



Notitie kansrijke alternatieven

Dijkversterking
Stenendijk Hasselt

Project
Opdrachtgever

Dijkversterking Stenendijk Hasselt
Waterschap Drents Overijsselse Delta

Document
Status
Datum
Referentie

Notitie kansrijke alternatieven
Definitief
1 juli 2019
112456-1.4/19-010.954

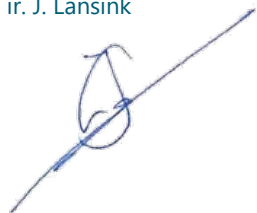
Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

112456
ir. J. Lansink
ing. A.J.P. Helder

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

ir. J.C. Willemsen
dr. A.M. Conijn BSc en W.S. de Raadt MSc
ir. J. Lansink

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veelelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	5
1	INLEIDING	9
1.1	Waarom een dijkversterking voor de Stenendijk?	9
1.2	Het project op hoofdlijnen	10
1.3	Gefaseerd trechteren naar een VKA	10
1.4	Notitie Kansrijke Alternatieven	11
2	DE DIJK EN DE OPGAVE	12
2.1	Gebiedsbeschrijving van de dijk	12
2.2	De opgave	14
2.2.1	Waterveiligheidsopgave	14
2.2.2	Inpassingsopgave	16
2.2.3	Gebiedsopgave	17
3	SAMENSTELLEN VAN MOGELIJKE ALTERNATIEVEN	19
3.1	Hoe zijn de mogelijke alternatieven bepaald?	19
3.2	Participatie in het ontwerpproces	20
3.3	Beschrijving mogelijke alternatieven	21
3.4	Toelichting afgevalen oplossingen	27
4	SELECTIE KANSRIJKE ALTERNATIEVEN	29
4.1	Hoe zijn de kansrijke alternatieven geselecteerd?	29
4.2	Beoordeling mogelijke alternatieven	30
4.3	Beschrijving geselecteerde kansrijke alternatieven (zeef 1)	36
4.4	Wat betekent dit voor de meekoppelkansen?	38
5	VERVOLG TOT AAN VOORKEURSALETERNATIEF	39
6	REFERENTIES	40

Laatste pagina

40

Bijlage(n)

Aantal pagina's

-

SAMENVATTING

Versterking monumentale Stenendijk

Het waterschap Drents Overijsselse Delta (WDO Delta) beoordeelt regelmatig of de dijken voldoende bescherming bieden tegen overstromingen vanuit de rivieren. Uit onderzoek blijkt dat de monumentale Stenendijk onvoldoende sterk is en niet aan de huidige eisen voor waterveiligheid voldoet. De dijk is op veel delen niet sterk genoeg meer. De dijk is veilig, maar kwetsbaar. Daarbij heeft de gemeente Zwartewaterland gevraagd om dit traject versneld op te pakken om zo groot onderhoud aan de weg op de dijk en de dijkversterking tegelijk uit te kunnen voeren. Dat voorkomt hinder en bespaart kosten.

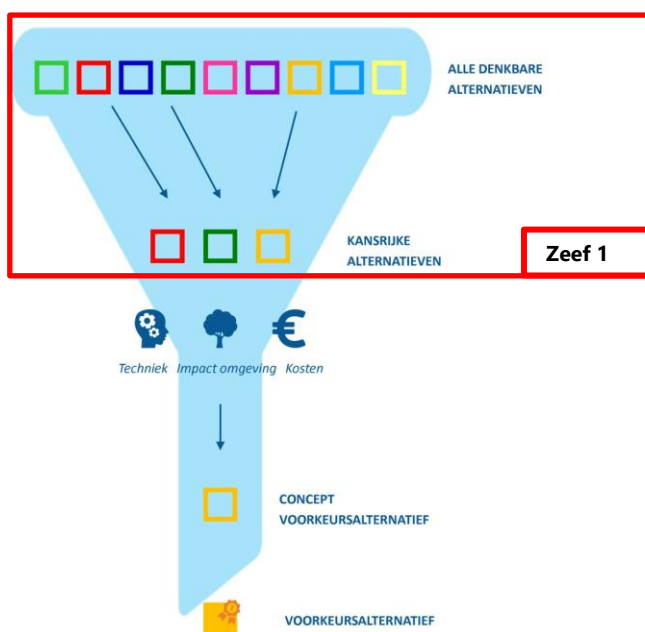
Doelstelling van dit project is om een waterkering te realiseren die **veiligheid** biedt voor **nu en in de toekomst**, en die goed is **ingepast in de omgeving**, met zo mogelijk kansen voor het **creëren van maatschappelijke meerwaarde**.

Stapsgewijze aanpak naar een goede dijkversterking

Er zijn vele verschillende mogelijkheden (alternatieven) om de Stenendijk te versterken. Deze alternatieven hebben voor- en nadelen, afhankelijk van hoe de directe omgeving eruitziet. Het waterschap onderzoekt stapsgewijs welke alternatieven er zijn, wat de voor- en nadelen van deze alternatieven zijn en welke de voorkeur hebben.

In april is het waterschap gestart met de eerste fase van de versterking van Stenendijk, de verkenningsfase. In afbeelding 1 is de stapsgewijze aanpak van het waterschap schematisch weergegeven voor de verkenningsfase (tot medio 2020). In twee trechteringsstappen (de zogeheten 'zeven') wordt van grof naar fijn toegewerkt naar een voorkeursalternatief.

Afbeelding 1 Trechtering van grof naar fijn



Doel van deze notitie

Het project bevindt zich momenteel in zeef 1: de trechtering van alle denkbare (mogelijke) alternatieven naar kansrijke alternatieven. Het doel van deze zeef is om de kansrijke alternatieven te 'selecteren' die verder uitgewerkt en onderzocht moeten worden om te komen tot een voorkeursalternatief. Het doel van voorliggende notitie is het overzichtelijk beschrijven van alle belangrijke informatie vanuit de impact op de omgeving, kosten en techniek om te komen tot een besluit over de uit te werken kansrijke alternatieven.

Voorliggende notitie beschrijft het ontwerpproces, de mogelijke alternatieven, de beoordeling van de mogelijke alternatieven en het resultaat: de verder uit te werken kansrijke alternatieven.

De opgave voor het project Stenendijk Hasselt

De opgave is daarmee onder te verdelen in een waterveiligheidsopgave (veilige dijk), een inpassingsopgave (goed ingepast in de bestaande omgeving) en een gebiedsopgave (rekening houden met geplande of gewenste gebiedsontwikkelingen: de meekoppelkansen).

Resultaten zief 1

Op basis van de veiligheidsopgave is een brede inventarisatie gemaakt van alle denkbare maatregelen die bijdragen aan het (hoogwater)veilig maken van de dijk. Er zijn zoveel mogelijk verschillende oplossingen in beeld gebracht om te voorkomen dat in een later stadium oplossingen worden aangedragen die nog niet onderzocht zijn. In totaal zijn er circa 50 maatregelen bedacht die ieder afzonderlijk een oplossing bieden voor een of meer van de faalmechanismen.

Een aantal van deze maatregelen zijn op voorhand reeds afgevallen omdat ze niet kansrijk zijn. Dat wil zeggen: de maatregel lost het veiligheidsprobleem niet op en/of is niet maakbaar. De overige maatregelen zijn gebundeld tot logische groepen van maatregelen: maatregelen die ruimtelijk niet of nauwelijks onderscheidend zijn en/of dezelfde principe oplossing vormen. De circa 50 maatregelen zijn daarmee teruggebracht tot een beperkt aantal onderscheidende en kansrijke maatregelen.

Vijf onderzochte mogelijke alternatieven

Op basis van deze onderscheidende en kansrijke maatregelen heeft het waterschap vijf mogelijke alternatieven gedefinieerd: mogelijke oplossingen voor het versterken van de Stenendijk. In een ontwerpatelier en inloopbijeenkomst (juni 2019) heeft het waterschap deze alternatieven toegelicht aan omwonenden en is getoetst of er geen belangrijke mogelijke oplossingen over het hoofd zijn gezien. Dit ontwerpatelier heeft geleid tot enkele suggesties voor aanpassingen en inzicht in de mate van draagvlak voor de alternatieven.

Per mogelijk alternatief zijn de belangrijkste voor- en nadelen in beeld gebracht. Hiervoor is gebruik gemaakt van het vooraf vastgestelde afwegingskader dat bestaat uit drie thema's: techniek, impact op de omgeving en kosten. In tabel 1 is het overzicht van de alternatieven met de beoordeling weergegeven. Op basis van deze beoordeling, en in overleg met de omgeving is bepaald welke alternatieven kansrijk zijn. De alternatieven die op voorhand niet haalbaar zijn vallen daarmee af.

Conclusie: één kansrijk alternatief

Op basis van de beoordeling van de vijf mogelijke alternatieven wordt een zelfstandig kerende constructie (alternatief 1) kansrijk geacht voor het project Stenendijk Hasselt. In dit alternatief vinden de ingrepen plaats binnen het huidige ruimtebeslag van de dijk. Hierdoor zijn de effecten op de omgeving in de eindsituatie beperkt, met uitzondering van mogelijke effecten op archeologische waarden in de dijk en effecten als gevolg van de hoogte van de constructie. Tijdens de aanlegfase moet rekening gehouden worden met de beperkte ruimte voor uitvoering, nabij woningen en de kwetsbare muur. Ook is dit alternatief (relatief) duur. Aandachtspunt voor het vervolg is om te onderzoeken of het alternatief geoptimaliseerd kan worden door de constructie minder op te hogen of lichter uit te voeren. Dit kan door het versterken van de bekleding binnendijks of het ontlenen van sterkte aan de huidige dijk.

Buitenwaarts versterken in grond (alternatief 5) wordt niet kansrijk geacht als oplossing voor het gehele dijktracé vanwege de impact op de muur, en risico's vanwege buitendijks versterken in rivierbed en beschermde natuur. Wel biedt deze oplossing mogelijk lokaal (ter hoogte van Streukel) een alternatief voor de zelfstandig kerende constructie: hier is de stenen muur niet of minder zichtbaar. Een buitenwaartse versterking heeft lagere kosten dan een zelfstandig kerende constructie, maar hierbij moet wel onderzocht worden of de (beperkte) buitendijkse ingrepen vergoedbaar zijn.

Het verleggen van de kering (alternatief 2), binnenwaarts versterken in grond (alternatief 3) en een constructie in combinatie met dijkversterking (alternatief 4) wordt niet kansrijk geacht. De redenen hiervoor zijn verschillend. Het verleggen van de kering (2) heeft grote impact op de omgeving (natuur, rivierkunde,

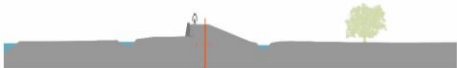
landschap, cultuurhistorie en bouwhistorie) met bijbehorende juridische risico's. Ook is dit alternatief niet op het gehele dijktracé toepasbaar, waardoor voor de overige delen een andere oplossing gekozen moet worden. Hierdoor verliest het dijktraject de uniforme uitstraling, wat landschappelijk onwenselijk is. Ook binnenwaarts versterken in grond (3) vormt geen oplossing voor het gehele dijktracé en is daarnaast als oplossing landschappelijk onwenselijk. Een constructie in combinatie met het versterken van de huidige dijk (4) heeft grote technische risico's en de hoogste kosten.

Vervolg tot aan voorkeursalternatief

De alternatieven 2, 3 en 4 worden niet kansrijk geacht en vallen daarmee af als oplossing voor het versterken van de Stenendijk. De zelfstandig kerende constructie (1) en de buitenwaartse versterking in grond (5) worden beide meegenomen in zeef 2 van de verkenning. Voor beide alternatieven zijn verschillende aandachtspunten benoemd, welke in zeef 2 verder uitgewerkt of onderzocht worden om te komen tot het voorkeursalternatief: het meest wenselijke alternatief om de dijk te versterken. De belangrijkste twee uitzoekvragen voor zeef 2 zijn:

- kan de zelfstandig kerende constructie geoptimaliseerd worden in hoogte en sterkte? Hierbij wordt gedacht aan het versterken van de bekleding binnendijs of het ontlenen van sterkte aan de huidige dijk.
- is een buitenwaartse aanvulling in grond lokaal (ter hoogte van Streukel) een beter alternatief dan de zelfstandig kerende constructie?

Tabel 1 Beoordeling mogelijke alternatieven

Mogelijk alternatief	 Techniek	 Omgeving	 Kosten	Kansrijk?
 Alternatief 1 zelfstandig kerende constructie				V
 Alternatief 2A verleggen van de dijk binnendijs				X
 Alternatief 2B verleggen van de dijk buitendijs				X
 Alternatief 3 aanvulling in grond binnenwaarts				X
 Alternatief 4A constructies i.c.m. dijk - ophogen				X
 Alternatief 4B constructies i.c.m. dijk - bekleding versterken				X
 Alternatief 5A aanvulling grond buitenwaarts				X/V (lokaal)
 Alternatief 5B aanvulling grond buitenwaarts				X/V (lokaal)

INLEIDING

1.1 Waarom een dijkversterking voor de Stenendijk?

Het waterschap Drents Overijsselse Delta (WDO Delta) beoordeelt regelmatig of de dijken voldoende bescherming bieden tegen overstromingen vanuit de rivieren. Uit onderzoek blijkt dat de monumentale Stenendijk (rijksmonument) onvoldoende sterk is en daarmee niet aan de huidige eisen voor waterveiligheid voldoet. De dijk is veilig, maar tegelijkertijd ook kwetsbaar. Daarbij is de weg op de dijk aan groot onderhoud toe. Gemeente Zwartewaterland en WDO Delta hebben besloten daarom dit traject versneld op te pakken om zo groot onderhoud aan de weg op de dijk en de dijkversterking tegelijk uit te kunnen voeren. Dat voorkomt hinder en bespaart kosten.

De Stenendijk voldoet niet aan de wettelijke veiligheidseisen, dat is de uitkomst van de derde landelijke toetsronde primaire keringen. Het gaat hier om de dijk tussen het gemaal Galgenrak en de molen de Zwaluw in Hasselt (zie afbeelding 1.1). Dit traject, genaamd de Stenendijk Hasselt, is daarom opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

Afbeelding 1.1 Overzicht traject Stenendijk Hasselt

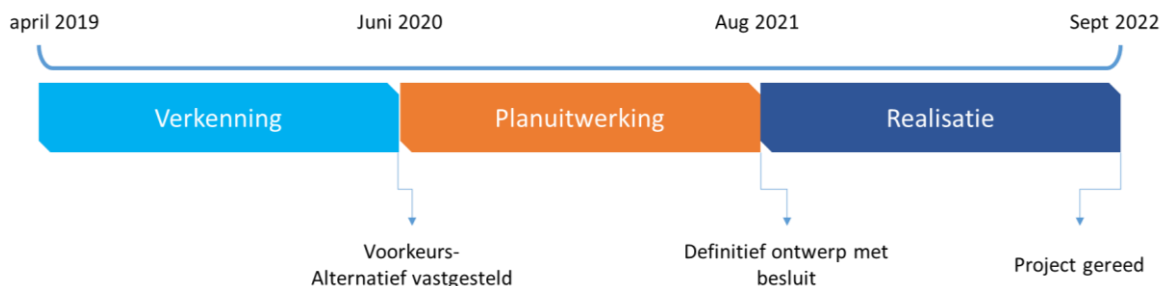


Het waterschap is daarom het project Stenendijk Hasselt gestart. In de voorbereiding van dit project is de dijk getoetst aan de meest recente veiligheidseisen voor dijken. Tussen 2016 en 2019 is de veiligheidsopgave in meer detail geanalyseerd en getoetst aan de nieuwe wetgeving. Uit deze veiligheidsanalyse blijkt dat het gehele traject niet voldoet aan de wettelijke veiligheidsnormen. In paragraaf 3.1 is toegelicht wat er met de dijk aan de hand is.

