blijft gehandhaafd.</p>
1.2 Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het aanbrengen van een grondaanvulling aan de polderzijde van de kruin met een grondverbetering en een houten beschoeiing bij de insteek van de teensloot. De kruin wordt verbreed ten behoeve van het creëren van een beperkte leidingtracé tussen de schutting en het fietspad. Op de kruin wordt een smal voetpad en fietspad aangelegd.</p>
2. Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd voor het realiseren van integraal kabels en leidingen tracé door het aanbrengen van een grondaanvulling plus een stabiliteitsscherm (damwand) nabij de binnentoe van de dijk. Op de kruin wordt een voetpad en fietspad aangelegd.</p>
3. Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het plaatsen van een vervangende waterkering (constructie zijnde een stalen damwand) in de kruin plus een verbreding van de kruin door een grondaanvulling voor het verleggen en verbreden van het fietspad met een voetpad.</p>

Visualisatie oplossingsrichting	Toelichting
4. Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het aanbrengen van een grondaanvulling plus een stabiliteitsscherm (damwand). Het fietspad wordt van de kruin naar de berm verplaatst en het huidige fietspad op de kruin wordt vervangen door een voetpad. Kabels en leidingen worden onder de buitenruimte gesitueerd.</p>
5. Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het aanbrengen van een grondaanvulling aan de Wherezijde in combinatie met een nieuwe oeverconstructie. De kruin wordt heringericht om ruimte te creëren voor een breder fietspad met een voetpad.</p>
6. Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd door het aanbrengen van een grondaanvulling aan de polderzijde. Op de kruin wordt hierdoor ruimte gemaakt voor een beperkte kabels en leidingen tracé. Om de benodigde ruimte te creëren worden de schuttingen richting de woonarken verplaatst. Op de kruin wordt een smal voetpad en fietspad aangelegd.</p>
7. Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	
	<p>Bij deze oplossingsrichting wordt de dijk verbeterd voor het realiseren van een integraal kabels en leidingen tracé door het aanbrengen van een grondaanvulling met verplaatsing van de teensloot waardoor er geen grondverbetering en schoeiing en/of stabiliteitsscherm benodigd is. Op de kruin wordt een voetpad en fietspad aangelegd.</p>

2.2 Oplossingsrichtingen voor vervanging stadsverwarming

Stadsverwarming Purmerend heeft voor de locatie van de nieuwe leidingen in eerste instantie vier opties (mogelijke locaties in het dwarsprofiel van de waterkering) aangedragen, zie figuur 2.1:

- A) Vervanging van de leidingen op de huidige locatie binnen het oppervlak voor privaatrechtelijk gebruik van de woonarkbewoners.
- B) Aanbrengen van nieuwe leidingen in de kruin van de waterkering.
- C) Aanbrengen van nieuwe leidingen in het binnentalud van de waterkering.
- D) Aanbrengen van nieuwe leidingen in het boezemwater net naast of onder de woonarken.



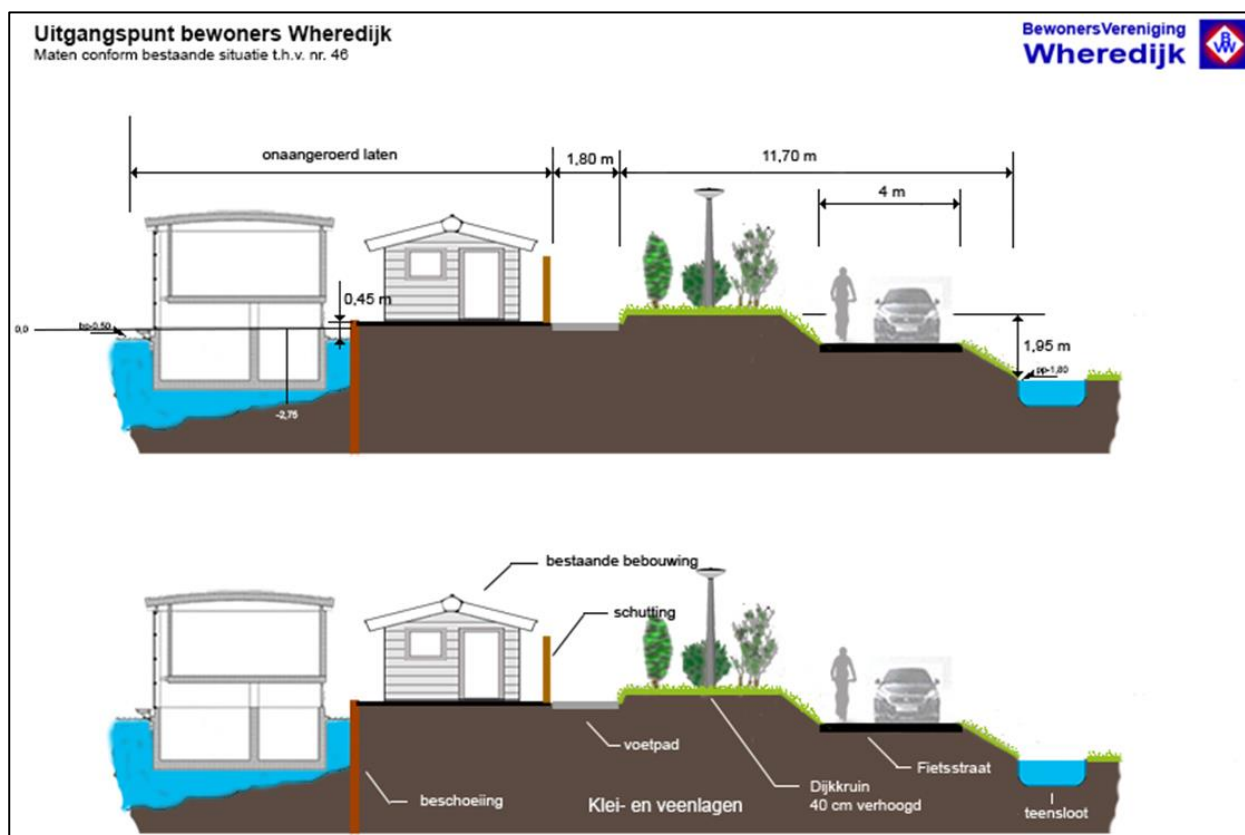
Figuur 2.1: Aangedragen mogelijke locaties voor nieuwe stadsverwarming

