

TOEPASSEN GEBIEDSEIGEN GROND IN DIJKVERSTERKINGEN

Procesmatige en inhoudelijke beschouwing op basis van
twee demonstratieprojecten

Waterschap Noorderzijlvest

i.s.m. POV-Dijkversterkingen met Gebiedseigen Grond, Waterschap Hunze en Aa's en
RPS

20 OKTOBER 2020



Contactpersoon Arcadis Nederland B.V.

JOHANNES DE GROOT

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Project Overstijgende Verkenning - Dijkversterkingen met Gebiedseigen Grond

Contactpersoon: Martin van der Meer

Waterschap Hunze en Aa's

Contactpersonen: Henk van Norel
Marco Veendorp

Waterschap Noorderzijlvest

Contactpersonen: Kees de Jong
Marco Veendorp

RPS

Contactpersoon: Jeroen van Mechelen

SAMENVATTING

Binnen de Project Overstijgende Verkenning Dijkversterking met Gebiedseigen Grond (POV DGG) lopen verschillende onderzoeken naar de toepasbaarheid van lokaal materiaal in dijkversterkingen. Hierdoor kan worden bespaard op materiaaltransport en kunnen dijkversterkingen duurzamer worden uitgevoerd. De waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's hebben ervaring opgedaan in het toepassen van lokaal materiaal in dijkversterkingen bij de demonstratieprojecten "De Brede Groene Dijk" en respectievelijk "De Dubbele Dijk". Binnen de POV DGG was er behoefte aan een blauwdruk op grond van de ervaringen van de genoemde trajecten en mogelijk nog een aantal trajecten elders om een technische storylijn op te stellen.

Werkwijze

Gezamenlijk met beide waterschappen is binnen dit project een eerste stap gemaakt naar een dergelijke blauwdruk. Op basis van interviews met de twee waterschappen is een lange lijst met ervaringen en leerpunten verzameld. Deze leermomenten zijn in dit rapport per projectfase gebundeld om op een systematische manier de POV DGG van input te voorzien. In de hoofdtekst is een aanzet gemaakt om leermomenten te vertalen naar een blauwdruk voor een generieke aanpak, aangevuld met voorbeelden uit beide projecten.

De Dubbele Dijk

Het demonstratieproject De Dubbele Dijk heeft een driedubbele doelstelling: 1) Duurzame en klimaatbestendige kustverdediging, gericht op meegroeien met de zeespiegelstijging, 2) Stimulatie van landbouwinnovatie door zilte teelten en 3) Natuurontwikkeling en slibvang uit het Eems-Dollard estuarium. Ter plaatse van De Dubbele Dijk is het normtraject o.a. afgekeurd op hoogte. Tijdens maatgevende omstandigheden zal te veel golfslag over de kering heen komen. Als alternatief op het verhogen van de huidige primaire waterkering is een achterliggende waterkering gebouwd. In het tussengebied wordt het overtollige water tijdelijk opgevangen. Het is een project met vele innovaties, maar voor deze verhaallijn wordt enkel gefocust op deze achterliggende waterkering. Deze waterkering is gebouwd met de toplaag van het tussengebied. Het lokale materiaal was van origine landbouwgrond en heeft langdurig aan het oppervlak gelegen. Het waterschap heeft veel praktijkervaring opgedaan met het toepassen van dit lokale materiaal, wat de verhaallijn heeft gevoed met de belangrijkste leermomenten.

De Brede Groene Dijk

De Brede Groene Dijk is in lijn met een lange ambitie van Waterschap Hunze en Aa's: een brede groene waterkering als alternatief voor steen- of asfaltbekleding. Voor een dergelijke oplossing is veel materiaal nodig wat in de traditionele vorm van dijkversterkingen tot hoge kosten zal leiden. Het waterschap heeft aansluiting gevonden met een andere uitdaging binnen het gebied: het sedimentprobleem op de Eems-Dollard. Door het dichtslibben van de vaargeul dient er veel te worden gebaggerd om de diepte voldoende groot te maken voor de scheepvaart. Dit baggermateriaal biedt een oplossing voor de grote hoeveelheden materiaal dat nodig is voor de dijkversterking. Het waterschap heeft momenteel lokaal materiaal van zowel de Eems-Dollard als Polder Breebaart opgeslagen in depots om te rijpen. Het rijpen is noodzakelijk om het materiaal toepasbaar te maken voor de dijkversterking. Het was noodzakelijk om ontwerpproces op het rijpingsproces van het materiaal af te stemmen. Om grip te krijgen op het rijpingsproces is er een monitoringsprogramma ontwikkeld om dit proces te begrijpen, maar ook om te kunnen voorspellen hoeveel tijd er nodig is. Het ontwerp van de dijkversterking heeft een zeer flauw buitentalud waarvoor een restbreedtemethode is ontwikkeld om de stabiliteit te kwantificeren. Het is echter onbekend hoe de grond zich bij maatgevende omstandigheden zal gedragen in combinatie met relatief hoge golven. Om deze reden wordt in de Deltagoot van Deltares een praktijkproef uitgevoerd om het ontwerp te kunnen onderbouwen.