1.2 Het project op hoofdlijnen

Het project doorloopt op hoofdlijnen drie fasen: de verkenningsfase, de planuitwerkingsfase en de realisatiefase (zie afbeelding 1.2). Elke fase wordt afgesloten met een besluit: hoe verder te gaan in de volgende fase. Deze methode wordt algemeen toegepast voor alle dijkversterkingsprojecten uit het Deltaplan Waterveiligheid.

Afbeelding 1.2 Fasen project Stenendijk Hasselt



In april is het waterschap gestart met de eerste fase van de versterking van Stenendijk Hasselt, de verkenningsfase. In deze verkenning worden met inbreng van betrokken partijen verschillende maatregelen (alternatieven) onderzocht voor het versterken van de dijk. Deze alternatieven worden onderzocht op de volgende aspecten: techniek (zoals technische uitvoerbaarheid en beheer en onderhoud), impact op de omgeving (zoals gevolgen voor wonen, natuur en cultuurhistorie) en kosten. Het voorkeursalternatief wordt in medio 2020 door het bestuur van het waterschap vastgesteld.

Met het vaststellen van het voorkeursalternatief, begint de planuitwerkingsfase. In de planuitwerking wordt het voorkeursalternatief verder uitgewerkt en worden de (formele) documenten opgesteld die nodig zijn om de dijkversterking te realiseren: het projectbesluit. Dit projectbesluit dient uiteindelijk goedgekeurd te worden door de Gedeputeerde Staten. Nadat het projectbesluit definitief is en andere toestemmingen zijn verkregen kan in de periode 2021-2022 de dijkversterking worden gerealiseerd.

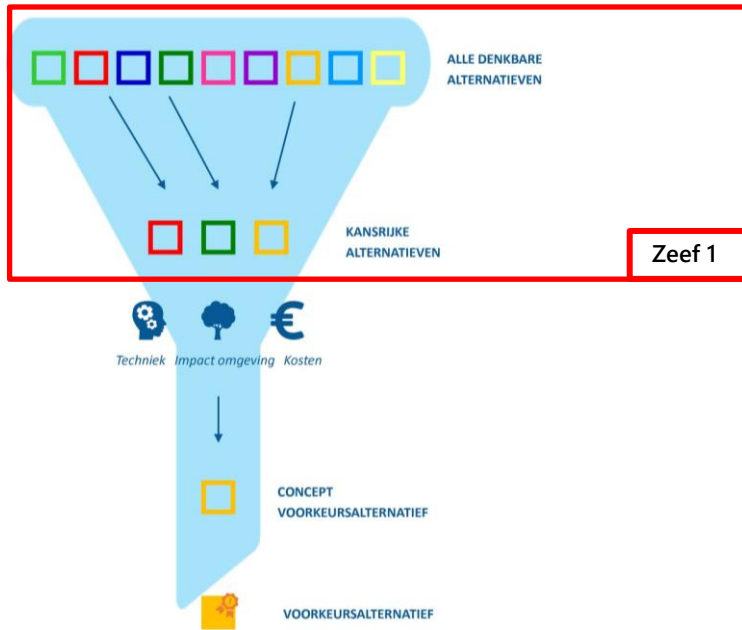
1.3 Gefaseerd trechteren naar een VKA

In afbeelding 1.3 is de stapsgewijze aanpak van het waterschap schematisch weergegeven voor de verkenningsfase (tot medio 2020). In twee trechteringsstappen (de zogeheten 'zeven') wordt van grof naar fijn toegewerkt naar een voorkeursalternatief.

Het project bevindt zich momenteel in zeef 1: de trechtering van alle denkbare (mogelijke) alternatieven naar kansrijke alternatieven. Het doel van deze zeef is om de kansrijke alternatieven te 'selecteren' die verder uitgewerkt en onderzocht moeten worden om te komen tot een voorkeursalternatief.

In deze stap zijn allereerst alle denkbare oplossingsrichtingen in beeld gebracht. Van alle denkbare oplossingsrichtingen zijn uiteindelijk vijf mogelijke alternatieven samengesteld (hoofdstuk 3). Deze vijf mogelijke alternatieven geven samen de volledige bandbreedte weer van oplossingen die mogelijk zijn om de dijk te versterken. De mogelijke alternatieven zijn globaal uitgewerkt en onderzocht. De belangrijkste onderscheidende voor- en nadelen zijn vervolgens in beeld gebracht om de alternatieven te kunnen beoordelen op 'kansrijkheid'. Bij het bepalen en beoordelen van de mogelijke alternatieven is de omgeving betrokken (zie paragraaf 3.2). Op basis van deze beoordeling, en de inbreng vanuit de omgeving, is bepaald welke alternatieven kansrijk zijn. Het resultaat is een overzicht van kansrijke alternatieven plus de daarbij behorende aandachtspunten voor verdere uitwerking in de volgende fasen (zie hoofdstuk 4).

Afbeelding 1.3 Trechtering van grof naar fijn



1.4 Notitie Kansrijke Alternatieven

Doel van deze notitie

Het doel van voorliggende notitie is het overzichtelijk beschrijven van alle belangrijke informatie vanuit impact op de omgeving, kosten en techniek om te komen tot een besluit over de uit te werken kansrijke alternatieven. Ten grondslag aan deze notitie liggen de ontwerpnota (Witteveen+Bos, 2019b) en de effectnota (Witteveen+Bos, 2019a). Het ontwerp en de kosten van de alternatieven is in meer detail beschreven in de ontwerpnota. De effecten van de alternatieven op de omgeving zijn uitgewerkt in de effectnota.

Voorliggende notitie beschrijft het ontwerpproces, de mogelijke alternatieven, de beoordeling van de mogelijke alternatieven en het resultaat: de verder uit te werken kansrijke alternatieven.

Na het bestuurlijk vaststellen van deze alternatieven vormen ze de basis voor het verdere ontwerpproces in de verkenning: het uitwerken, beoordelen en afwegen tot één voorkeursalternatief.

Leeswijzer

De notitie is opgebouwd zoals het ontwerpproces naar kansrijke alternatieven is doorlopen:

- **hoofdstuk 2** beschrijft de opgave van de dijkversterking: het realiseren van een veilige dijk, nu en in de toekomst, die goed is ingepast in de omgeving. Hierbij wordt rekening gehouden met zowel de aanwezige gebiedskenmerken als de kansen voor het creëren van meerwaarde;
- in **hoofdstuk 3** is de eerste stap van het ontwerpproces toegelicht: het samenstellen van mogelijke alternatieven. Dit hoofdstuk beschrijft het ontwerpproces, geeft een toelichting op de te onderzoeken mogelijke alternatieven en beschrijft waarom een aantal oplossingsrichtingen niet verder worden onderzocht;
- in **hoofdstuk 4** zijn de vijf mogelijke alternatieven beoordeeld en afgewogen. Op basis van de belangrijkste onderscheidende voor- en nadelen is bepaald welke alternatieven kansrijk zijn om in de volgende stap verder uit te werken. Resultaat: kansrijke alternatieven plus daarbij behorende aandachtspunten voor verdere uitwerking in de volgende fasen;
- **hoofdstuk 5** beschrijft vervolgens welke volgende stappen genomen worden om te komen tot een voorkeursalternatief.

DE DIJK EN DE OPGAVE

2.1 Gebiedsbeschrijving van de dijk

In deze paragraaf zijn de belangrijkste gebiedskenmerken beschreven van het projectgebied van de Stenendijk. Aanvullende informatie over de gebiedskenmerken is opgenomen in de Effectnota mogelijke alternatieven (Witteveen+Bos, 2019a).

De Stenendijk is een monumentale dijk gekenmerkt door een stenen muur aan de rivierzijde. Het dijktraject is ruim 1 km lang (1.284 meter) en ligt ten zuidoosten van Hasselt in de provincie Overijssel. De waterkering is gelegen langs het Galgenrak, een zijstroom van Zwarte Water, tot het gemaal Galgenrak in het buurtschap Streukel. Oorspronkelijk beschermde deze historische zeewering het achterland tegen het water van de voormalige Zuiderzee. De dijk wordt vooral gekarakteriseerd door de stenen muur aan de buitendijkse zijde (rivierzijde) van de dijk. Deze voor de Zuiderzee kenmerkende wijze van hoogwaterbescherming, is de laatst resterende in Nederland en geeft een sterk historisch karakter aan de dijk. De muur dateert uit de 16^e eeuw, maar het metselwerk is regelmatig vernieuwd. De muur, de smalle dijk kruin en het steile talud aan de landzijde bepalen de hoofdvorm van de dijk en vormen een scherpe grens tussen buitendijkse natuur en binnendijks wonen en agricultuur. Het rechte tracé van de Stenendijk vormt een contrast met de verder kronkelige dijk. Deze kronkelige dijk is nabij Streukel goed zichtbaar.

Het kronkelige voorkomen van de dijk geeft de rijke historie weer aan de hand van wielen: ronde poelen aan de binnendijkse zijde als relict van dijkdoorbraken. Op de meeste plekken zijn de wielen niet meer zichtbaar, maar het kronkelige verloop is er nog wel.

Tegenwoordig wordt er dicht aan of op de dijk gewoond. Zo staat onder andere molen de Zwaluw aan de dijk en staan drie woningen in Hasselt op de dijk. De bebouwde kom van Hasselt grenst aan de Stenendijk, waarvan vijftien woningen met hun achtertuin gericht zijn op de dijk. Bij Streukel grenzen vier adressen aan de dijk, zij staan in het talud aan de binnendijkse zijde. Aan de binnendijkse zijde wordt het gebied tussen Hasselt en Streukel voor agrarische doeleinden gebruikt.

Afbeelding 2.1 Stenendijk - woningen op de dijk nabij de molen de Zwaluw



De Stenendijk is toegankelijk voor langzaam verkeer (fietsers en wandelaars) en bestemmingsverkeer voor de woningen op de dijk. Het geasfalteerd pad van ongeveer 2 meter breed op de dijk is toe aan herstelwerkzaamheden door verzakkingen en scheuren in het asfalt (zie paragraaf 2.2.3). Vanaf de dijk is er zicht op de toren van de Grote of Sint-Stephanuskerk, de molen van Hasselt aan de noordzijde van de Stenendijk en de industrie aan de overzijde (westzijde) van het Zwarte Water.

Buitendijks is de brede, natuurrijke zone met veel riet en vrij natte, agrarische percelen gelegen in het Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht en natuurgebied De Brommerd, onderdeel van het Nederlands NatuurNetwerk (NNN). Kenmerkend voor deze uiterwaarden zijn de zeldzame kievitsbloemen, welke in het voorjaar voor een korte periode in bloei staan. Het buitendijkse gebied is bereikbaar middels twee op- en afgangen die met een tractor toegankelijk zijn. Dit onverharde pad wordt ook door veel wandelaars gebruikt voor recreatie. Opvallend is dat de stenen bekleding van de Stenendijk bij Streukel kort ophoudt. Dit einde van de dijk bij Streukel wordt door veel betrokkenen gezien als meest gewaardeerde plek. Vanaf deze locatie is er goed zicht op de rechte lijn van de dijk en de kern Hasselt, maar zorgen de huizen, erven en buitendijkse begroeiing voor afwisseling.

Afbeelding 2.2 Stenendijk - zicht op de molen en toren in Hasselt



2.2 De opgave

De opgave voor het project Stenendijk Hasselt is het realiseren van een veilige dijk, die goed is ingepast in de omgeving, rekening houdend met de aanwezige gebiedskenmerken evenals de kansen voor het creëren van meerwaarde. De opgave is daarmee onder te verdelen in:

- **waterveiligheidsopgave:** het versterken van de dijk zodat deze nu en in de toekomst voldoet aan de veiligheidseisen zoals die zijn vastgelegd in de wet;
- **inpassingsopgave:** het goed inpassen van de dijkversterking in de bestaande omgeving om de huidige functionaliteiten en waarden te behouden. Hiervoor is onder andere een ruimtelijk kwaliteitskader opgesteld. Dit kader is opgesteld door landschapsarchitecten en schetst de uitgangspunten waaraan het ontwerp moet voldoen om de dijkversterking zo optimaal mogelijk ruimtelijk in te passen;
- **gebiedsopgave:** het faciliteren van nieuwe functionaliteiten en waarden door gebiedsontwikkelingen en/of verbetering van de ruimtelijke kwaliteit mee te nemen in de dijkversterking. De vastgestelde meekoppelkansen worden uiteindelijk in het ontwerp en de planuitwerking opgenomen.

Deze drie onderdelen zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht.

2.2.1 Waterveiligheidsopgave

Veiligheidsprobleem Stenendijk

Uit veiligheidsanalyses blijkt dat de gehele Stenendijk niet voldoet aan de wettelijke veiligheidsnormen. In deze veiligheidsanalyses is onderzocht wat de kans per jaar is dat, **door falen van de dijk**, het achterliggende gebied onder water loopt. Deze kans is vergeleken met de wettelijk vastgelegde normen.

Het falen van de dijk kan op verschillende manieren gebeuren, dit worden de faalmechanismen genoemd. Uit de veiligheidsanalyses blijkt dat voor project Stenendijk Hasselt (delen van) de dijk zijn afgekeurd op vijf verschillende faalmechanismen. In tabel 2.1 is toegelicht hoe deze faalmechanismen werken en wat dit betekent voor de opgave voor het project Stenendijk Hasselt.