De vier opties zijn in een gezamenlijke ontwerpessie op 5 maart jl. met het projectteam Wheredijk van HHNK en Stadsverwarming nader beschouwd. Hierbij is geconcludeerd dat de locaties C en D niet mogelijk zijn. Bij plaatsing van de stadsverwarming op locatie C is de waterveiligheid niet geborgd, daarnaast is de afstand tussen de leiding en de woonarken te groot. Dit zorgt voor een groot warmteverlies en brengt daarnaast het risico op lekkage langs de leiding door de dijk met zich mee. Locatie D is als onmogelijk bestempeld, op deze locatie (in het water) is het warmteverlies te groot en zijn de leidingen niet onderhoudbaar.

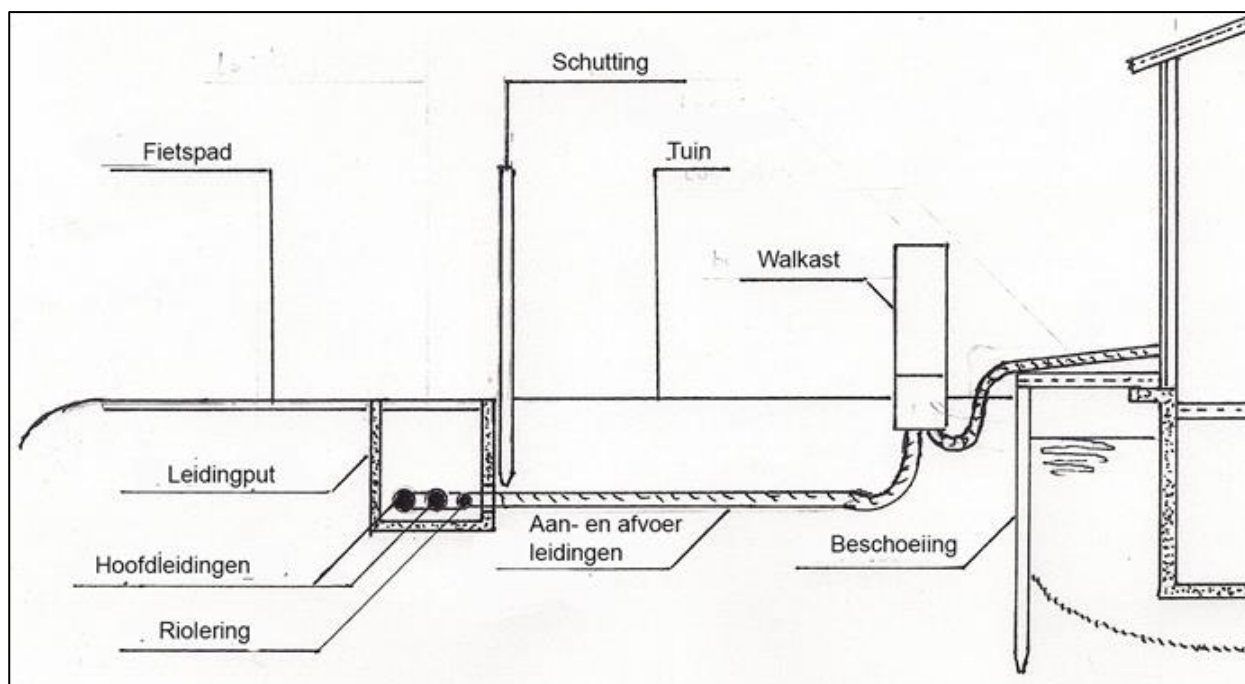
In bijlage 4 is aangegeven hoe breed de zone is waarbinnen de leiding kan worden gesitueerd ten opzichte van de impact op de waterveiligheid. Op basis van de analyse in bijlage 4 is te concluderen dat hoge druk leidingen in de huidige situatie vanuit waterveiligheid alleen zijn toegestaan in zone A. Indien binnen een oplossingsrichting de kruin wordt verbreed ontstaat er (beperkte) ruimte om de leiding binnen zone B te situeren.