Verschillende bronnen van bouw materiaal

De twee demonstratieprojecten passen op twee verschillende manieren lokaal materiaal toe binnen de dijkversterking. Niet alleen de toepassing maar ook de voorgeschiedenis van het materiaal is anders. Terwijl de grond voor de achterliggende dijk van De Dubbele Dijk vrijwel direct kon worden toegepast in de waterkering, is er voor De Brede Groene Dijk veel tijd nodig voordat de dijkversterking kan beginnen. Vanuit twee verschillende perspectieven geeft deze blauwdruk inzichten en leerpunten, die in de toekomst op andere locaties mogelijk kunnen worden toegepast.

Generieke leerpunten

Vanuit beide demonstratieprojecten zijn de belangrijkste leerpunten samengevat per projectfase. Hierin wordt genoemd op welke punten de projecten hebben afgeweken van een traditioneel ontwerpproces. Dit geldt voor zowel technische (reken)methodieken als de procesmatige leerpunten. Naast deze leerpunten per projectfase zijn er ook generieke conclusies te trekken die relevant zijn voor toekomstige dijkversterkingen met gebiedseigen materiaal. Deze conclusies zijn:

1. Lokaal materiaal biedt kansen om een dijkversterking op een duurzame manier en integrale manier uit te voeren. Dit heeft de grootste kans van slagen als dit wordt overwogen **vanaf het begin van een dijkversterkingsproces**. Het vraagt zowel ontwerpers als besluitvormers om binnen het gebied van de dijkversterking te zoeken naar mogelijkheden waaruit materiaal beschikbaar kan komen. Hiermee worden nieuwe kansen vanaf het begin opgenomen én meegewogen binnen de verkenningsfase. Het is dus een proces dat kansen koppelt aan wat het gebied te bieden heeft.
2. Oplossingsrichtingen waarbij naar een koppeling wordt gezocht met een **gebiedsopgave** zijn kansrijk. Dit is niet alleen efficiënt doordat meerdere opgaven in één worden opgepakt, maar ook omdat hiermee een grondbalans kan worden opgesteld waarbij vrijkomende grond kan worden gebruikt voor de versterking.
3. Materiaaleigenschappen zijn een ontwerpparameter in tegenstelling tot een eis bij het traditionele ontwerpproces. Voor een effectief ontwerpproces is vanaf het begin informatie nodig om de **fysische eigenschappen en de voorgeschiedenis** van het materiaal te begrijpen. Indien wordt verwacht dat het materiaal door de tijd heen zal veranderen, is een uitgebreid monitoringsprogramma noodzakelijk om de interactie met het ontwerpproces mogelijk te maken. Hierbij geldt dat de benodigde informatie over de fysische eigenschappen sterk afhankelijk is van de toepassing binnen de dijkversterking.
4. **Ambitie en lef bij besluitvormers** opent deuren voor kansrijke oplossingsrichtingen met gebiedseigen grond. De ervaring uit de twee demonstratieprojecten leert dat zowel de ontwerper als besluitvormer met minder zekerheid besluiten moet maken. Door een monitoringsprogramma en terugvalopties in te bouwen, kunnen gedurende het ontwerpproces keuzes met steeds meer kennis worden gemaakt.
5. De voorgeschiedenis en de toepassing van het materiaal in een dijkversterking is belangrijke kennis om het ontwerpproces vorm te geven. Hierbij speelt een belangrijke interactie tussen de beschikbare **tijd, beschikbare ruimte en de (verwachte) eindsterkte** van het bouw materiaal. Deze interactie is afhankelijk van de functie die het lokale materiaal zal krijgen binnen het ontwerp.
6. Zolang deze ontwerpfilosofie met gebiedseigen grond nog innovatief is, is het raadzaam om **terugvalopties** in te bouwen binnen het ontwerpproces. Bijvoorbeeld door de mogelijkheid in te bouwen om het ontwerpproces te verlengen, of meer fysieke ruimte te reserveren voor het ontwerp.
7. De twee demonstratieprojecten én de overige innovatieprojecten binnen de POV Dijkversterkingen met Gebiedseigen Grond zullen deze innovatie voeden met (praktijk)ervaringen. Dit zal op termijn **opschaling** naar volledige dijkversterkingen mogelijk maken, waarbij de hoop bestaat dat lokaal beschikbaar materiaal de basis vormt voor toekomstige dijkversterkingsprogramma's.



INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
2	HET STARTPUNT	8
2.1	Veiligheidsopgave en benodigde verbetering	8
2.2	Meerwaarde lokale grond	8
3	VARIABELE GRONDSTERKTE DOOR DE TIJD HEEN	10
4	GROND ALS ONTWERPPARAMETER	12
4.1	Tijd, sterkte en ruimtebeslag	12
4.2	Projectfasering	13
4.3	Monitoren grondgedrag	14
4.3.1	Gerijpte grond in dijkversterkingen	14
4.3.2	Ongerijpte grond in dijkversterkingen	15
5	ONDERNEMERSCHAP EN BESLUITVORMING	17
6	LEERPUNTEN PER PROJECT	18
6.1	De Dubbele Dijk	18
6.2	De Brede Groene Dijk	20
7	CONCLUSIE	22
	COLOFON	23

1 INLEIDING

Binnen vrijwel iedere sector is verduurzaming van processen door innovatie “het nieuwe normaal”. De waterveiligheidssector staat bekend om de enigszins conservatieve aard wat mede wordt veroorzaakt door strenge wettelijke kwaliteitseisen om hoogwaterbescherming te waarborgen. Binnen de Project Overstijgende Verkenning Dijkversterking Gebiedseigen Grond (POV DGG) wordt onderzoek uitgevoerd naar het toepassen van lokaal materiaal binnen dijkversterkingen. Dit heeft de potentie om de sector te verduurzamen door grondtransport te beperken en/of de natuurwaarden van een gebied te vergroten. Indien er sprake is van een koppeling met projecten waaruit grond beschikbaar komt, kan het ook een kostenbesparing geven.

Een nieuwe uitdaging binnen een eeuwenoude traditie

Het toepassen van lokale grond in dijkversterkingen is geen nieuw begrip. Het is echter al honderden jaren de standaard geweest om de waterkeringen te bouwen met lokale materialen, simpelweg omdat transport over lange afstanden praktisch niet haalbaar was. In andere landen is dit nog steeds de gebruikelijke bron van materiaal voor dijkversterkingen. Dit geldt niet alleen voor landen waar minder budgetten beschikbaar zijn, zoals in Zuid-Oost Azië, maar ook in Duitsland worden de zeedijken versterkt met lokaal materiaal. In Nederland is het Technisch Rapport Klei voor Dijken (1996) een belangrijke aanleiding geweest om hoge kwaliteit bouwmaterialen in waterkeringen toe te passen. Deze rapportage schrijft strenge materiaaleisen voor om de toepassing in dijkversterkingen mogelijk te maken. Hierdoor is de trend van de afgelopen decennia dat lokaal materiaal steeds minder overwogen wordt, omdat er wordt aangenomen dat lokaal beschikbaar materiaal niet aan de eisen voldoet. Daarnaast is ook materiaal op de markt beschikbaar dat goedkoop kan worden ingekocht van buiten het gebied omdat het een restproduct is van bijvoorbeeld de mijnindustrie.

Hoogwaterbeschermingsprogramma

De strenge materiaaleisen beperken in zekere mate de mogelijkheden om vanuit een brede blik en creativiteit een waterveiligheidsprobleem te beschouwen. Binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma openen waterschappen de deuren voor nieuwe invalshoeken op dijkversterkingen, waaronder het toepassen van gebiedseigen grond.

Eerste (nieuwe) ervaringen met gebiedseigen grond

De waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's hebben ervaring opgedaan in het toepassen van lokaal materiaal in dijkversterkingen bij de demonstratieprojecten “De Brede Groene Dijk” en respectievelijk “De Dubbele Dijk”. Binnen de POV DGG was er behoefte aan een blauwdruk op grond van de ervaringen van de genoemde trajecten en mogelijk nog een aantal trajecten elders om een technische storylijn op te stellen. Een storylijn voor doelgericht benutten van lokaal aanwezig grondmateriaal en een storylijn voor het ontwerpen van keringen (en/of versterkingen ervan) met dit materiaal. Deze rapportage bundelt en systematiseert deze aanpak om de eerste stap te zetten richting een gemeenschappelijke aanpak dat toegepast kan worden door andere waterschappen in het land. Hierbij zijn alle fasen beschouwd: vanaf eerste idee en inventarisatie van beschikbaar lokaal materiaal via ontwerp en aanleg tot aan het beheer.