Tabel 2.1 Toelichting faalmechanismen en opgave Stenendijk Hasselt

Toelichting faalmechanisme	Opgave Stenendijk Hasselt
Hoogte: overloop en golfoverslag Bij hoogwater stroomt er water over de dijk. Omdat de dijkbekleding (vaak gras of steenachtig materiaal) niet berekend is op grote(re) hoeveelheden water wat over de dijk stroomt, kunnen de kruin en het binnentalud wegspoelen waardoor de dijk bezwijkt.	Bij de huidige hoogte stroomt er meer water over de dijk dan waar de bekleding van de kruin en het binnentalud op berekend zijn. Om het wegspoelen te voorkomen kan de bekleding op het binnentalud versterkt worden of moet de dijk verhoogd worden. Dit geldt voor de hele dijk, behalve het gebied rondom de molen.
Stabiliteit buitenwaarts: bezwijken van de muur De muur is niet stabiel genoeg om weerstand te kunnen bieden bij of vlak na hoogwater, waardoor (delen) van de muur kunnen bezwijken. Dit kan komen doordat de muur instort (niet sterk genoeg is), het kantelen van de muur, of het afschuiven van de dijk inclusief muur.	De constructieve sterkte van de muur is moeilijk te bepalen. Scheuren in de muur geven aan dat de constructie niet op alle locaties sterk genoeg is. Daarnaast bestaat het risico dat de muur naar voren kantelt, richting de uiterwaarden. De kans dat het hele grondlichaam met muur en al afschuift is daarentegen erg klein.
Stabiliteit binnenwaarts Het binnentalud van de dijk (dijk aan de landzijde) moet sterk genoeg zijn om weerstand te kunnen bieden bij hoogwater. Wanneer dit niet het geval is, kunnen delen van de dijk aan de landzijde afschuiven waardoor de dijk bezwijkt.	Het binnentalud van de Stenendijk is voldoende sterk, met uitzondering van de afrit halverwege de Stenendijk en enkele locaties waar huizen aan de binnenzijde gebouwd zijn. Zoals bij het mechanisme 'hoogte' omschreven, moet het binnentalud hier mogelijk ook versterkt worden om te voorkomen dat delen van de dijk wegspoelen door water dat over de dijk stroomt.
Piping Tijdens hoogwater kan water dat onder de dijk doorstroomt zand meevoeren, waardoor er kanaaltjes onder de dijk ontstaan die de dijk verzwakken, waarna de dijk bezwijkt. Dit fenomeen wordt piping genoemd.	De opbouw van de bodem onder de dijk, in combinatie met de waterstanden bij hoog water en de breedte van de dijk, maken het mogelijk dat piping optreedt en de dijk bezwijkt. Dit is het geval voor het gehele traject, met uitzondering van het gebied rondom de molen en het gebied tussen dijkpaal hm 31,8 en hm 31,9.
Bekleding: erosie door beschadiging van bekleding Door stroming en golven kan de grasbekleding beschadigd raken. De dijk kan bezwijken doordat de onderliggende grond wegspoelt.	Langs een klein gedeelte van traject Stenendijk staat geen muur, maar ligt een buitentalud met grasbekleding. Op het deel aan de buitenzijde van de kering, waar geen muur staat maar een grasbekleding aanwezig is, is deze grasbekleding onvoldoende sterk en kan deze wegspoelen bij hoogwater.

Uitgangspunten ontwerp en veiligheidsopgave

De belangrijkste eis voor project Stenendijk Hasselt is dat de dijk moet voldoen aan de wettelijke vastgestelde veiligheidsnorm: de dijk wordt ontworpen op een kans op overstromen van 1/300^e per jaar. Er zijn verschillende manieren om hieraan te voldoen, hier zijn keuzes in te maken. Deze keuzes zijn vastgelegd in bepaalde ontwerpuitgangspunten. Omdat we nog aan het begin van het ontwerpproces staan, is voor zeef 1 ontworpen op basis van veel gebruikte ontwerpuitgangspunten en vuistregels of is er nog bewust ruimte gelaten om te kiezen in de te hanteren ontwerpuitgangspunten.

In de Ontwerpnota mogelijke alternatieven (Witteveen+Bos, 2019b) zijn de ontwerpuitgangspunten toegelicht. Hieronder zijn de belangrijkste ontwerpuitgangspunten samengevat.

- de dijkverbetering wordt ontworpen voor tenminste 50 jaar (zichtjaar 2075);
- de benodigde dijkhoogte wordt bepaald door verschillende factoren, zoals de te verwachte extreme rivierkundige situatie, de toegestane hoeveelheid water die over de dijk kan en mag stromen en de (veranderingen in de) de ondergrond. De dijkhoogte voor de mogelijke alternatieven kent daarom nog een bandbreedte:
 - de dijk wordt ontworpen op toekomstige te verwachten extreme rivierkundige omstandigheden: een situatie die in 2075 (het zichtjaar) kan optreden. Hierin is rekening gehouden met onder andere wind en de hoeveelheid rivierafvoer, en zijn scenario's meegenomen waarbij de Ramspolkering open of gesloten is. Het scenario met een hoge windsnelheid en een gesloten Ramspolkering is maatgevend voor de benodigde dijkhoogte;

- de hoeveelheid water die tijdens hoogwater over de dijk kan stromen (het overslagdebiet) is voor project Stenendijk Hasselt nog niet vastgesteld¹. De keuze voor het overslagdebiet is sterk bepalend voor de hoogte van de kering en/of de eisen aan de bekleding op de kruin en de binnenzijde van de dijk. Wanneer er water over de dijk spoelt, moet de bekleding op de kruin en de binnenzijde van de dijk sterk genoeg zijn om niet weg te spoelen. In de ontwerpen is onderscheid gemaakt in:
 - overslagdebiet van 1 l/s/m: de dijk wordt opgehoogd en er zijn beperkte maatregelen nodig aan de bekleding van de kruin en het binnentalud;
 - overslagdebiet van 10 l/s/m (of meer): de bekleding van de kruin en het binnentalud worden versterkt om meer overslag toe te staan, of er wordt een (overslagbestendige) zelfstandig kerende constructie toegepast. De dijk hoeft hierdoor minder opgehoogd te worden. Bij een hoger overslagdebiet dan 10 l/s/m is een natuurlijke bekleding (bijvoorbeeld gras) niet meer voldoende;
- er wordt uitgegaan van een bodemdaling van 5 mm per jaar. Dit betekent een totale bodemdaling van circa 25 cm tot aan het jaar zichtjaar 2075;
- bij het ophogen van de bestaande dijk of het aanleggen van een nieuwe dijk wordt rekening gehouden met mogelijke zetting van de (onder)grond (tot ca. 1 m). Door het gewicht van de ophoging van de dijk wordt de grond samengedrukt waardoor de grond gaat zetten (zakken). De hoeveelheid zetting is afhankelijk van de hoeveelheid ophoging en het type ondergrond. Bij een geheel nieuwe dijk (veel ophoging) moet daardoor rekening gehouden worden met meer zetting dan bij het ophogen van de bestaande dijk. Des te groter de ophoging, des te groter de zetting. Doordat er klei en veen in de ondergrond zit, wordt een flinke hoeveelheid zetting verwacht, mogelijk tot meer dan een meter. Een deel van deze zetting zal al tijdens de aanleg van de versterking optreden.

Onduidelijk hoe sterk de stenen muur is

Over de opbouw van de constructie van de stenen muur is zeer beperkte informatie beschikbaar. Ook de exacte afmetingen en de fundering zijn onbekend. Op basis van de huidige informatie kan daardoor geen uitspraak gedaan worden over de sterkte van de stenen muur. Informatie over de sterkte van de muur is echter wel nodig om de muur een waterkerende functie te geven in de dijkversterking.

Om iets te kunnen zeggen over de sterkte van de stenen muur is onderzoek nodig, zoals het uitvoeren van zogeheten kernboringen. Omdat de muur uit circa 60 losse delen bestaat en de delen mogelijk uit verschillende materialen zijn opgebouwd, moet in ieder van de 60 delen (een aantal) gaten geboord worden. Deze boringen leiden tot grote schade aan de monumentale muur, waardoor besloten is om dit onderzoek niet uit te voeren. Hierdoor blijft de sterkte van de muur onduidelijk en is het uitgangspunt dat de muur (zonder aanvullende, versterkende constructie) geen waterkerende functie kan vervullen in de dijkversterking. Het gevolg is dat alle oplossingen die sterkte ontleen aan de muur zonder versterkende constructie op voorhand afvallen (zie paragraaf 3.4).

2.2.2 Inpassingsopgave

Doel van de inpassingsopgave is het behouden van de huidige functionaliteiten en waarden. Dit betekent bijvoorbeeld dat de bestaande bebouwing in principe gehandhaafd blijft. De inpassingsopgave volgt daarmee uit de analyse van de huidige en toekomstige kwaliteiten van de dijk en het omliggende gebied. De belangrijkste gebiedskwaliteiten voor de Stenendijk zijn beschreven in paragraaf 2.1.

Om te garanderen dat de dijkversterking goed wordt ingepast in de bestaande omgeving en alternatieven weloverwogen kunnen worden opgesteld, maakt het waterschap gebruik van een zogeheten Ruimtelijk Kwaliteitskader. Dit kader is opgesteld door landschapsarchitecten en geeft ontwerpprincipes en aanknopingspunten mee om de dijkversterking zo goed mogelijk ruimtelijk in te passen.

¹ Bij de huidige dijkhoogte stroomt er meer water over de dijk dan waarop de bekleding op de kruin en het binnentalud berekend zijn (> 30-40 l/s/m).

Daarnaast maakt de inpassingsopgave integraal onderdeel uit van het ontwerpproces. Bij elke afweging van alternatieven wordt beoordeeld of de bestaande kwaliteiten versterkt, behouden of aangetast worden. Waar nodig worden ontwerpoptimalisaties of mitigerende maatregelen voorgesteld om de effecten op de omgeving te verminderen.

Ruimtelijk Kwaliteitskader

Het Ruimtelijk Kwaliteitskader is opgesteld op basis van uitgevoerde (conditionerende) onderzoeken (zoals bouwhistorisch onderzoek naar de muur), gesprekken met provincie Overijssel, gemeente Zwartewaterland, de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE), de Monumentenraad en op basis van de inbreng van aanwonenden, omwonenden en recreanten/passanten. Door het houden van een belevingswaardenonderzoek en aanvullende gesprekken met de omgeving zijn ruim 200 reacties verzameld over de kwaliteiten en knelpunten van de Stenendijk.

Op basis van deze onderzoeken en gesprekken zijn in het Ruimtelijk Kwaliteitskader vijf kernkwaliteiten geïdentificeerd, die de bijzondere kwaliteit van de Stenendijk beschrijven. Deze kernkwaliteiten zijn daarmee een belangrijk aandachtspunt bij de versterking van de dijk. De kernkwaliteiten zijn:

- de continuïteit van het tracé;
- het karakter van een Zuiderzeedijk;
- levend watererfgoed;
- een divers gebruik met sobere inrichting;
- de Stenendijk als panoramische route.

2.2.3 Gebiedsopgave

Een dijkversterking biedt ook kansen voor andere partijen om ruimtelijke plannen te ontwikkelen en samen te voegen met de dijkversterking. Op deze manier wordt het gebied niet alleen veiliger, maar ook mooier. Deze kansen om nieuwe kwaliteiten of functionaliteiten toe te voegen noemen we meekoppelkansen. Door samen te werken en meekoppelkansen te realiseren creëren we gezamenlijk meerwaarde voor het gebied. Daarnaast draagt het meekoppelen bij aan de versterking van de ruimtelijke kwaliteit van de omgeving of voorkomt het overlast voor de omgeving door meerdere ruimtelijke ingrepen tegelijkertijd uit te voeren. Eventuele extra kosten die de koppeling met zich meebrengt moeten door andere financiers worden betaald.

Inventarisatie van meekoppelkansen

Voorafgaand aan de verkenningsfase zijn mogelijke meekoppelkansen geïnventariseerd. Daarnaast worden er gedurende het project mogelijke (meekoppel)kansen aangedragen in bijvoorbeeld ontwerpateliers en gesprekken met betrokkenen. Gedurende elke stap (zeef) in de verkenning wordt bepaald of er sprake is van (nieuwe) meekoppelkansen en of deze meekoppelkansen meegenomen worden naar het Voorkeursalternatief (VKA). Bij de vaststelling van het VKA wordt besloten welke meekoppelkansen gekoppeld worden aan het project Stenendijk Hasselt.

In het ontwerpatelier van juni 2019 en enkele duurzaamheidssessies (Omgevingswijzer en Ambitiweb) zijn twee mogelijke meekoppelkansen gesignaleerd. Deze worden ambtelijk en bestuurlijk afgestemd om te onderzoeken of de kansen in het project als meekoppelkansen behandeld kunnen worden. Hiervoor hanteert het waterschap de volgende eisen:

- er is een initiatiefnemer;
- de kans kan ook op zichzelf staand gerealiseerd kan worden;
- de kans heeft een andere hoofddoelstelling dan waterveiligheid of het toevoegen van extra kwaliteiten of functionaliteiten ten op zichte van de bestaande kwaliteiten;
- de kans wordt in nagenoeg dezelfde periode gerealiseerd.

Meekoppelkansen voor project Stenendijk Hasselt

Voor het project Stenendijk Hasselt zijn al een aantal meekoppelkansen bekend. Het waterschap, beheerder van de muur, ziet de dijkversterking bijvoorbeeld als een kans om gelijktijdig herstelwerkzaamheden aan het

metselwerk van de stenen muur uit voeren. Daarnaast zijn door de betrokken overheden voorafgaand aan de Verkenning de al bekende meekoppelkansen geïnventariseerd. Dit zijn:

- gemeente Zwartewaterland heeft de wens om de historische waarde van de Stenendijk zichtbaarder te maken en de belevingswaarde van dit erfgoed te verbeteren;
- gemeente Zwartewaterland wil groot onderhoud uitvoeren aan de weg op de Stenendijk¹.

Bij de keuze van kansrijke alternatieven is in beeld gebracht wat dit betekent voor de bovenstaande meekoppelkansen. Dit is beschreven in paragraaf 4.4.

¹ Wanneer blijkt dat de dijkversterking zelf leidt tot aantasting van het fietspad, vallen de benodigde herstelwerkzaamheden aan de weg onder de opgave van de dijkversterking en is daarmee geen meekoppelkans.

SAMENSTELLEN VAN MOGELIJKE ALTERNATIEVEN

Het waterschap heeft in twee stappen vijf mogelijke alternatieven samengesteld. Deze stappen zijn toegelicht in paragraaf 3.1. In paragraaf 3.2 zijn de mogelijke alternatieven beschreven en in paragraaf 3.3 is aangegeven welke oplossingsrichtingen niet mogelijk zijn en daarom zijn afgefallen.

3.1 Hoe zijn de mogelijke alternatieven bepaald?

Ontwerpstap 1: brede inventarisatie van denkbare oplossingen

Op basis van de veiligheidsopgave (zie hoofdstuk 2) is een brede inventarisatie gemaakt van alle denkbare maatregelen die bijdragen aan het (hoogwater)veilig maken van de dijk. Er zijn zoveel mogelijk verschillende oplossingen in beeld gebracht om te voorkomen dat in een later stadium oplossingen worden aangedragen die nog niet onderzocht zijn. In totaal zijn er circa 50 maatregelen bedacht die ieder afzonderlijk een oplossing bieden voor een of meer van de faalmechanismen. Een overzicht van deze maatregelen is opgenomen in de Ontwerpnota mogelijke alternatieven (Witteveen+Bos, 2019b).

Een aantal van deze maatregelen zijn op voorhand reeds afgefallen omdat ze niet kansrijk zijn. Dat wil zeggen: de maatregel lost het veiligheidsprobleem niet op, is niet maakbaar of niet of moeilijk te beheren en onderhouden. In paragraaf 3.3 is toegelicht welke maatregelen op voorhand zijn afgefallen.