2.3 Variant bewonersvereniging

De bewonersvereniging van de woonarken heeft eerder in het ontwerpproces een visie op het ontwerp ingebracht, waarbij zij een eindsituatie voor de inrichting van de dijk hebben geschetst. Dit is weergegeven in figuur 2.2. Bij deze schets hebben zij aangegeven dat zij de voorkeur hebben voor een ontwerp waarin vernieuwende dijkversterkingstechnologieën, zoals dijkdeuvels of vernageling wordt toegepast. Voor de vervanging van het warmtenet van stadsverwachting hebben ze actief meegedacht over de ligging van de leiding, wat resulteerde in een voorkeur voor een kabelgoot. De schets van deze kabelgoot is weergegeven in figuur 2.3. In deze paragraaf wordt deze visie specifiek behandeld als ontwerpvariant waarbij wordt ingegaan op drie hoofdonderdelen: dijkversterkingstechnologieën, de kabelgoot en de inrichting van het ontwerp.



Figuur 2.2: Door bewonersvereniging aangedragen variant



Figuur 2.3: Door bewonersvereniging aangedragen variant kabelgoot

2.3.1 Dijkversterkingstechnologieën

Vanuit de bewonersvereniging is aangegeven dat ze graag een variant zien waarin innovatieve dijkversterkingstechnologieën worden toegepast. Hierbij is gesproken over dijkdeuvels of dijkvernageling. Het toepassen van dergelijke innovatieve dijkversterkingstechnologieën wordt in principe alleen uitgevoerd indien er geen oplossing in grond mogelijk is. Vanuit het landelijk beleid en van vanuit het beleid van HHNK heeft een oplossing in grond altijd de voorkeur. Grond wordt namelijk sterker in de tijd, constructieve oplossingen, zoals dijkdeuvels en vernageling worden minder sterk in de tijd. Daarbij zijn het zeer dure oplossingen, zowel om te bouwen als om het goed te beheren en onderhouden. Voor de Wheredijk worden deze oplossingen daarom niet als kansrijk gezien. Hieronder volgt puntsgewijs een opsomming van de redenen waarom dit alternatief afvalt:

- Door HHNK beleid wordt voorgeschreven versterkingsoplossing zoveel als mogelijke in grond uit te voeren.
- Een versterkingsoplossing in grond is in de toekomst uitbreidbaar.
- Een versterkingsoplossing in grond is technisch goed uitvoerbaar.
- Het aanbrengen van dijkdeuvels en dijknagels brengt risico's met zich mee voor objecten zoals kabels en leidingen.
- Het aanbrengen van dijkdeuvels en dijknagels vormen een belemmering voor toekomstige inpassing en aanpassingen aan kabels en leidingen en objecten op de dijk.
- Het aanbrengen van dijkdeuvels en dijknagels vormt een belemmering voor toekomstige uitbreidingen van de dijk.
- De kosten van deze maatregelen staan niet in verhouding staan met de feitelijke versterkingsopgave.

2.3.2 Kabelgoot

Het toepassen van een kabelgoot is door Stadsverwarming Purmerend als niet haalbaar aangegeven. Hier liggen voornamelijk technische beperkingen aan ten grondslag. De belangrijkste beperkingen zijn:

- Voor stadsverwarmingsleidingen is een kabelgoot per definitie geen oplossing omdat deze de functie van de benodigde grondwrijving op de leidingen niet kan vervullen. De warmteleiding dient in een zandcunet te liggen boven de grondwaterstand om aan de isolatie-eisen te kunnen voldoen.
- De kabelgoot is een harde constructie, in de ondergrond zijn slappe lagen aanwezig (klei en veen). Een dergelijke constructie dient onderheid te worden om ongelijke zettingen te voorkomen. Ongelijke zettingen kunnen resulteren in klemmende of niet passende afsluitdeksels, schade aan de goot, schade aan de leidingen daarmee eveneens schade aan de dijk en zo een risico vormen.
- Voor het aanbrengen van een kabelgoot moet een relatief grote en lange sleuf worden gegraven. Dit houdt in dat alle obstakels (schuttingen, schuurtjes e.d.) dienen te worden verwijderd.
- De kabelgoot is niet waterdicht te houden, waardoor water in de goot komt te staan, dit is een no-go i.v.m. isolatie-eisen en de kans op schade aan kabels en leidingen door bevriezing. Tevens is dit niet wenselijk in verband met (stank)overlast.
- Het aantal kabels en leidingen dat naast elkaar in een kabelgoot kan liggen is beperkt. Netbeheerders stellen eisen aan onderlinge afstanden tussen kabel en leidingen.
- Doordat de kabels en leidingen beperkte afscherming hebben bestaat de kans op beschadiging, vandalisme en oneigenlijk gebruik.

2.3.3 Inrichting van het ontwerp

Uit de schetsen is af te leiden dat deze variant grote gelijkenis heeft met oplossingsrichting 4 (grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm in tabel 2.1). In deze oplossingsrichting wordt de binnenberm verhoogd en het fietspad verlegd van de kruin naar de binnenberm. De kruin wordt ingericht met een voetpad waar geen verkeer op is toegestaan en een groenzone. De

rps.nl

buitenruimte en woonarken blijven ongewijzigd. In de ontwerpschetsen van de oplossingsrichtingen is de ligging van de huidige van kabels en leidingen en de huisaansluitingen niet opgenomen. Momenteel liggen bijna alle nutsleidingen in de buitenruimte.