Het sluit aan op het onderzoek van Ecoshape in de pilot Kleirijperij. Daar worden de veranderingen van de eigenschappen van grondgebonden materiaal bepaald tussen de fases van niet-ontwaterdheid en structuurloosheid (baggerslib) en de fase waarin het bruikbaar is voor constructieve doeleinden (dijkenklei).

Vanuit een brede invalshoek komen zowel de technische aspecten als het besluitvormingsproces uitgebreid naar voren, aangevuld met praktijkervaringen uit de demonstratieprojecten.

De twee demonstratieprojecten in het kort

Waterschap Noorderzijlvest heeft in de periode van 2018-2019 het project “De Dubbele Dijk” uitgevoerd. De waterkering is gelegen nabij het Groningse Nieuwstad aan de westelijke zijde van de Eems. De waterkering is o.a. afgekeurd op het faalmechanisme “overloop en overslag”. De waterkering kent dus een tekort aan hoogte, waardoor tijdens een maatgevende storm te veel golfslag over de kruin gaat. In plaats van het ophogen van de waterkering zelf, is ervoor gekozen om een tweede waterkering aan te leggen achter de bestaande dijk (Figuur 1). Het idee is dat het overslaande water kan worden opgevangen in de kom dat tussen de twee waterkeringen aanwezig is. Deze nieuwe achterliggende waterkering is gebouwd met lokaal beschikbaar materiaal. Het gebied tussen de beide keringen is bestemd voor experimenten met innovatieve landbouw, aquacultuur en slibvang.



Figuur 1: Een impressie van het concept van De Brede Groene dijk met een kweldersysteem en getijdeduikers (N.B. alleen de achterliggende waterkering is reeds uitgevoerd).

Vanuit Waterschap Hunze en Aa's zijn de ervaringen gedeeld van het project “De Brede Groene Dijk”. Het waterschap heeft de ambitie om de waterkering te verbreden door het talud te verflauwen en aan te vullen met lokale grond in plaats van een harde bekleding. Terug naar een begroeide groene waterkering in plaats van het toepassen van beton of asfalt op een steiler talud. Deze ambitie valt samen met een sedimentprobleem op de Eems-Dollard. Het overschot van slib biedt mogelijk de kans om als bouw materiaal gebruikt te worden voor een dijkversterking. Dit materiaal ligt momenteel in depots opgeslagen om te rijpen en wordt uitvoerig gemonitord (Figuur 2).



Figuur 2: De baggerdepots aan de buitenzijde van de toekomstige Brede Groene Dijk

2 HET STARTPUNT

2.1 Veiligheidsopgave en benodigde verbetering

Waterschappen zijn verplicht om veiligheidsbeoordelingen uit te voeren voor de waterkeringen binnen het beheergebied. Deze beoordelingen vinden periodiek plaats en worden uitgevoerd volgens het vigerende beoordelingsinstrumentarium, wat momenteel het WBI2017 is. Uit de beoordeling volgt een dijkversterkingsprogramma voor de trajecten waarbij niet wordt voldaan aan de eisen voor een of meerdere faalmechanismen.

Bij de programmering van het dijkversterkingsprogramma worden budgetten verdeeld over de tijd, en worden de trajecten met de hoogste urgentie als eerste opgepakt. Binnen deze programmering kan de haalbaarheid van het toepassen van gebiedseigen grond al worden onderzocht. De haalbaarheid hangt af van een groot scala aan variabelen die voor iedere dijkversterking variëren: de faalmechanismen waarop onvoldoende wordt gescoord, het lokaal beschikbare materiaal, de beschikbare ruimte en de beschikbare tijd.

Om aan het begin van het ontwerpproces de potentie van het toepassen van gebiedseigen grond concreet te onderzoeken zijn de volgende vragen van belang:

- 1) *Waar is de waterkering op afgekeurd, en wat zijn kansrijke oplossingsrichtingen?*
- 2) *Waar is materiaal beschikbaar binnen het gebied? En kan dit materiaal binnen de oplossingsrichtingen worden toegepast?*
- 3) *Hoe wordt er voldoende ruimte gecreëerd in het ontwerpproces om de lokale grond toe te kunnen passen?*

Voor zowel Waterschap Noorderzijlvest als Waterschap Hunze en Aa's was het startpunt een waterveiligheidsprobleem. De waterkeringen zijn opgenomen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma en zullen moeten worden versterkt om de Groningers in de toekomst te beschermen tegen overstromingen.