De overige maatregelen zijn gebundeld tot logische groepen van maatregelen. Dit zijn maatregelen die ruimtelijk niet of nauwelijks onderscheidend zijn en/of dezelfde principe oplossing vormen voor een faalmechanisme. De circa 50 maatregelen zijn daarmee teruggebracht tot de volgende onderscheidende en maatregelen:

- een zelfstandig kerende constructie. Een constructie die zelfstandig zorgt voor de waterveiligheid: de constructie zorgt voor voldoende hoogte, stabiliteit en lost ook het pipingprobleem op;
- het versterken (en verhogen) van de stenen muur. Dit kan door middel van een (verticale) constructieve maatregel achter de muur;
- een binnendijkse versterking in grond: het aanbrengen van grond aan de binnenzijde van de dijk. Deze binnendijkse versterking zorgt voor stabiliteit maar kan ook het pipingprobleem oplossen;
- een buitendijkse versterking in grond: het aanbrengen van grond aan de buitenzijde van de dijk. Deze buitendijkse versterking zorgt voor stabiliteit, golfdemping en kan het pipingprobleem oplossen door bijvoorbeeld het ingraven van klei;
- het realiseren van een geheel nieuwe dijk, door een dijkverlegging binnen- of buitenwaarts;
- een verticale pipingmaatregel zoals een pipingscherm of innovatieve maatregelen zoals een verticaal folie;
- een gecombineerd piping- en stabiliteitsscherm.

Deze onderscheidende en kansrijke maatregelen vormen de basis voor het samenstellen van de mogelijke alternatieven.

Ontwerpstap 2: samenstellen van mogelijke alternatieven

De geïnventariseerde maatregelen bieden een oplossing voor een of meerdere faalmechanismen van de dijk. Om een antwoord te geven op alle faalmechanismen moeten de maatregelen gecombineerd worden. Het onderzoeken van elke combinatie van maatregelen vergt onnodig veel onderzoeksinspanning en levert geen

meerwaarde in de trechtering van grof naar fijn. Bij de samenstelling van mogelijke maatregelen zijn de volgende aandachtspunten gebruikt:

- het mogelijke alternatief is **één integrale oplossing**, die alle veiligheidsproblemen van de dijk (de faalmechanismen) in één keer oplossen;
- de mogelijke alternatieven verbeelden een **principe oplossing**. Het exacte ontwerp hiervan kan in de volgende fasen nader uitgewerkt worden. Zo bestaat één van de mogelijke maatregelen uit de principe oplossingen 'constructie'. Dit kan in de volgende fasen nader uitgewerkt worden als een damwand, diepwand of bijvoorbeeld kistdam constructie;
- de mogelijke alternatieven zijn samengesteld op basis van **onderscheidende kenmerken**. Op deze manier helpen de mogelijke maatregelen in het keuzeprocess. Ze zijn onderscheidend op de onderdelen waar echt iets te kiezen is en een afweging bestaat tussen belangen. Dit onderscheid zit voornamelijk in het ruimtegebruik en het type technische oplossing. Voor de Stenendijk zijn er daarom zowel mogelijke alternatieven samengesteld binnen het huidige ruimtebeslag van de dijk en buiten de huidige dijk, zoals een verlegging van de dijk richting het Galgenrak (buitendijks) of landinwaarts (binnendijks);
- ten slotte moeten de mogelijke alternatieven (in theorie) wel **technisch maakbaar zijn**. Maatregelen of combinaties ervan die niet mogelijk zijn, zijn niet verder onderzocht. In paragraaf 3.3 is beschreven welke maatregelen zijn afgevallen.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten zijn vijf mogelijke alternatieven gedefinieerd. Deze zijn in paragraaf 3.3 beschreven.

3.2 Participatie in het ontwerpproces

Bij het bepalen, vaststellen en beoordelen van de mogelijke alternatieven heeft het waterschap afstemming gezocht met de omgeving. In onderstaande tabel zijn deze participatiemomenten toegelicht.

Tabel 3.1 Participatiemomenten tot aan kansrijke alternatieven

Participatiemoment	Toelichting
Startdocument Stenendijk Hasselt	Bij de start van de verkenning heeft het waterschap een Startdocument opgesteld. Hierin is onder andere beschreven op welke manier het waterschap onderzoek doet om de Stenendijk te versterken. Doel van het document was om de omgeving te informeren over het project en te vragen of er suggesties zijn voor mogelijke alternatieven. Van 22 mei tot 20 juni heeft het Startdocument ter inzage gelegen.
Belevingswaardenonderzoek (mei)	Om de waarde van de dijk voor aanwonenden, omwonenden, recreanten en passanten goed in beeld te krijgen, is een belevingswaardenonderzoek uitgevoerd. Door middel van keukentafelgesprekken, een online-enquête en gesprekken op de dijk met passanten en recreanten hebben landschapsarchitecten de kwaliteiten, knelpunten en kansen aan het begin van het ontwerpproces in beeld gebracht.
Inloopavond (14 mei) - toelichting opgave Stenendijk	Op 14 mei heeft de eerste inloopavond van project Stenendijk plaatsgevonden. De omgeving is geïnformeerd over de opgave van de Stenendijk en het proces van het waterschap om te komen tot een veilige dijk. De omgeving heeft aandachtspunten meegegeven.
Ontwerpatelier (4 juni) - mogelijke alternatieven	Op 4 juni 2019 heeft het ontwerpatelier mogelijke alternatieven plaatsgevonden met de volgende betrokkenen: direct aanwonenden en vertegenwoordigers van het waterschap en de provincie Overijssel. Dit ontwerpatelier heeft geleid tot enkele suggesties voor aanpassingen (zie 3.3) en inzicht in de mate van draagvlak voor de alternatieven. Er zijn geen nieuwe alternatieven voorgesteld.
Keukentafelgesprekken langs de dijk (mei - juni)	Direct aanwonenden zijn persoonlijk benaderd door het waterschap. Deze direct betrokkenen zijn hierdoor vroegtijdig aangehaakt,

Participatiemoment	Toelichting
	geïnformeerd en hebben de mogelijkheid gehad om vroeg in het proces oplossingen en kansen aan te dragen. Daarnaast hebben de keukentafelgesprekken veel lokale gebiedskennis opgeleverd.
Inloopavond (18 juni) - van mogelijke tot kansrijke alternatieven	Op 18 juni heeft het waterschap de mogelijke alternatieven toegelicht tijdens een open inloopavond. Tijdens deze bijeenkomst kon iedereen reageren op de alternatieven door hun voorkeur en aandachtspunten mee te geven. Voor de mensen die niet op de informatieavond aanwezig konden zijn, is er een E-platform opgesteld, waarbij online gereageerd kon worden op de mogelijke alternatieven. Resultaat: inzicht in de mate van draagvlak voor de alternatieven en belangrijke aandachtspunten bij de alternatieven.

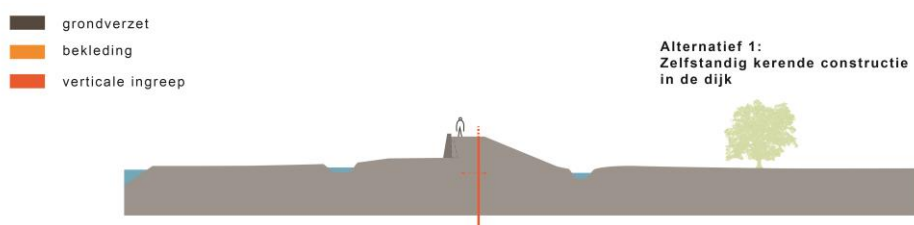
3.3 Beschrijving mogelijke alternatieven

Het waterschap heeft vijf mogelijke alternatieven gedefinieerd: mogelijke oplossingen voor het versterken van de Stenendijk. Hieronder volgt een toelichting op deze alternatieven. Van enkele alternatieven zijn twee uitwerkingen gemaakt; versie A en B. De mogelijke alternatieven zijn uitgewerkt op het detailniveau passend bij deze stap in de verkenningsfase. Dit betekent dat er voor de ontwerpen van de alternatieven gebruik is gemaakt van veel gebruikte ontwerpuitgangspunten en vuistregels. De afmetingen van deze mogelijke alternatieven kennen daardoor nog een (relatief grote) bandbreedte. Voor elk van de mogelijke alternatieven is een dwarsprofiel en tracékaart opgenomen.

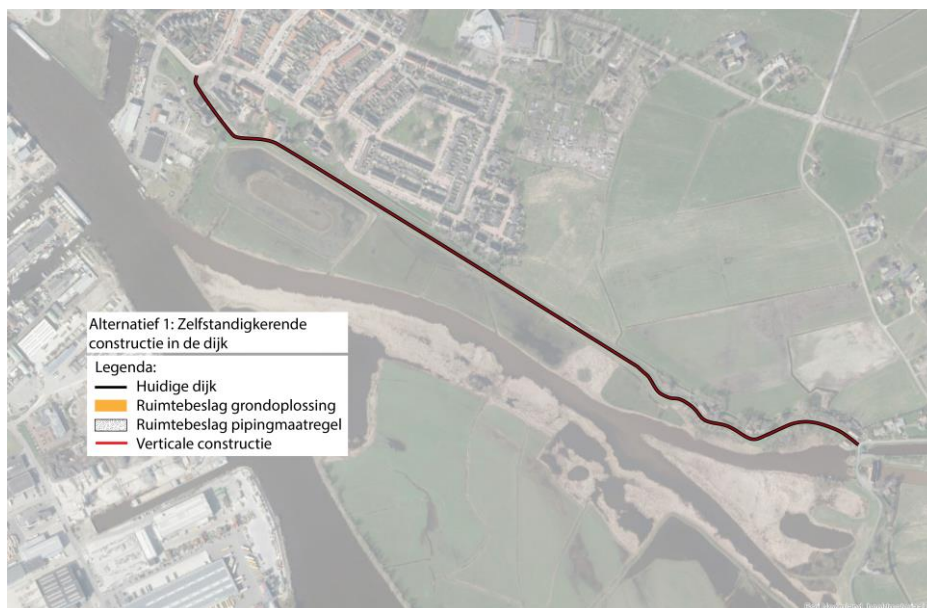
Mogelijk alternatief 1 - Zelfstandig kerende constructie in de dijk

Bij dit alternatief wordt de dijkversterking in zijn geheel opgelost door het aanbrengen van een constructie in de dijk, waarbij deze constructie zorgt voor de waterveiligheid. Dit heet een zelfstandig kerende constructie. De constructie zorgt voor voldoende hoogte, stabiliteit en lost ook het pipingprobleem op. De stenen muur blijft gehandhaafd, maar verliest de formele waterkerende functie. Bij een zelfstandig kerende constructie zijn er geen aanvullende aanpassingen nodig aan het talud van de huidige dijk: de kering is niet afhankelijk van het omliggende grondlichaam. Hiervoor geldt wel dat er een zware en sterke constructie benodigd is: de constructie wordt ca. 10-12 meter (diep) de grond in gebracht. Doordat geen aanpassingen aan het talud van de huidige dijk nodig zijn, ligt het voor de hand meer overslag toe te staan en daarmee de ophoging te beperken. Er is daarom één variant uitgewerkt, waarbij de dijk mogelijk wordt verhoogd (0-0,6 m) en in extreme omstandigheden (meer dan) 10 l/s/m water over de dijk kan stromen. Voorbeelden van zelfstandig kerende constructies zijn een wand van gewapend beton (diepwand) of twee aan elkaar verbonden damwanden (kistdam constructie). Door uitvoeringswerkzaamheden op en in de dijk moet de weg op de dijk na realisatie opnieuw aangelegd worden.

Afbeelding 3.1 Zelfstandig kerende constructie - dwarsprofiel



Afbeelding 3.2 Zelfstandig kerende constructie - tracé



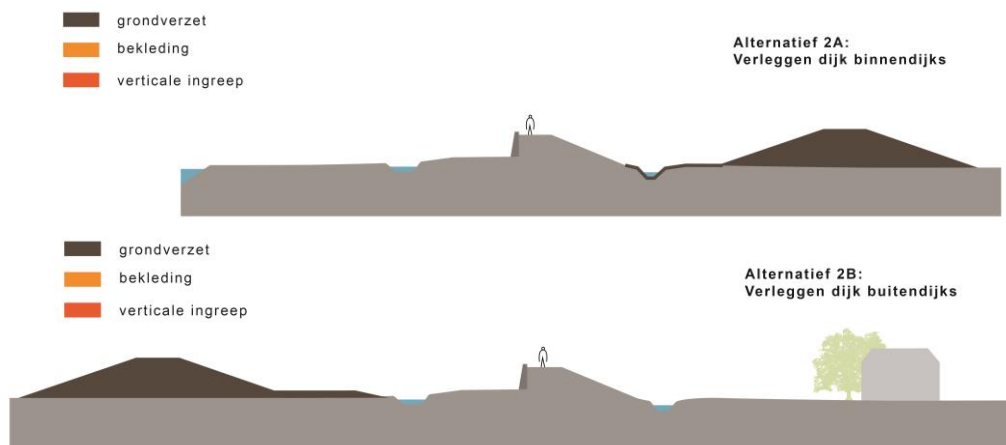
Mogelijk alternatief 2 - Verleggen van de dijk binnen- of buitendijks

Dit alternatief houdt in dat er een nieuwe dijk wordt aangelegd, in plaats van de huidige dijk. Alternatief 2 bestaat uit twee mogelijkheden, namelijk een binnendijkse (2A) of buitendijkse (2B) verlegging van de dijk. De bestaande dijk verliest de waterkerende functie. In het gebied tussen de nieuwe en bestaande dijk wordt over circa 25-35 meter klei op of onder het maaiveld aangebracht. De nieuwe dijk wordt circa 3-4 meter hoog (boven maaiveld) en 20-30 meter breed.

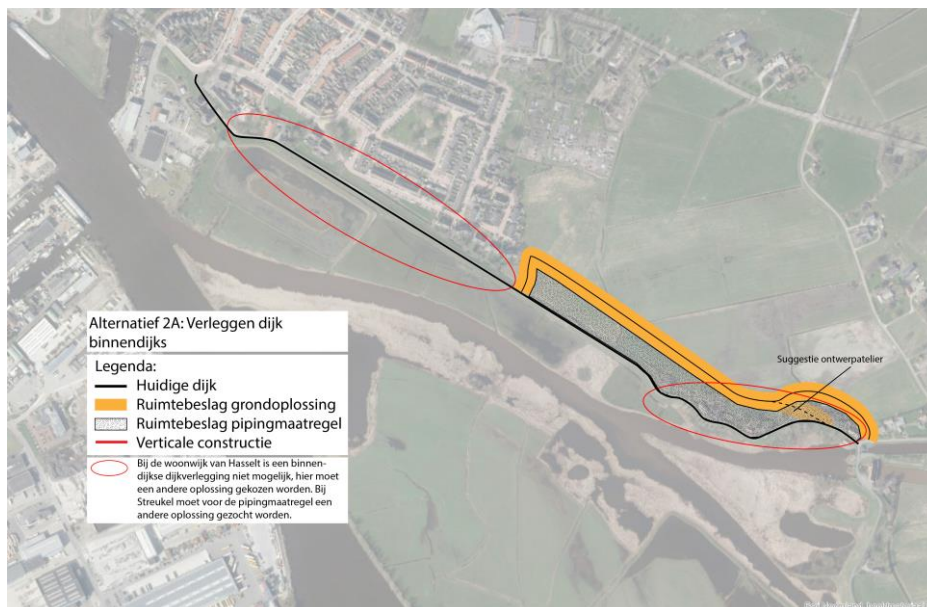
Alternatief 2A: bij dit alternatief wordt een nieuwe dijk aan de binnenzijde van de bestaande dijk gerealiseerd. Een binnendijkse verlegging van de dijk is enkel mogelijk op het tracé tussen de woningen bij Streukel en de woningen bij Hasselt. Voor het overige deel moet een andere oplossing gekozen worden. Tijdens het ontwerpatelier in juni is door de bewoners voorgesteld dat de binnendijkse versterking tussen adressen Stenendijk 8 en 10 weer op het huidige tracé aansluit.