Er verzocht om een gescheiden fiets- en voetpad te realiseren. Het scheiden van voetpad en fietspad is meegenomen in oplossingsrichting 4 en daarmee geborgd in het ontwerpproces. Echter in deze oplossing is er geen verkeer mogelijk op de kruin en zijn de arken niet met de auto of de fiets bereikbaar. In de schetsen is een verplaatsing en verhoging van de kruin weergegeven met groen en verlichting. Het verplaatsen, verhogen en verbreden van de kruin vraagt om extra maatregelen. Hoe zwaarder en hoger de kruin van een dijk wordt, des te groter de impact op macrostabiliteit van het binnentalud en des te groter de opgave wordt voor het versterken van het binnentalud. Daarnaast zal gekeken worden naar de landschappelijke inrichting en cultuurhistorische waarde van de Wheredijk en de impact van deze ontwerpvariant hierop.

De voor- en nadelen van oplossingsrichting 4 zijn opgenomen in bijlage 4 en worden meegenomen in de afweging om te komen tot de meest kansrijke alternatieven.

2.4 Gecombineerde oplossingsrichtingen

Tijdens twee ontwerp sessies in maart jl. zijn de genoemde ontwerp oplossingen door het ontwerp team nader beschouwd. Dit heeft geresulteerd in een selectie van oplossingsrichtingen. In tabel 2.2 zijn de oplossingsrichtingen gepresenteerd. Hierbij is onderscheid gemaakt in het oostelijke en westelijke traject en daarnaast is aan de oostzijde onderscheid gemaakt in de locatie de nieuwe leidingen van Stadsverwarming (zone A onder buitenruimte, zone B in kruin).

Tabel 2.2: Selectie integrale oplossingsrichtingen (✓ = geselecteerd, ✗ = afgevalen)

Oplossingsrichting		Traject west	Traject oost A	Traject oost B
1.1	Grondoplossing	✓	✓	✓
1.2	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✓	✓	✓
2	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	✓	✓	✓
3	Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✗	✓	✗
4	Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	✓	✓	✓
5	Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad	✗	✗	✗
6	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	✓	✓	✓
7	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	✗	✓	✓

De **afgevalen** oplossingsrichtingen zijn:

- Oplossingsrichting 3 voor traject **oost** met stadsverwarming op locatie B: niet gewenst in verband met vereiste doorvoeringen van stadsverwarming door de constructie.
- Oplossingsrichting 3 voor traject **west**: niet gewenst in verband met vereiste doorvoering van diverse in de buitenruimte gelegen kabels en leidingen (o.a. waterleiding en middenspanning) door de constructie.
- Oplossingsrichting 5 voor traject **oost**: niet gewenst in verband met het moeten verwijderen, vervangen dan wel verplaatsen van alle aanwezige K&L
- Oplossingsrichting 5 voor traject **west**: niet gewenst in verband met het moeten verwijderen, vervangen dan wel verplaatsen van alle aanwezige K&L.
- Oplossingsrichting 7 voor traject **west**: op een groot deel van het traject is geen ruimte aanwezig voor verplaatsing van de teensloot.

3 SELECTIE TECHNISCH HAALBARE OPLOSSINGSRICHTINGEN

3.1 Geotechnische haalbaarheid

Om de geotechnische haalbaarheid van de in hoofdstuk 2 beschreven oplossingsrichtingen te verifiëren zijn de verschillende oplossingsrichtingen nader beschouwd. Hierbij zijn voor de grondoplossingen verkennende geotechnische ontwerpberekeningen uitgevoerd en voor de constructieve oplossingen dimensies geschat op basis van de ondergrondopbouw en de ontwerpervaringen met vergelijkbare constructies in andere projecten. De gehanteerde uitgangspunten, de doorlopen stappen en uiteindelijke resultaten zijn uitgebreid beschreven in bijlage 1. Op grond van de uitgevoerde berekeningen en analyses blijkt dat alle oplossingsrichtingen technisch inpasbaar zijn.

3.2 Inpasbaarheid stadsverwarming

Een (hoge druk) leiding in de waterkering is een niet-waterkerend object (NWO). Bij het ontwerpen, toetsen en vergunningverlening dient het effect van een NWO op de waterveiligheid te worden beschouwd. In een waterkering aanwezige leidingen hebben over het algemeen een negatieve invloed hebben op de beoordeling van de stabiliteit en de hoogte van de waterkering.. Dit geldt eveneens voor de leidingen van de stadsverwarming. In geval van leidingbreuk kan namelijk een ontgrondingskuil ontstaan door uitstromend water. Om inzicht te krijgen in het effect van een dergelijke calamiteit op de waterveiligheid, is voor de verschillende oplossingsrichtingen het effect van een ontgrondingskuil voor de hoogte en de stabiliteit van zowel het binnen- als het buitentalud globaal in beeld gebracht. Voor de hoogteanalyse is gecontroleerd of er na het ontstaan van een ontgrondingskuil nog voldoende kruinbreedte resteert (minimaal 1,5 m conform de geldende eis). Voor de stabiliteit is het effect berekend op basis van een aangepaste geometrie (met een geschematiseerde ontgrondingskuil in het dijkprofiel).

In de analyse is onderscheid gemaakt tussen het westelijke en het oostelijke traject:

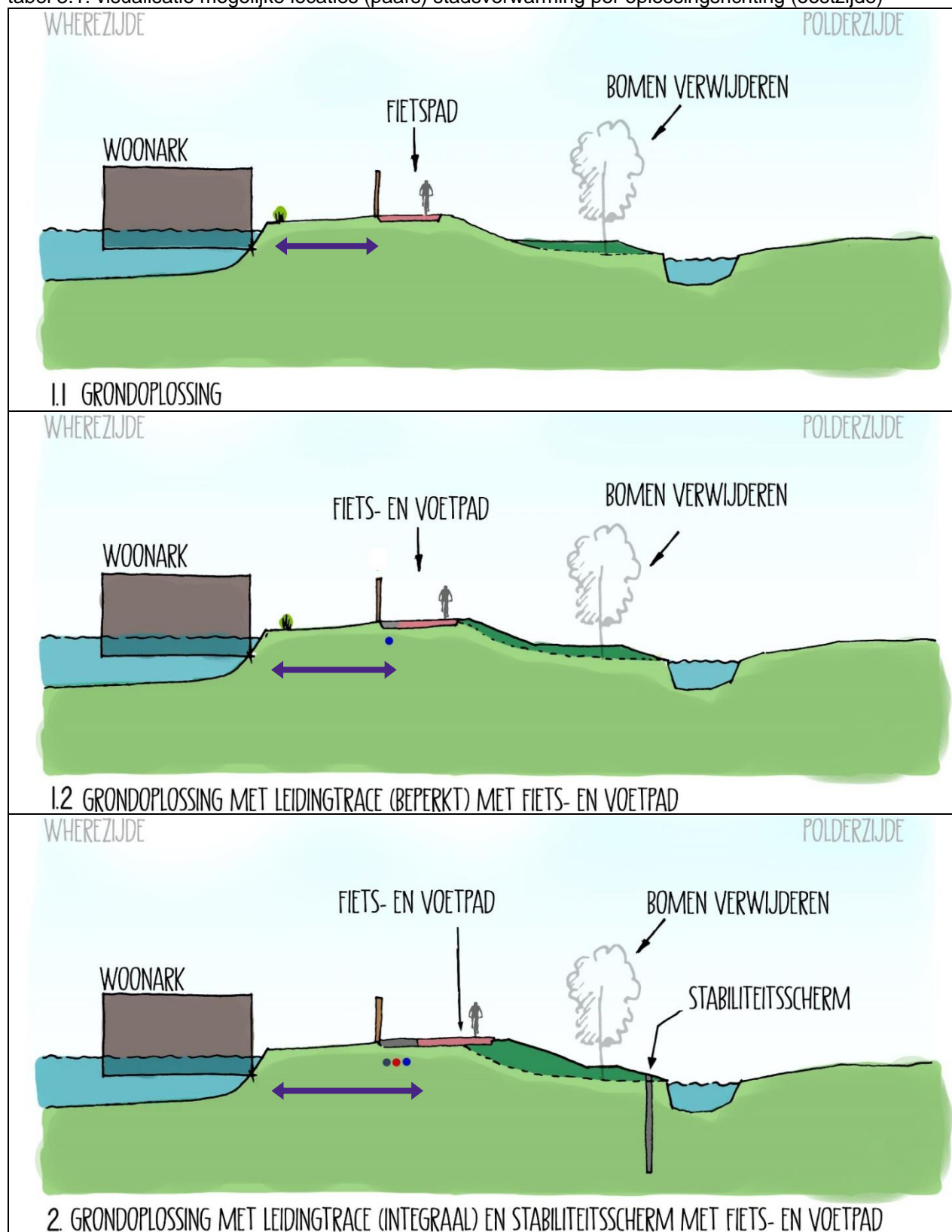
- Voor het westelijke traject is het effect van een ontgrondingskuil ter plaatse van de aanwezige (reeds vervangen) stadsverwarming geanalyseerd.
- Voor het oostelijke traject is het effect van een ontgrondingskuil binnen locaties A en B (uiteraard elk afzonderlijk) geanalyseerd. Hierbij is tevens aangegeven waar de stadsverwarming precies gesitueerd kan worden.

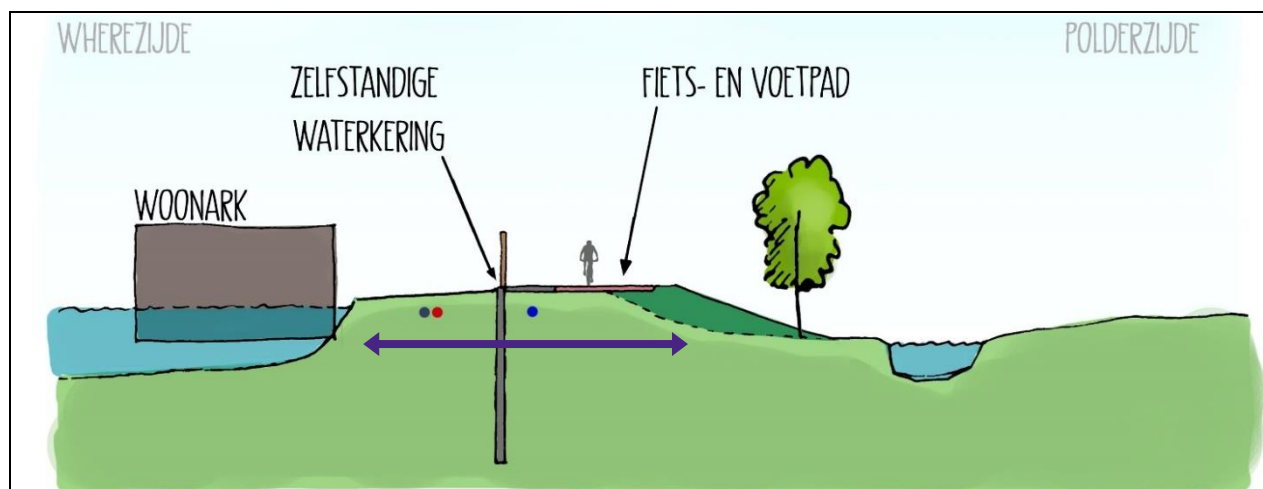
De gehanteerde uitgangspunten, de doorlopen stappen en uiteindelijke resultaten zijn uitgebreid beschreven in bijlage 2.