Alternatief 2B: bij dit alternatief wordt een nieuw dijktracé aan de buitenzijde van de bestaande dijk gerealiseerd. Het tracé loopt door de uiterwaard, het gebied tussen de huidige dijk en het Galgenrak. In de afbeelding is dit alternatief weergegeven langs de oever van het Galgenrak. Een buitendijkse verlegging van de dijk is niet mogelijk op het tracé ten zuiden van de woningen bij Streukel. Voor dit deel moet een andere oplossing gekozen worden.

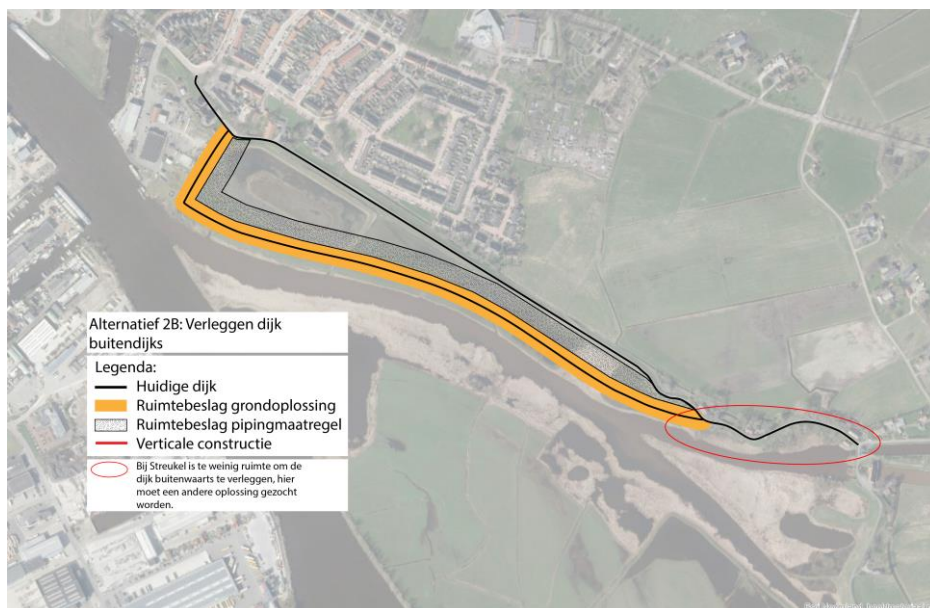
Afbeelding 3.3 Verleggen van de dijk - dwarsprofielen 2A (boven) en 2B (onder)



Afbeelding 3.4 Verleggen van de dijk - tracé 2A



Afbeelding 3.5 Verleggen van de dijk - tracé 2B



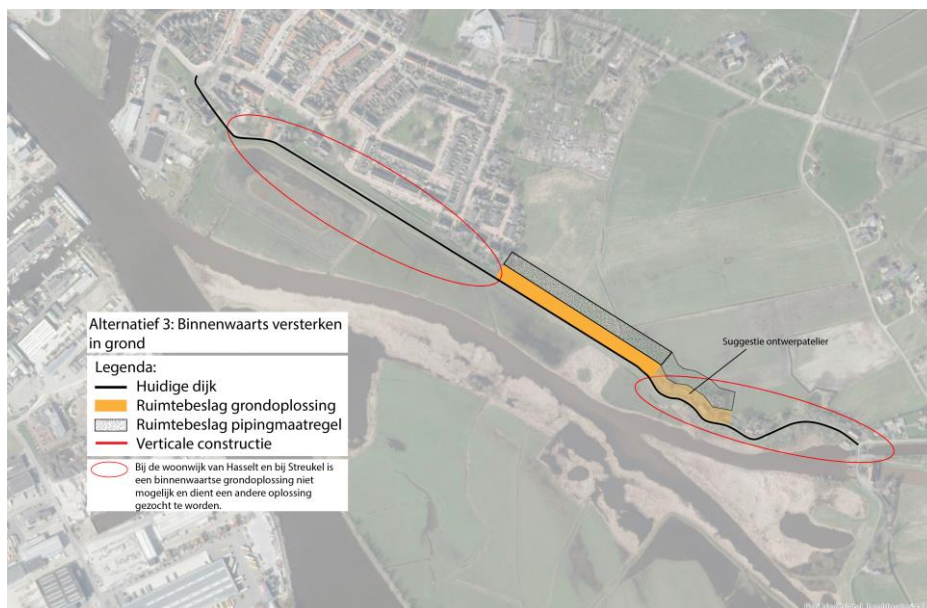
Mogelijk alternatief 3 - Binnenwaarts versterken in grond

Alternatief 3 bestaat uit een binnenwaartse versterking in grond. Aan de binnenzijde van de dijk wordt een grondlichaam gerealiseerd. Doordat het hier om een nieuw grondlichaam gaat, wordt de bekleding van klei en gras direct sterk genoeg uitgevoerd om (tijdens extreme omstandigheden) wateroverslag over de dijk toe te staan. De nieuwe dijk wordt circa 0-1 meter hoger dan de huidige dijk. De binnentoe van de dijk verschuift circa 25-35 meter landinwaarts. Een binnenwaartse versterking in grond is enkel mogelijk op het tracé tussen Streukel en Hasselt. Op de overige delen is onvoldoende ruimte om het grondlichaam fysiek in te passen. De weg op de dijk wordt in dit alternatief behouden op de huidige locatie. Tijdens het ontwerpatelier is door bewoners de mogelijkheid benoemd om de variant richting Streukel iets verder door te laten lopen, en woningen te verplaatsen.

Afbeelding 3.6 Binnenwaarts versterken in grond - dwarsprofiel



Afbeelding 3.7 Binnenwaarts versterken in grond - tracé



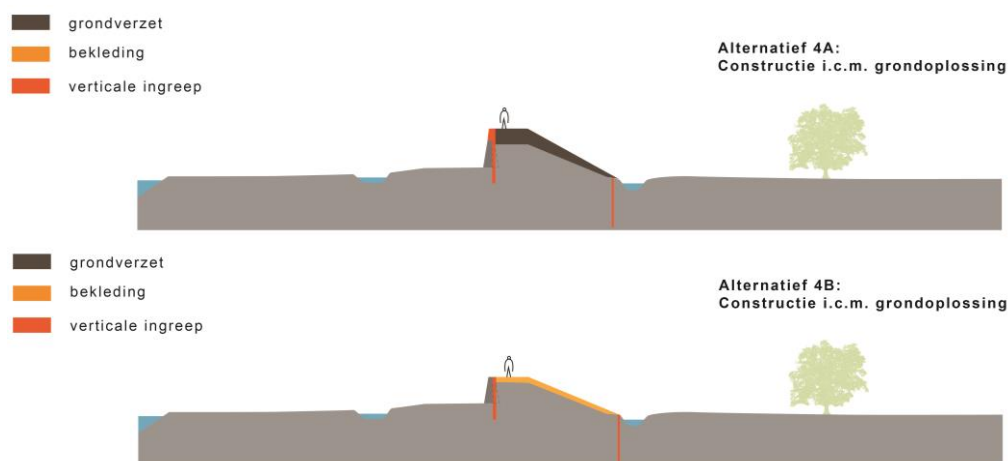
Mogelijk alternatief 4 - Constructie i.c.m. een grondoplossing

Alternatief 4 gaat ervan uit dat de huidige dijk (muur en grondlichaam) grotendeels zijn waterkerende functie behoudt, waarbij de oplossing plaatsvindt binnen het ruimtebeslag van de huidige dijk. Om het stabiliteitsprobleem van de muur op te lossen, wordt er een constructie vlak achter de stenen muur geplaatst. Hierbij kan gedacht worden aan het aanbrengen van een betonnen constructie achter de muur. Om het hoogteprobleem op te lossen zijn er twee mogelijkheden: ofwel (hoofdzakelijk) de kering ophogen, ofwel inzetten op het versterken van het binnentalud. In beide gevallen moet de weg op de dijk na realisatie opnieuw aangelegd worden als gevolg van uitvoeringswerkzaamheden.

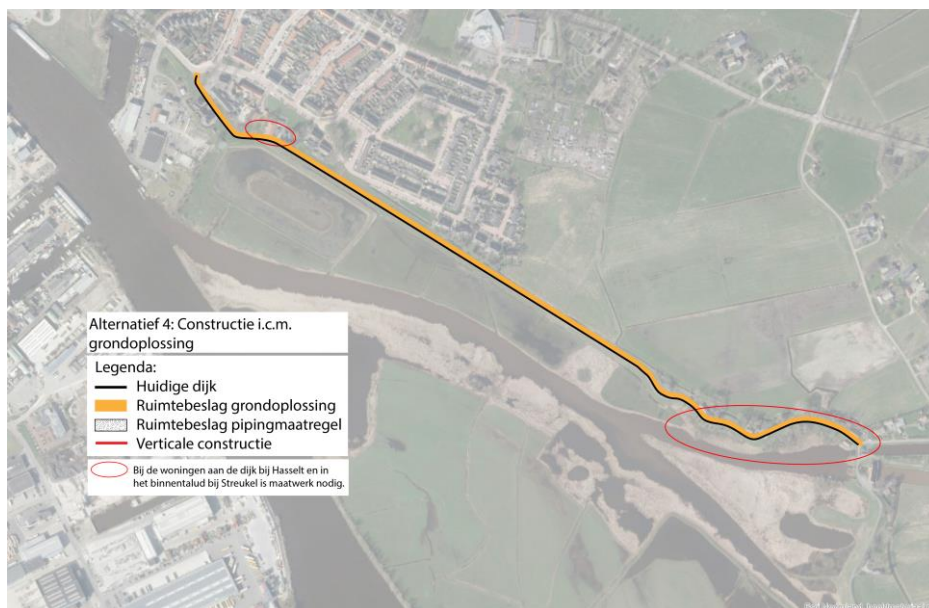
In **alternatief 4A** wordt de kering circa 1-1,5 m opgehoogd. Doordat het binnentalud steiler wordt, is een stabiliteitsscherm nodig, welke ook het pipingprobleem oplost.

In **alternatief 4B** wordt het binnentalud versterkt zodat in extreme omstandigheden meer water over de dijk kan stromen. Hierdoor kan de dijk minder hoog uitgevoerd worden dan alternatief 4A (circa 0-0,8 m). De pipingopgave wordt opgelost door middel van een verticale pipingmaatregel (voorbeeld: damwand).

Afbeelding 3.8 Constructie i.c.m. een grondoplossing - dwarsprofielen 4A (boven) en 4B (onder)



Afbeelding 3.9 Constructie i.c.m. een grondoplossing - tracé 4A en 4B gelijk



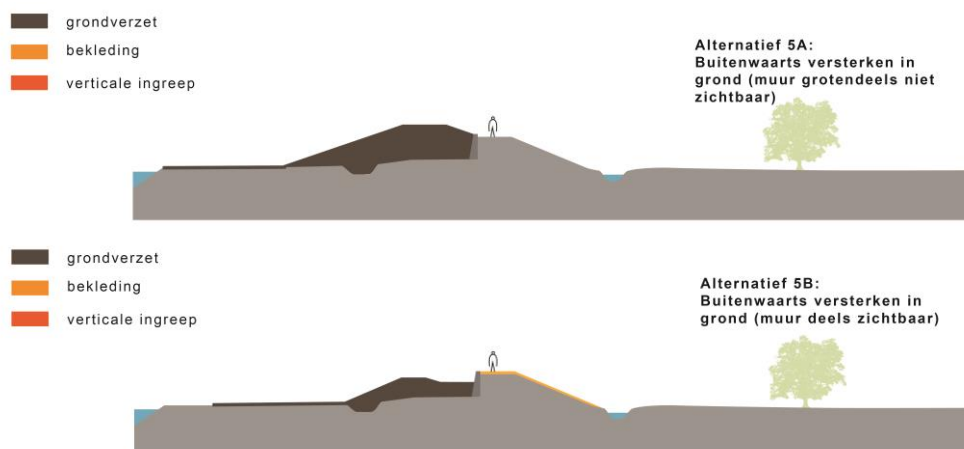
Mogelijk alternatief 5 - Buitenwaarts versterken in grond

Dit alternatief bestaat uit een buitenwaartse versterking in grond. Er zijn daarmee geen of beperkte maatregelen binnendijs nodig. Aan de buitenzijde van de dijk wordt een grondlichaam en pipingmaatregel aangelegd. Vanwege het zicht op de stenen muur zijn hiervoor twee varianten uitgewerkt. In beide gevallen bestaat de pipingmaatregel uit het ingraven van klei.

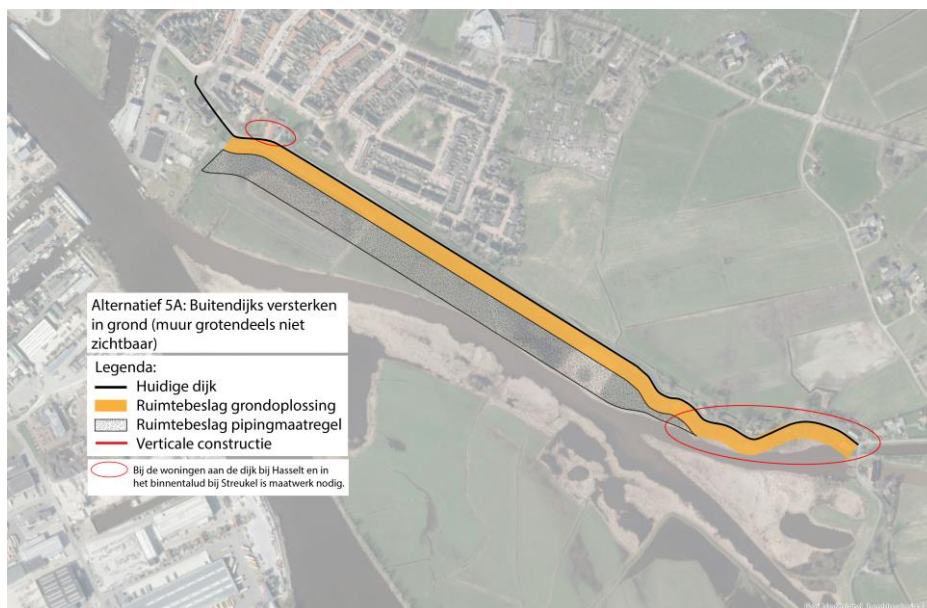
Alternatief 5A bestaat uit een buitenwaartse versterking in grond, waarbij de volledige muur verdwijnt achter het grondlichaam. Met het nieuwe grondlichaam wordt de dijk aan buitendijkse zijde met circa 20 meter verbreed en wordt de nieuwe kruin circa 1-2 m hoger dan de huidige kruin.