Op grond van de uitgevoerde berekeningen en analyses gelden de volgende conclusies:

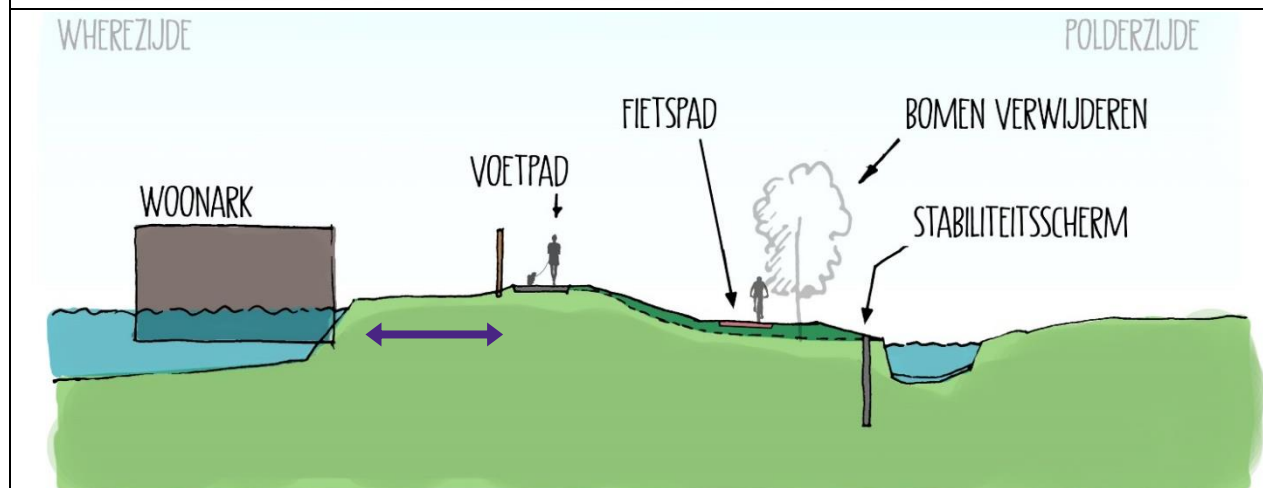
- Stadsverwarming traject **west**: een ontgrondingskuil ter plaatse van de aanwezige stadsverwarming heeft geen ontoelaatbaar negatief effect op de waterveiligheid. De haalbaarheid van de oplossingsrichtingen gegeven de huidige ligging van de stadsverwarming is hiermee aangetoond.
- Stadsverwarming traject **oost** - locatie A: hiervoor gelden dezelfde conclusies als voor het westelijke traject. De inpasbaarheid van de stadsverwarming binnen de verschillende oplossingsrichtingen is hiermee aangetoond.
- Stadsverwarming traject **oost** - locatie B: voor deze locatie gelden op grond van de uitgevoerde analyses beperkingen met betrekking tot de inpasbaarheid van de stadsverwarming binnen de oplossingsrichtingen. De stadsverwarming blijkt inpasbaar binnen oplossingsrichtingen 2, 3 en 7 en slechts beperkt inpasbaar binnen oplossingsrichtingen 1.2 en 6. Eén en ander is gevisualiseerd in de tabel hieronder.

tabel 3.1: visualisatie mogelijke locaties (paars) stadsverwarming per oplossingsrichting (oostzijde)

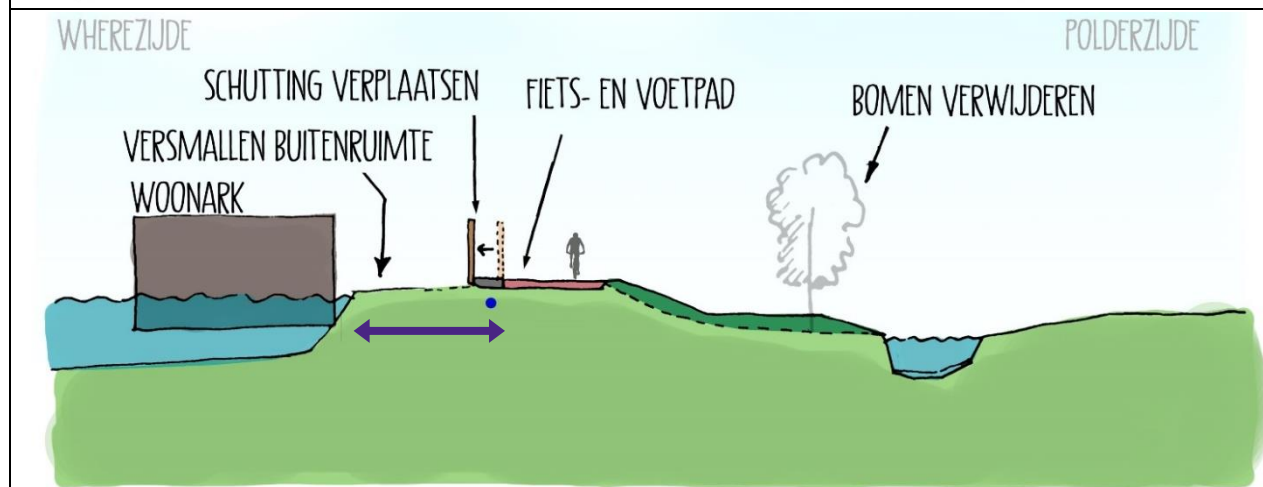




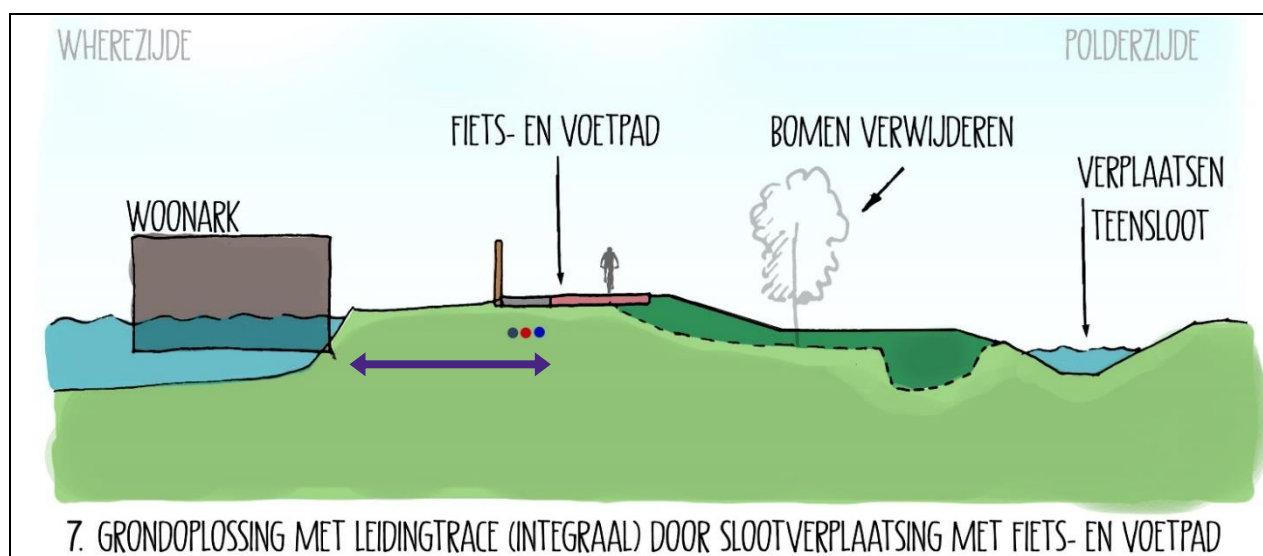
3. ZELFSTANDIGE WATERKERING MET LEIDINGTRACE (BEPERKT) MET FIETS- EN VOETPAD



4. GRONDOPLOSSING ZONDER LEIDINGTRACE MET STABILITEITSSCHERM EN FIETSPAD OP STEUNBERM



6. GRONDOPLOSSING MET LEIDINGTRACE (BEPERKT) IN BUITENRUIMTE MET FIETS- EN VOETPAD



3.3 Selectie technisch haalbare oplossingsrichtingen

Op grond van in de voorgaande twee paragrafen beschreven analyses is de eerdere selectie van integrale oplossingsrichtingen (zoals weergegeven in tabel 2.2) verder aangescherpt. Hierbij is onderscheid gemaakt in het oostelijke en westelijke traject en daarnaast is aan de oostzijde onderscheid gemaakt in de locatie de nieuwe leidingen van Stadsverwarming (zone A onder buitenruimte, zone B in kruin). De aangescherpte selectie is opgenomen in tabel 3.2 (**oost**) en tabel 3.3 (**west**). Oplossingsrichtingen die eerder (conform tabel 2.2) zijn afgefallen, zijn grijs gearceerd.

Tabel 3.2: technisch haalbare oplossingsrichtingen **oost** (✓ = haalbaar, ✓ = haalbaar met beperking, ✗ = afgefallen)

Oplossingsrichting		Traject oost A	Traject oost B
1.1	Grondoplossing	✓	✗
1.2	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✓	✓
2	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	✓	✓
3	Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✓	✗
4	Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	✓	✗
5	Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad	✗	✗
6	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	✓	✓
7	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	✓	✓

De afgefallen oplossingsrichtingen voor **oost** zijn:

- Oplossingsrichting 1.1 met stadsverwarming op locatie B: stadsverwarming is niet inpasbaar op basis van de uitgevoerde analyses in bijlage 2.
- Oplossingsrichting 4 met stadsverwarming op locatie B: stadsverwarming is niet inpasbaar op basis van de uitgevoerde analyses in bijlage 2.
- Oplossingsrichting 1.2 met stadsverwarming op locatie B: de stadsverwarming kan bij deze oplossingsrichting alleen onder het smalle voetpad (breedte 0,60 m) gerealiseerd worden. Aandachtspunt is de zeer beperkte (werk)ruimte. Hier is een nadere beoordeling van de uitvoerbaarheid noodzakelijk. Op basis daarvan kan deze oplossingsrichting mogelijk alsnog afvallen.
- Oplossingsrichting 6 met stadsverwarming op locatie B: de stadsverwarming kan bij deze oplossingsrichting alleen onder het voetpad (breedte 1,10 m) gerealiseerd worden.