Alternatief 5B bestaat uit een buitenwaartse versterking in grond, waarbij het bovenste deel (circa 0,5-1,5 m) van de huidige stenen muur zichtbaar blijft. Met het nieuwe grondlichaam wordt de dijk aan buitendijkse zijde met circa 15 meter verbreed. Aanvullend wordt het binnentalud van de huidige dijk versterkt om water over de dijk toe te staan, de dijk wordt niet verhoogd.

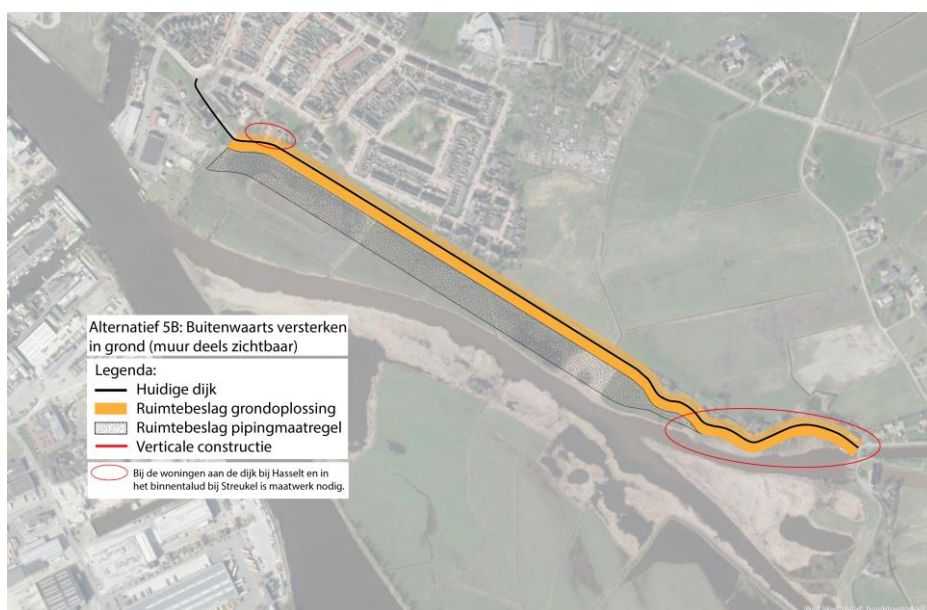
Afbeelding 3.10 Versterken in grond buitenwaarts - dwarsprofielen 5A (boven) en 5B (onder)



Afbeelding 3.11 Versterken in grond buitenwaarts - tracé 5A



Afbeelding 3.12 Versterken in grond buitenwaarts - tracé 5B



3.4 Toelichting afgevalen oplossingen

Een aantal van de geïnventariseerde maatregelen zijn op voorhand afgevalen omdat ze niet kansrijk zijn. Dat wil zeggen: de maatregel lost het veiligheidsprobleem niet op, is niet maakbaar of niet of moeilijk te beheren en onderhouden. Hieronder is kort toegelicht welke maatregelen zijn afgevalen en daardoor niet verder meegenomen worden in het ontwerp van de dijkversterking.

- **verleggen van de (kwel)sloot.** Het verleggen van de kwelsloot biedt maar een zeer beperkte oplossing voor het totale veiligheidsprobleem. Een slootverlegging kan daarmee alleen worden toegepast in combinatie met andere maatregelen of kan nodig zijn doordat een van de andere maatregelen ruimtebeslag heeft op de kwelsloot;
- **het toepassen van drainage.** Drainage is het afvoeren van water uit de bodem waardoor het grondwaterpeil verlaagt. Door drainage toe te passen wordt de waterspanning in de dijk verlaagd. Dit

heeft een positief effect op de stabiliteit. Het toepassen van drainage is echter geen maatregel die op zichzelf een oplossing biedt voor de stabiliteit en kan alleen toegepast worden in combinatie met andere maatregelen;

- **oplossingen die sterkte ontleen aan de stenen muur.** Zoals beschreven in paragraaf 2.1 weten we niet hoe sterk de stenen muur is en kunnen we dit alleen te weten komen door onderzoek met grote schade aan de monumentale muur. Hierdoor is besloten dat er geen sterkte ontleend kan worden aan de stenen muur. Een aantal alternatieven vallen hierdoor op voorhand af, zoals een golf remmende constructie aan de muur ('de neus') of het verankeren van de bestaande muur;
- **een voorlandkering.** Een voorlandkering is een extra kering vóór de primaire kering, dus aan de riviervoorzijde van de huidige kering. Door deze extra kering blijft er (na hoogwater) water staan tussen beide keringen, wat ervoor moet zorgen dat de stenen muur na hoogwater niet kantelt. Naast het feit dat dit niet direct oplossing biedt aan de totale veiligheidsopgave, en er aanvullende maatregelen moeten worden genomen om het waterbeheer te kunnen reguleren, is de voorlandkering niet veilig te verklaren. Belangrijkste reden hiervoor is dat er tijdens hoogwater geen sterkte aan de stenen muur kan worden ontleend (zie ook bovenstaande argument);
- **rivierverruimende maatregelen.** In verband met de hoge kosten die rivierverruimende maatregelen met zich meebrengen, kunnen deze alleen kosteneffectief zijn als ze voor alle projecten langs de Vecht gezamenlijk worden uitgevoerd. Dit wordt onderzocht in een meerjarig programma. Uit eerder onderzoek¹ blijkt dat rivierverruiming slechts zeer beperkte (<5 cm) waterstandsverlaging oplevert ter hoogte van de Stenendijk. De verhouding van impact en kosten van een rivierverruiming tot waterstandsreductie bij het traject Stenendijk Hasselt wordt daarom als niet haalbaar geacht;
- **alle maatregelen waarbij de dijk (deels) moet worden afgraven.** Deze maatregelen zijn afgefallen omdat de impact op de (monumentale) muur en daarmee kans op beschadigingen te groot is. Er kan niet worden gegarandeerd dat dit kan worden uitgevoerd zonder de stenen muur onherstelbaar te beschadigen. Een maatregelen die daardoor is afgefallen is bijvoorbeeld het vervangen van de grond in de kern van de dijk door lichter materiaal dan grond, zogeheten 'licht ophoogmateriaal'.

1 Hydrologic (november 2018). Onderzoek effectiviteit systeemmaatregelen POV Vecht.

4

SELECTIE KANSRIJKE ALTERNATIEVEN

Per mogelijk alternatief zijn de belangrijkste voor- en nadelen in beeld gebracht. Bij het bepalen en beoordelen van de mogelijke alternatieven is ook de omgeving betrokken (zie paragraaf 3.2). Op basis van deze beoordeling, en de inbreng vanuit de omgeving, is bepaald welke mogelijke alternatieven kansrijk zijn. Dit selectieproces (ook wel 'zeef 1') is nader toegelicht in paragraaf 4.1. De effectbeoordeling zelf is opgenomen in paragraaf 4.2. Paragraaf 4.3 geeft een antwoord op de vraag: welke alternatieven zijn kansrijk om verder uit te werken.

4.1 Hoe zijn de kansrijke alternatieven geselecteerd?

De vastgestelde mogelijke alternatieven (hoofdstuk 3) zijn in zeef 1 beoordeeld en tegen elkaar afgewogen. Doel van deze zeef is het onderzoeken welke mogelijke alternatieven kansrijk zijn, oftewel welke alternatieven naar verwachting technisch maakbaar, vergunbaar, betaalbaar en probleemoplossend zijn voor de waterveiligheidsopgave. Bij het bepalen en beoordelen van de mogelijke alternatieven is de omgeving betrokken (zie paragraaf 3.2). Op basis van deze beoordeling, en de inbreng vanuit de omgeving, is bepaald welke alternatieven kansrijk zijn. De alternatieven die op voorhand niet haalbaar zijn vallen daarmee af.

Afweging mogelijke alternatieven

Voor de trechtering van mogelijke naar kansrijke alternatieven, hanteert het waterschap een zogeheten afwegingskader. Het afwegingskader beschrijft de thema's waarop de alternatieven met elkaar worden vergeleken en op basis van welke informatie keuzes door het bestuur van het waterschap worden gemaakt. Dit kader is afgeleid uit de eisen van het Hoogwaterbeschermingsprogramma¹ en bestaat uit drie thema's: techniek, impact op de omgeving en kosten.

Tabel 4.1 geeft het afwegingskader weer voor zeef 1. Dit afwegingskader laat zien op welke aspecten de mogelijke alternatieven zijn beoordeeld en welke maatlat is gebruikt om de alternatieven te scoren.

¹ Het voorkeursalternatief dient te voldoen aan de eisen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma: technisch maakbaar, vergunbaar, betaalbaar, uitbreidbaar, beheerbaar en het oplossen van het hoogwaterveiligheidsvraagstuk.

Tabel 4.1 Afwegingskader en maatlat zeef 1

	Aspecten	Maatlat
 Techniek	Technische uitvoerbaarheid, uitbreidbaarheid voor toekomstige ontwikkelingen, beheer en onderhoud	- groen = alternatief is technisch eenvoudig uitvoerbaar, uitbreidbaar en te beheren en onderhouden; - oranje = alternatief is lastig uitvoerbaar en/of uitbreidbaar en/of te beheren en onderhouden; - rood = alternatief is zeer lastig of niet uitvoerbaar en/of uitbreidbaar en/of te beheren en onderhouden.
 Impact op omgeving	Natuur, bodem, water, rivierkunde, landschap, cultuurhistorie, archeologie, woon-, werk- en leefomgeving, veiligheid	- groen = alternatief heeft (na mitigatie) geen impact op de omgeving; - oranje = alternatief heeft (na mitigatie) beperkte impact op de omgeving; - rood = alternatief heeft grote impact op de omgeving, effect is niet of moeilijk te mitigeren/compenseren.
 Kosten	Investeringskosten, levenscycluskosten	- groen = goedkoopste alternatief of <50 % duurder dan het goedkoopste alternatief; - oranje = alternatief is 50-100 % duurder dan het goedkoopste alternatief; - rood = alternatief is > 100 % duurder dan het goedkoopste alternatief.

Toelichting beoordelingsmethodiek

In de stap van mogelijke naar kansrijke alternatieven is op basis van expert judgement een kwalitatieve inschatting gedaan van de kansen en risico's op de thema's techniek, impact op de omgeving en kosten. Hiervoor is veelal gebruik gemaakt van kennis van specialisten, kentallen (voor de kosteninschatting) en algemeen beschikbare informatie. Waar nodig voor de afweging van alternatieven zijn aanvullende (bureau)studies en veldbezoeken verricht. Dit geldt bijvoorbeeld voor de thema's ecologie, cultuurhistorie en archeologie. In de Effectnota mogelijke alternatieven (Witteveen+Bos, 2019a), zijn de resultaten van deze aanvullende onderzoeken beschreven.

Bij de beoordeling van de mogelijke alternatieven is gebruik gemaakt van een driepuntsschaal: groen, oranje en rood. In tabel 4.1 is aangegeven hoe de verschillende scores per aspect geïnterpreteerd zijn voor zeef 1. Bij de beoordeling van kosten is gescoord ten opzichte van het goedkoopste alternatief¹.

De beoordeling van de mogelijke alternatieven is opgesteld in (interne) sessies met experts en getoetst in de omgeving tijdens het ontwerpatelier op 4 juni 2019. Daarnaast zijn de resultaten met de omgeving besproken op de inloopbijeenkomst op 18 juni 2019.

4.2 Beoordeling mogelijke alternatieven

Deze paragraaf beschrijft de beoordeling op de in hoofdstuk 3 geïntroduceerde mogelijke alternatieven. In tabel 4.2 zijn de onderscheidende kansen en risico's samengevat vanuit techniek, impact op de omgeving en kosten.

Beoordeling Techniek

Vanuit techniek zijn de alternatieven beoordeeld op technische uitvoerbaarheid, uitbreidbaarheid voor toekomstige ontwikkelingen en beheer en onderhoud.

Technische uitvoerbaarheid

De alternatieven waarin constructies aanwezig zijn (alternatieven 1, 4A en 4B) brengen technische risico's met zich mee in verband met de bereikbaarheid op de dijk voor zwaar materieel en de belasting van de dijk door zwaar materieel. In verband met de kwetsbaarheid van de muur is het wenselijk bij de uitvoering zoveel

¹ Dit sluit aan bij de gedachte van de HWBP subsidieregeling: in principe financiering voor een sober en doelmatig ontwerp.

mogelijk uit te gaan van trillingsvrije opties die voor een beperkte belasting op de dijk zorgen. Daarnaast is het plaatsen van een constructie dichtbij of tegen de muur risicovol gelet op de kwetsbaarheid van de muur en de steunberen die mogelijk aanwezig zijn aan de binnenzijde van de muur. Dit risico is het grootst voor alternatief 4, waar de constructie direct achter de muur wordt aangebracht. Voor overige alternatieven worden geen problemen verwacht met betrekking tot technische uitvoerbaarheid.

Uitbreidbaarheid

Oplossingen in grond (alternatieven 2A, 2B, 3, 5A en 5B) zijn relatief eenvoudig uitbreidbaar voor toekomstige ontwikkelingen. Robuuste nieuwe grondlichamen met flauwe (1:3) taluds bieden ruimte om in de toekomst de dijk te verhogen met grond. Constructies zijn minder makkelijk aan te passen wanneer in de toekomst een hogere of sterkere dijk nodig is. Wanneer een diepere of sterkere constructie nodig is, moet de constructie mogelijk vervangen worden. Hierbij is alternatief 4 het minst makkelijk uitbreidbaar, omdat bij dit alternatief de huidige dijk opgehoogd wordt binnen de nu aanwezige contouren, en de taluds steil zijn.

Beheer en onderhoud

Het beheer en onderhoud wordt voornamelijk bepaald door de taluds van de kering, de bereikbaarheid van de te onderhouden delen en de hoeveelheid te beheren kering. In principe zijn nieuwe grondlichamen met flauwe (1:3) taluds goed te onderhouden. De belangrijkste aandachtspunten voor de keringen zijn daardoor:

- een alternatief met een zelfstandig kerende constructie (alternatief 1) blijft lastig te beheren vanwege de (huidige) steile taluds;
- bij de alternatieven met een dijkverlegging (alternatieven 2A en 2B) is het nieuwe grondlichaam een uitbreiding van het huidige beheerareaal. Naast de nieuwe dijk moet ook de huidige dijk (met steile taluds) beheerd en onderhouden worden. Bij een binnendijkse dijkverlegging (alternatief 2A) ontstaat daarnaast een nieuw peilgebied tussen de huidige en de nieuwe dijk dat ook beheerd moet worden;
- bij binnendijkse of buitendijkse grondaanvullingen (alternatieven 3, 5A en 5B) worden nieuwe keringen met flauwe taluds aangelegd, die relatief eenvoudig te beheren en onderhouden zijn;
- bij alternatieven 4A en 4B worden de taluds steiler, wat nadelig is voor het beheer en onderhoud.

Beoordeling Impact op de omgeving

De impact op de omgeving wordt voornamelijk bepaald door de impact op de thema's woon-, werk- en leefomgeving, natuur, landschap, cultuurhistorie en rivierkunde. Deze effecten zijn hieronder kort toegelicht. Specifiek voor de thema's natuur, cultuurhistorie en rivierkunde vormen grote effecten een risico op de vergunbaarheid van het alternatief. Een nadere onderbouwing van het thema Impact op de Omgeving is terug te vinden in de Effectnota mogelijke alternatieven (Witteveen+Bos, 2019a).