Voor het westelijke deel is gekeken of de oplossingsrichtingen technisch haalbaar zijn gegeven de huidige locatie van de stadsverwarming. Uit de analyses (zie bijlage 2) is gebleken dat de alle oplossingsrichtingen technische haalbaar zijn gegeven de huidige ligging van de stadsverwarming. De eerder afgevallen varianten (grijs gearceerd) zijn in een eerder stadium (zie paragraaf 2.4) om andere redenen afgevallen.

Tabel 3.3: technisch haalbare oplossingsrichtingen **west** (✓ = haalbaar, ✓ = haalbaar met beperking, ✗ = afgevallen)

Oplossingsrichting		Traject west
1.1	Grondoplossing	✓
1.2	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✓
2	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	✓
3	Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✗
4	Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	✓
5	Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad	✗
6	Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	✓
7	Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	✗

4 NADERE VERKENNING RESTERENDE OPLOSSINGSRICHTINGEN

Om onderbouwde keuzes te kunnen maken is het van belang om inzicht te hebben in de relatieve kosten en de voor- en nadelen van de verschillende oplossingsrichtingen. Deze zijn in beeld gebracht en beschreven in bijlage 3 (kosten) en bijlage 4 (voor- en nadelen) en in onderstaande paragrafen samengevat.

4.1 Relatieve kosteninschatting oplossingsrichtingen

Om de verschillende oplossingsrichtingen onderling te kunnen vergelijken is een globale inschatting gemaakt van de relatieve kostenhouding. Hierbij is gebruik gemaakt van de in bijlage 1 bepaalde hoofdafmetingen van de beoogde maatregelen. Voor een beschrijving van de gehanteerde uitgangspunten en de resultaten wordt verwezen naar bijlage 3. Een samenvatting van de relatieve kosten is opgenomen in tabel 4.1. De kosten zijn uitgedrukt in een vijfpuntschaal. Hierbij is één €-teken relatief lage kosten en vijf €-tekens relatief hoge kosten.

Tabel 4.1: Relatieve kosteninschatting

Oplossingsrichting	Kosten
1.1 Grondoplossing	€ € € € €
1.2 Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	€ € € € €
2 Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	€ € € € €
3 Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	€ € € € €
4 Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	€ € € € €
5 <i>Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad (vervallen)</i>	-
6 Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	€ € € € €
7 Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	€ € € € €

4.2 Vervolproces

De verschillende oplossingsrichtingen bieden elk specifieke voor- en nadelen. In bijlage 4 zijn de belangrijkste voor- en nadelen per oplossingsrichting omschreven. De voor- en nadelen zijn uitgewerkt voor alle technisch haalbare oplossingsrichtingen. Hierbij is onderscheid gemaakt in het oostelijke en westelijke traject en daarnaast is aan de oostzijde onderscheid gemaakt in de locatie de nieuwe leidingen van Stadsverwarming (zone A onder buitenruimte, zone B in kruin).

Tabel 4.2: Technisch haalbare oplossingsrichtingen **west** (W) en **oost** (O), zone A en B incl. relatieve kosten

Oplossingsrichting	W	O A	O B	Kosten
1.1 Grondoplossing	✓	✓	✗	€ € € € €
1.2 Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✓	✓	✓	€ € € € €
2 Grondoplossing met leidingtracé (integraal) en stabiliteitsscherm met fiets- en voetpad	✓	✓	✓	€ € € € €
3 Zelfstandige waterkering met leidingtracé (beperkt) met fiets- en voetpad	✗	✓	✗	€ € € € €
4 Grondoplossing zonder leidingtracé met stabiliteitsscherm en fietspad op steunberm	✓	✓	✗	€ € € € €
5 <i>Buitenwaarts zonder leidingtracé met verplaatsing schutting en fiets en voetpad</i>	✗	✗	✗	-
6 Grondoplossing met leidingtracé (beperkt) in buitenruimte met fiets- en voetpad	✓	✓	✓	€ € € € €
7 Grondoplossing met leidingtracé (integraal) door slootverplaatsing met fiets- en voetpad	✗	✓	✓	€ € € € €

Op basis van de selectie van technisch haalbare oplossingsrichtingen (tabel 4.2) wordt in een volgende stap getrechterd naar de kansrijke alternatieven (KA's). De kansrijke alternatieven (KA's) worden nader geanalyseerd om tot de selectie van het voorkeursalternatief (VKA) te komen.

Bijlage

1. Geotechnische haalbaarheid kansrijke oplossingsrichtingen

Bijlage

2. Impactanalyse stadsverwarming op de waterveiligheid

Bijlage

3. Kostenvergelijking kansrijke oplossingsrichtingen

Bijlage

4. Voor- en nadelen oplossingsrichtingen Wheredijk