Woon-, werk- en leefomgeving

Alle alternatieven hebben invloed op de woon-, werk- en leefomgeving. De effecten per alternatief verschillen en worden hoofdzakelijk veroorzaakt door ophoging van de dijk en/of het ruimtebeslag van de dijk en/of de aanleg. Ter hoogte van Hasselt en Streukel staan woningen dicht op of nabij de dijk. De aanpassingen aan de dijk hebben voornamelijk effect op deze woningen.

Bij alternatieven 1 en 4 (constructies in het huidige dijklichaam) zorgt ophoging mogelijk voor zichthinder en verminderde lichtinval. Dit effect is het grootst voor alternatief 4A waar de dijk met ca. 1-1,5 meter wordt verhoogd. Dit effect is van toepassing op de woningen op of direct aan de dijk in Hasselt en Streukel.

Bij een aantal alternatieven worden binnendijks maatregelen getroffen in de vorm van een grondlichaam (alternatief 3 en 4A) en het versterken van de bekleding (alternatieven 4B en 5B). Dit heeft invloed op het uitzicht op de dijk en de inrichting van tuinen van mensen. Voor alternatief 3 geldt dat de binnendijkse versterking van de huidige dijk alleen mogelijk is ten oosten van de woningen van Hasselt tot aan Streukel. Indien woningen niet behouden blijven kan de binnendijkse versterking verder doorgetrokken worden. Dit leidt echter tot aanzienlijke meerkosten van de dijk en is voor de meeste bewoners een (zeer) onwenselijke situatie.

Bij een binnendijkse dijkverlegging (alternatief 2A) worden daarnaast enkele woningen in Streukel niet meer beschermd door een primaire kering (en liggen dan feitelijk gezien buitendijks).

Alle alternatieven leiden daarnaast tot overlast in de aanlegfase. Dit als gevolg van bijvoorbeeld graaf- en heiwerkzaamheden en het transport van materiaal en materieel. Voor alle alternatieven geldt daarom dat er strenge eisen gesteld moeten worden aan de uitvoering om de overlast en schade van de uitvoering zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken.

Voor alle alternatieven geldt daarnaast als belangrijk aandachtspunt dat de recreatieve waarde van het gebied (waaronder het struinp pad, de weg op de dijk en de natuurlijke uitzichten) zoveel mogelijk behouden of mogelijk versterkt moeten worden.

Natuur

De buitendijkse oplossingen (alternatieven 2B en 5) hebben een groot risico vanwege het ruimtebeslag op beschermde natuurwaarden, waaronder het Natuurnetwerk Nederland (NNN) en het Natura 2000-gebied Uiterwaarden Zwarte Water en Vecht. Met betrekking tot het Natura 2000-gebied is het niet toegestaan om (significant) negatieve effecten te veroorzaken op de instandhoudingsdoelstellingen van een Natura 2000-gebied. Projecten of andere handelingen die de kwaliteit van de natuurlijke habitats of de habitats van soorten in dat gebied kunnen verslechteren of een significant verstoring effect kunnen hebben op de soorten waarvoor dat gebied is aangewezen, zijn vergunningsplichtig. Met betrekking tot het NNN geldt dat binnen deze gebieden geen bestemmingen aangewezen mogen worden of activiteiten plaats mogen vinden die leiden tot een significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden, of tot een significante vermindering van de oppervlakte van die gebieden, of van de samenhang tussen die gebieden.

Indien significant negatieve effecten (Natura 2000) of significante aantasting van de wezenlijke kenmerken en waarden (NNN) niet uitgesloten kunnen worden, dan moet de zogeheten ADC-toets doorlopen worden. Het alternatief is dan enkel vergunbaar indien er geen Alternatieven zijn, er een Dwingende reden van groot openbaar belang is en de nodige Compenserende maatregelen getroffen worden. Het oppervlakteverlies van N2000-gebied en NNN is op basis van expert inschatting mogelijk compenseerbaar, maar wanneer andere alternatieven zonder ruimtebeslag en (minder) verstoring reëel zijn, dan is buitendijks ruimtebeslag moeilijker te onderbouwen. Dit geeft een groot (juridisch) risico voor alternatieven 2B en 5.

Alle alternatieven zorgen in de aanlegfase voor uitstoot van stikstof en leiden daardoor mogelijk tot verzuring en vermisting van de natuur. Dit is voor de afweging van alternatieven niet onderscheidend en daarom ook niet verder onderzocht in de verkenningfase.

Alle alternatieven hebben daarnaast mogelijk effect op verstoring van beschermde soorten. Dit betreft onder andere soorten als de otter, waterspitsmuis en vleermuizen. De alternatieven met buitenwaartse versterking (alternatief 2 en 5) leiden mogelijk ook tot vernietiging van leefgebied van soorten (vb. de grote modderkruiper). Voor alle alternatieven geldt dat er strenge eisen gesteld moeten worden aan de uitvoering om de verstoring van soorten en vernietiging van essentieel leefgebied te voorkomen, te beperken en te compenseren.

Landschap

Belangrijke kenmerkende eigenschappen van het landschap zijn

- de eenduidigheid van de dijk als unieke rechte lijn in een verder kronkelige dijk en;
- het open zicht op de uiterwaarde.

Voornamelijk alternatieven 2 (dijkverlegging) en 3 (binnenwaartse dijkversterking), en in mindere mate alternatief 5, doen afbreuk aan deze kenmerken. Bij alternatieven 2 en 3 verdwijnt de eenduidigheid van de dijk doordat ze maar over een beperkt gedeelte van het tracé toepasbaar zijn. Hierdoor moet voor de overige delen van de dijk gezocht worden naar een alternatieve oplossing wat leidt tot een landschappelijk onwenselijke oplossing: een minder continu tracé. Bij de alternatieven met een constructie in de dijk (alternatieven 1 en 4) wordt het herkenbare profiel grotendeels behouden. Aandachtspunt is de inpassing van de constructie in het profiel van het grondlichaam. Het is landschappelijk onwenselijk als de constructie (hoog) boven het profiel van het grondlichaam uitsteekt.

De alternatieven 2, 3 en 5 hebben allen invloed op de kenmerkende openheid van het gebied. Bij alternatief 2 (binnen- of buitendijkse verlegging) wordt er een nieuwe lijn aan het landschap toegevoegd die

het open zicht op het gebied beperkt. Bij binnendijks versterken in grond (MA3) vindt deels ruimtebeslag op het open gebied plaats. De dijk neemt zo een prominentere rol in het open landschap in. De buitendijkse versterking heeft een vergelijkbaar effect in de uiterwaard (MA5).

Cultuurhistorie

De Stenendijk is in Nederland de laatst overgebleven historische stenen zeewering en heeft een belangrijke cultuurhistorische waarde. De alternatieven 2A, 2B en 5 hebben grote negatieve effecten op deze waarden van de dijk.

- bij alternatieven 2A en 2B (dijkverleggingen) wordt er een nieuwe dijk gerealiseerd, waardoor de kerende functie van de dijk verdwijnt. De muur wordt daarmee alleen een sierobject.
- bij alternatief 5 (buitenwaartse dijkversterking) wordt grond aangebracht tegen de muur waardoor de muur (grotendeels) verdwijnt. Dit heeft een groot negatief effect op de belevingswaarde van de muur.

Het is daarnaast erg lastig om een constructie (alternatieven 1 en 4) dicht achter de huidige muur te plaatsen zonder enige aantasting van de muur. Dit risico is beoordeeld onder technische haalbaarheid.

De kering is aangewezen als rijksmonument. Met deze status is de kering in principe 'beschermd': er is altijd een vergunning nodig voor wijzigingen aan de Stenendijk. De omgeving (zoals omwonenden, RCE en de gemeente) heeft aangegeven dat het van groot belang is om de karakteristieke stenen muur te behouden. Het is daarom te verwachten dat eventuele verstoringen aan de stenen muur door de omgeving zoveel mogelijk worden tegengehouden door het vergunningenproces te vertragen of te verstoren. De alternatieven 2A, 2B en 5 hebben daarmee een groot (juridisch) risico.

Archeologie

De stenen muur en het dijklichaam zijn aangewezen als gebied met hoge archeologische verwachtingswaarde. Naar verwachting zijn (restanten van) de fundering van de muur, eventuele ophogingsfasen in het bodemprofiel van de dijk en mogelijke oudere constructieresten van de kering aanwezig. In principe is de bodem de beste locatie om archeologische resten goed te bewaren. Er moet daarom gestreefd worden om deze waarden zoveel mogelijk in de bodem (in situ) te bewaren. Wanneer dat niet kan, is aanvullend archeologisch onderzoek vereist. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de alternatieven met een constructie in de dijk, voornamelijk alternatief 1 en alternatief 4. Op basis van het aanvullende onderzoek kan bijvoorbeeld gekozen worden om archeologische resten op te graven of om de uitvoering alleen plaats te laten vinden onder archeologische begeleiding. Dit zorgt voor risico's in tijd en geld.

Bij de andere alternatieven is er sprake van mogelijke verstoring of vernietiging van het archeologische bodemarchief. Langs de dijk liggen namelijk gebiedjes met zeer hoge of hogere verwachtingswaarden. Bij bodemroering of bij ophogen kan dit de sporen en resten in de bodem verstoren of vernietigen. Dit is een conservatieve beoordeling. Door onderzoek kan blijken dat de verwachte waarden niet aanwezig zijn. Als ze wel aanwezig blijken, is er ook bij deze alternatieven een nadere onderzoeksplicht.

Rivierkunde

Binnendijkse ingrepen hebben geen effect op de rivierkundige situatie, buitendijkse ingrepen hebben dat wel. Naar verwachting zijn deze effecten beperkt doordat het gebied stroomluw is en de uiterwaarden relatief breed zijn. De buitendijkse ingrepen (alternatieven 2B en 5) leiden echter wel tot een afname van (stroomvoerend) rivierbed.

Bij de afweging tussen binnen- en buitendijks versterken hanteert het hoogwaterbeschermingsprogramma de redeneerlijn buitendijks versterken¹. Dit betekent dat, waar mogelijk, zoveel mogelijk binnendijks wordt versterkt. Voor buitendijkse ingrepen moet aantoonbaar worden gemaakt dat binnendijkse oplossingen redelijkerwijs niet mogelijk zijn. Hiervan is sprake wanneer een binnendijkse versterking leidt tot onredelijk hoge kosten ten opzichte van een buitendijkse versterking, of omdat de binnendijkse versterking technisch zeer lastig te realiseren is en/of leidt tot aantasting van belangrijke maatschappelijke waarden. De effecten van de buitendijkse ingrepen worden getoetst aan het rivierkundige beoordelingskader en waar nodig

¹ Een afspraak (2018) tussen het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en de Unie van Waterschappen, vastgelegd in de factsheet: 'Dijkversterkingen langs de grote rivieren. Redeneerlijn buitendijks (rivierwaarts) versterken'.

gecompenseerd. Met name de buitendijkse dijkverlegging (alternatief 2B), in mindere mate de buitenwaartse dijkversterking (alternatief 5), heeft daarmee een groot risico op de vergunbaarheid.

Beoordeling Kosten

Voor alle alternatieven zijn de investeringskosten geraamd (Witteveen+Bos, 2019a). Deze investeringskosten zijn hoofdzakelijk bepaald op basis van de directe bouwkosten zoals het aanbrengen en afvoeren van grond en het aanbrengen van de constructie, een inschatting van de benodigde grondaankoop en onzekerheidsopslagen. Er is nog geen rekening gehouden met (kostenverhogende) aspecten als kabels en leidingen, bodemverontreinigingen, archeologie, niet gesprongen explosieven, planschade en nadeelcompensatie. De raming heeft een onzekerheidsmarge van circa 40%.

Niet alle alternatieven zijn over het gehele dijktracé van de Stenendijk inpasbaar. Om deze alternatieven toch te kunnen vergelijken, zijn per alternatief de kosten per strekkende meter dijk geraamd.

- een buitenwaartse dijkversterking (alternatief 5B) is het goedkoopste alternatief. Dit komt voornamelijk door de beperkte hoeveelheid aan te brengen grond. Ook bij een binnenwaartse dijkversterking (alternatief 3) wordt een beperkte hoeveelheid grond aangebracht, waardoor deze minder dan 50 % duurder is dan alternatief 5B;
- alternatief 2A (buitendijkse dijkverlegging) en alternatief 5A (buitenwaartse dijkversterking) zijn 50-100 % duurder dan alternatief 5B. Dit komt voornamelijk doordat er meer grondverzet nodig is;
- een zelfstandig kerende constructie (alternatief 1) is 50-100 % duurder. De hogere kosten worden veroorzaakt door de constructie;
- alternatieven 2B, 4A en 4B zijn meer dan 100 % duurder. Bij alternatief 2B (buitendijkse dijkverlegging) wordt dit veroorzaakt door het extra grondverzet van de dijk (inclusief bekleding) en de pipingberm. Bij alternatieven 4A en 4B (constructies) worden de hoge kosten bepaald door de twee constructies, waarvan één moeilijk installeerbaar is gelet op de stenen muur en de huizen.

Tabel 4.2 Beoordeling mogelijke alternatieven

Alternatief	 Techniek	 Impact op de omgeving	 Kosten
1 zelfstandig kerende constructie	Beperkte risico's in uitvoering (geen standaard methodes), lastig beheerbaar en lastig uitbreidbaar.	Impact beperkt/mitigeerbaar. Belangrijkste onderscheidende aandachtspunten: doorsnijden archeologische waarden en inpassing van constructie binnen profiel grondlichaam.	Alternatief is 50-100 % duurder dan het goedkoopste alternatief.
2A verleggen van de dijk binnendijks	Technisch uitvoerbaar en uitbreidbaar maar nieuwe dijk leidt tot uitbreiding van beheerareaal en tot een extra peilgebied.	Grote impact: woningen niet meer beschermd, nieuwe lijn in het landschap (cultuurhistorisch en landschappelijk onwenselijk) en vereist op deel van de dijk een andere oplossing (landschappelijk onwenselijk).	Alternatief is 50-100 % duurder dan het goedkoopste alternatief.
2B verleggen van de dijk buitendijks	Technisch uitvoerbaar en uitbreidbaar maar nieuwe dijk leidt tot uitbreiding van beheerareaal.	Grote impact, (juridische) risico's: ruimtebeslag op beschermde natuur en rivierbed, nieuwe lijn in landschap (cultuurhistorisch en landschappelijk onwenselijk) en vereist op deel van de dijk een andere oplossing (landschappelijk onwenselijk).	Alternatief is > 100 % duurder dan goedkoopste alternatief.
3 aanvulling in grond binnenwaarts	Technisch uitvoerbaar en uitbreidbaar en goed te onderhouden.	Grote impact: oplossing vraagt op deel van de dijk een andere oplossing (landschap onwenselijk) <i>Indien alternatief 3 over volledig dijktracé: ruimtebeslag op wonen en agrarische percelen.</i>	Alternatief is < 50 % duurder dan het goedkoopste alternatief. <i>Indien alternatief 3 over volledig dijktracé: > 100 % duurder dan goedkoopste alternatief door aankoop en herbouw woningen.</i>
4A constructies i.c.m. dijk	Grote risico's met betrekking tot technische uitvoerbaarheid in verband met constructie dichtbij muur. Lastig uitbreidbaar. Lastig beheerbaar door steil talud.	Impact beperkt/mitigeerbaar. Belangrijkste onderscheidende aandachtspunten: mogelijke (grote) effecten op cultuurhistorie en archeologische waarden en impact op wonen.	Alternatief is > 100 % duurder dan goedkoopste alternatief.
4B constructies i.c.m. dijk	Grote risico's met betrekking tot technische uitvoerbaarheid in verband met constructie dichtbij muur. Lastig uitbreidbaar. Lastig beheerbaar door steilere talud.	Impact beperkt/mitigeerbaar. Belangrijkste onderscheidende aandachtspunten: mogelijke (grote) effecten op cultuurhistorie en archeologische waarden en impact op wonen.	Alternatief is > 100 % duurder dan goedkoopste alternatief.
5A aanvulling grond buitenwaarts	Technisch uitvoerbaar en uitbreidbaar en goed te onderhouden.	Grote impact op landschap en cultuurhistorie vanwege het begraven van de monumentale stenen muur. Juridische risico's vanwege ruimtebeslag op beschermde natuur en rivierbed.	Alternatief is 50-100 % duurder dan het goedkoopste alternatief.
5B aanvulling grond buitenwaarts	Technisch uitvoerbaar en uitbreidbaar en goed te onderhouden.	(Grote) impact op landschap en cultuurhistorie vanwege het deels begraven van de monumentale stenen muur. Juridische risico's vanwege beperkt ruimtebeslag op beschermde natuur en rivierbed.	Goedkoopste alternatief.

4.3 Beschrijving geselecteerde kansrijke alternatieven (zeef 1)

Op basis van de beoordeling en afweging zoals beschreven in paragraaf 4.2 is bepaald welke alternatieven kansrijk zijn en welke alternatieven dat niet zijn. Een kansrijk alternatief is technisch maakbaar, vergunbaar, betaalbaar en probleemoplossend voor de waterveiligheidsopgave voor het gehele tracé. Alternatieven die op voorhand duidelijk niet kansrijk zijn voor de dijkversterking vallen af om de (onnodige) onderzoekslast in de vervolgfases te beperken.

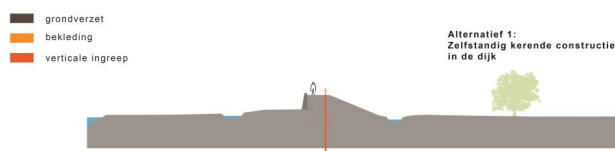
Een zelfstandig kerende constructie (alternatief 1) wordt kansrijk geacht voor het project Stenendijk Hasselt. Dit alternatief is naar verwachting technisch haalbaar en heeft de minste impact op de omgeving. Belangrijkste reden hiervoor is dat het alternatief binnen het ruimtebeslag van de huidige kering gerealiseerd kan worden. Buitenwaarts versterken in grond (alternatief 5) wordt niet kansrijk geacht als oplossing voor het gehele dijktracé, maar biedt mogelijk lokaal (ter hoogte van Streukel) een (goedkoper) alternatief voor de zelfstandig kerende constructie. Het verleggen van de kering (alternatief 2), binnenwaarts versterken in grond (alternatief 3) en een constructie in combinatie met dijkversterking (alternatief 4) wordt niet kansrijk geacht. Deze alternatieven hebben naar verwachting grote impact op de omgeving met bijbehorende juridische risico's en/of vormen geen oplossing voor het gehele dijktracé.

Zelfstandig kerende constructie (alternatief 1): kansrijk

De ingreep bij **alternatief 1** vindt plaats binnen het huidige ruimtebeslag van de dijk. Hierdoor zijn de effecten op de omgeving beperkt. Wel kent het alternatief de volgende belangrijke aandachtspunten:

- de hinder voor de natuur en de omwonenden en risico's voor woningen tijdens de aanlegfase, als gevolg van het aanbrengen van een constructie in de dijk, moet zoveel mogelijk worden beperkt;
- de ingreep van een constructie in de grond heeft grote impact op de hoge archeologische verwachtingswaarde in de dijk. Hiervoor is vervolgonderzoek nodig, waarna mogelijk eisen gesteld worden aan de uitvoeringswijze;
- aandachtspunt voor het vervolg is om te onderzoeken of het alternatief geoptimaliseerd kan worden door de constructie minder op te hogen of lichter uit te voeren. Dit kan door het versterken van de bekleding binnendijks of het ontlenen van sterkte aan de huidige dijk;
- een constructie is in de toekomst lastig uitbreidbaar. Daarnaast is het risicovol om een kering te plaatsen nabij de kwetsbare stenen muur.

Afbeelding 4.1 Zelfstandig kerende constructie - dwarsprofiel



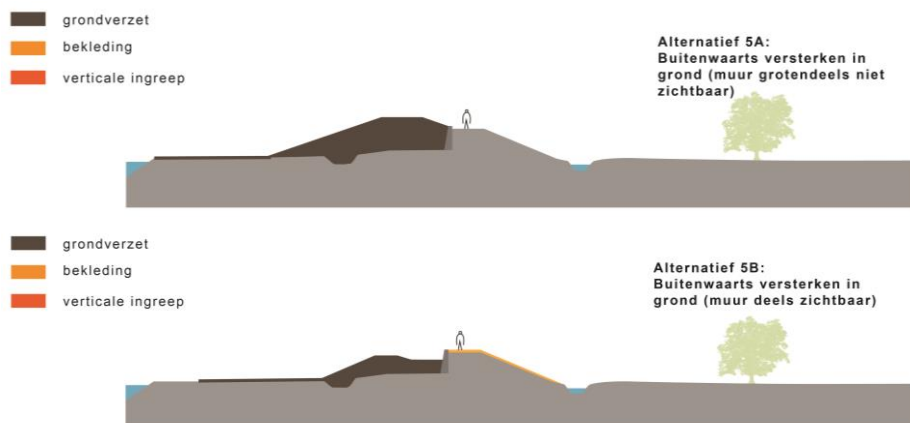
Buitendijkse versterking (alternatief 5): niet kansrijk over gehele tracé, mogelijk wel lokale oplossing

Mogelijk alternatief 5 wordt vanuit techniek en kosten goed beoordeeld. De kosten voor het aanbrengen van grond tegen de bestaande kering zijn relatief laag, de eindsituatie is goed te beheren en onderhouden en is uitbreidbaar in de toekomst. Alternatief 5 heeft wel een risico op de haalbaarheid vanwege ruimtebeslag op het rivierbed en beschermde natuur (N2000, NNN en soorten (Wnb)). Voor beide thema's geldt dat deze effecten alleen toegestaan worden indien er geen andere haalbare oplossingen zijn en de effecten gecompenseerd worden. Het aanbrengen van grond heeft daarnaast grote impact op de zichtbaarheid van de monumentale muur langs de dijk. Dit heeft grote impact op de cultuurhistorische, bouwhistorische en landschappelijke waarde van de Stenendijk en is daarmee onwenselijk en naar verwachting niet haalbaar als oplossing voor het gehele tracé.

Ter hoogte van Streukel is de stenen muur deels niet of minder zichtbaar en daarmee minder beleefbaar. Vanaf de afgang ter hoogte van Stenendijk 6 tot aan het gemaal Galgenrak (circa 250 meter dijktracé) kan onderzocht worden of alternatief 5 een alternatieve oplossing biedt voor de zelfstandig kerende constructie

(alternatief 1). Hierdoor kunnen de kosten worden beperkt en is ophoging van de bestaande dijk op dit gedeelte mogelijk niet nodig. Hierbij moet wel onderzocht worden of de (beperkte) buitendijkse ingrepen vergunbaar zijn.

Afbeelding 4.2 Versterken in grond buitenwaarts - dwarsprofielen 5A (boven) en 5B (onder)



Mogelijke alternatieven 2, 3 en 4: niet kansrijk

De kansrijkheid van alternatieven 2 en 3 wordt hoofdzakelijk bepaald door de beoordeling van de impact op de omgeving. Kenmerkend voor de alternatieven 2 en 3 is dat het oplossingen in grond zijn die grotendeels plaatsvinden buiten het ruimtebeslag van de huidige kering. De effecten van de alternatieven zijn verschillend, maar in beide gevallen leiden ze tot grote negatieve effecten die juridische risico's met zich meebrengen. Alternatief 4 is niet kansrijk vanwege de grote technische risico's en de hoge kosten. De belangrijkste onderscheidende effecten zijn hieronder per alternatief kort toegelicht.

- **mogelijk alternatief 2A** (binnendijkse verlegging) zorgt ervoor dat enkele woningen ter hoogte van Streukel niet meer beschermd worden door een primaire kering en daarmee feitelijk buitendijks komen te liggen. Dit alternatief introduceert daarnaast een nieuwe lijn in het landschap, waardoor de scherpe lijn tussen uiterwaarden en binnendijks gebied verdwijnt. Ook is dit alternatief niet toepasbaar op het gehele tracé zonder grote impact op de huidige woningen (sloop). Hierdoor ontstaat er een gefragmenteerde oplossing, welke afbreuk doet aan de landschappelijke kwaliteiten van het gebied;
- **mogelijk alternatief 2B** (buitendijkse verlegging) heeft groot ruimtebeslag op natuurgebieden (NNN en N2000) en stroomvoerend rivierbed. Voor beide thema's geldt dat deze effecten alleen toegestaan worden indien er geen andere haalbare oplossingen zijn en de effecten gecompenseerd worden. Dit is een groot (juridisch) risico. De nieuwe lijn in het landschap is daarnaast (net als alternatief 2A) landschappelijk onwenselijk en heeft ruimtebeslag op de kievitsbloemen;
- **mogelijk alternatief 3** (binnenwaarts versterken) biedt geen oplossing voor het gehele dijktracé. Ter hoogte van Streukel en Hasselt staan woningen langs de dijk waardoor er onvoldoende ruimte beschikbaar is voor dit alternatief. Alternatief 3 is daardoor alleen mogelijk op een beperkt deel van het dijktracé en leidt daarmee tot een gefragmenteerde oplossing. Dit is landschappelijk zeer onwenselijk. Het uniforme dijkprofiel van de Stenendijk wordt sterk aangetast. Indien het alternatief wel wordt doorgetrokken over de gehele lengte van de dijk, moeten de woningen worden gesloopt. Dit is voor (de meeste) bewoners onwenselijk en leidt daarnaast tot een significante kostenverhoging;
- **mogelijk alternatief 4** (constructie i.c.m. dijkversterking) heeft grote technische risico's gelet op de kwetsbare monumentale muur en mogelijk aanwezige steunberen. Daarnaast is dit alternatief lastig te beheren en onderhouden, moeilijk uitbreidbaar en > 100 % duurder dan het goedkoopste alternatief. Hierdoor wordt alternatief 4 niet kansrijk geacht. De impact op de omgeving bestaat uit: grote impact op de hoge archeologische verwachtingswaarde in de dijk, mogelijk risico voor bouwhistorische waarde, mogelijk (grote) hinder voor natuur en omwonenden tijdens de aanlegfase en verlies van uitzicht en lichtinval bij aanwonenden.

4.4 Wat betekent dit voor de meekoppelkansen?

De meekoppelkansen (beschreven in paragraaf 2.3.3) worden niet beïnvloed door de huidige keuze van de uit te werken kansrijke alternatieven. Voor alle drie de kansrijke alternatieven zijn de reeds bekende meekoppelkansen nog steeds mogelijk.

VERVOLG TOT AAN VOORKEURSALETERNATIEF

De alternatieven 2, 3 en 4 worden niet kansrijk geacht en vallen daarmee af als oplossing voor het versterken van de Stenendijk. De zelfstandig kerende constructie en de buitenwaartse versterking in grond worden beide meegenomen in zeef 2 van de verkenning. In zeef 2 werkt het waterschap de alternatieven op delen nader uit om te komen tot een voorkeuralternatief: het meest wenselijke alternatief om de dijk te versterken.

Voor beide alternatieven zijn verschillende aandachtspunten benoemd. Deze aandachtspunten worden nader uitgewerkt, onderzocht en/of beoordeeld om te bepalen wat het voorkeursalternatief wordt. De belangrijkste uitzoekvragen voor zeef 2 van de verkenning zijn:

- **kan de zelfstandig kerende constructie geoptimaliseerd worden in hoogte en sterkte?** Een hogere dijk leidt tot minder overslag over de dijk en vice versa. Vanuit de omgeving en kostenooipunt is het wenselijk de ophoging te beperken tot een minimum. In zeef 2 wordt onderzocht hoe hoogte van de kering zoveel mogelijk beperkt kan worden. Hierbij wordt gedacht aan het versterken van de bekleding binnendijs of het ontlenen van sterkte aan de huidige dijk. In alle gevallen moet wel voldaan worden aan de wettelijke veiligheidsnormen;
- **is een buitenwaartse aanvulling in grond lokaal (ter hoogte van Streukel) een beter alternatief dan de zelfstandig kerende constructie?** In zeef 2 wordt nader onderzocht wat de gevolgen zijn van buitenwaarts versterken ter hoogte van Streukel en of dit leidt tot een beter alternatief dan de zelfstandig kerende constructie. Het waterschap wil onder andere de volgende vragen beantwoorden in zeef 2: Hoe ziet een zelfstandig kerende constructie eruit ter hoogte van Streukel? Is er ter hoogte van Streukel voldoende ruimte voor een buitendijkse versterking? Is een buitenwaartse versterking vergunbaar en is het mogelijk om de eventuele effecten te mitigeren of compenseren?

Voor het uiteindelijke voorkeursalternatief wordt beoordeeld of het VKA (inclusief eventuele aanvullende maatregelen om effecten te beperken of voorkomen) leidt tot nadelige milieugevolgen of niet. De resultaten worden beschreven in een aanmeldnotitie m.e.r.-beoordeling.

Op basis van de beoordeling wordt een concept-voorkeursalternatief (concept-VKA) geadviseerd. De omgeving wordt naar verwachting in september 2019 betrokken in onder andere een ontwerpatelier en een inloopbijeenkomst. Begin van 2020 besluit het Algemeen Bestuur van het waterschap over de keuze voor het VKA.

6

REFERENTIES

- 1 Witteveen+Bos, 2019a. Dijkversterking Stenendijk - Effectnota mogelijke alternatieven.
- 2 Witteveen+Bos, 2019b. Dijkversterking Stenendijk - Ontwerpnota mogelijke alternatieven.
- 3 Witteveen+Bos, 2019c. Dijkversterking Stenendijk - Ruimtelijk kwaliteitskader.
- 4 Witteveen+Bos, 2019d. Dijkversterking Stenendijk - Voortoets ecologie.
- 5 Witteveen+Bos, 2019e. Dijkversterking Stenendijk - Quicksan ecologie.
- 6 RAAP, 2019a. Archeologisch bureauonderzoek.
- 7 RAAP, 2019b. Bouwhistorische verkenning & waardestelling.