Ter plaatse van "De Dubbele Dijk" is het normtraject afgekeurd op hoogte. Er kan tijdens maatgevende omstandigheden te veel water over de waterkering slaan. In plaats van het verhogen van de waterkering is ervoor gekozen om de waterkering niet op te hogen, maar een extra tussengebied te realiseren dat wordt omringd door de achterliggende waterkering. Deze waterkering kan het overtollige water tijdelijk opslaan. Het tussengebied wordt tevens verlaagd om een kunstmatige kwelder te creëren. De vrijgekomen grond is gebruikt voor de achterliggende waterkering.

Voor "De Brede Groene Dijk" was o.a. een oplossing nodig voor de erosiebestendigheid van het buitentalud. Ter plaatse van deze locatie is het normtraject hierop afgekeurd, wat met een traditionele oplossing van steen- of asfaltbekleding kan worden opgelost. Daarnaast heeft Waterschap Hunze en Aa's de ambitie om een brede groene waterkering te ontwikkelen, al voordat veiligheidsopgave bekend was. Aan de overkant van de Eems hadden de Duitse waterschappen het concept al bewezen, wat tot mooie en gemakkelijk beheerbare waterkeringen leidt. Het toepassen van gebiedseigen grond kwam aan de orde tijdens de ontwikkeling van het programma Eems-Dollard 2050, wat de doelstelling heeft om het sedimentprobleem in de Eems op te lossen. Dit bood een oplossing voor de grote hoeveelheid materiaal dat nodig is om een brede waterkering te realiseren.

2.2 Meerwaarde lokale grond

Vanuit verschillende invalshoeken biedt lokale grond een potentiële meerwaarde in dijkversterkingen ten opzichte van grond dat van buiten het gebied wordt geïmporteerd.

1. Allereerst biedt het de mogelijkheid om CO₂-emissies van de uitvoering te reduceren door het grondverzet. Grondverzet is één van de grootste bronnen van uitstoot tijdens de uitvoering van een dijkversterking, waardoor de potentiële reductie groot is.
2. Een andere meerwaarde is dat lokale grond de potentie heeft om goedkoper te zijn.
3. Als laatste biedt het kansen om een dijkversterking te koppelen aan een gebiedsontwikkeling waarbij grond beschikbaar komt.

Voor het project "De Dubbele Dijk" leidde het verlagen van het tussengebied tussen de twee dijken tot een materiaaloverschot. Door middel van een businesscase is aangetoond dat het goedkoper was om de

achterliggende waterkering van dit materiaal te bouwen. Een ander punt was dat er tijdens een maatgevende storm minder golfbelasting te verwachten is in het tussengebied, ten opzichte van de buitenste waterkering. Hierdoor was het mogelijk om met meer vrijheid te ontwerpen, al mocht dit niet ten koste gaan van de waterveiligheid die gegarandeerd moet blijven.

Voor het project “De Brede Groene Dijk” worden twee problemen binnen het gebied slim gecombineerd. Het sedimentoverschot in de Eems-Dollard biedt kansen om de bagger te verwerken tot dijk materiaal. Hiermee wordt voorkomen dat de bagger terug wordt gestort in het systeem. Door het combineren van een gebiedsopgave met een dijkversterking wordt zowel het sedimentprobleem opgepakt als materiaal beschikbaar gemaakt voor het versterken van een dijk.

Het toepassen van gebiedseigen grond is zowel voor “De Brede Groene Dijk” als “De Dubbele Dijk” een bewuste keuze. Het maken van dergelijke verbindingen met gebiedsopgaven heeft een grote potentie. Naast deze voorbeelden zijn er ook andere koppelingen met gebiedsontwikkelingen te bedenken.

Gebiedsontwikkelingen door derden kunnen impact hebben op de waterkering. Dit kan ertoe leiden dat een waterkering dient te worden aangepast om aan eisen vanuit een andere functie dan waterveiligheid te voldoen, zoals bijvoorbeeld de aanleg van een bredere weg. Hierbij wordt de waterkering een integraal onderdeel van het ontwerpproces waarbij regelmatig aanvullende grond noodzakelijk is. Deze grond kan mogelijk uit hetzelfde gebied vrijkomen waarbinnen de ontwikkeling plaats vindt. Voorbeelden hiervan zijn de Ruimte voor de Rivier projecten en de KRW-projecten waar grond vrijkomt. Door deze grond toe te passen, blijft het binnen het systeem en kan het ten goede komen aan de veiligheid, de beleving of functionaliteit van de waterkering.

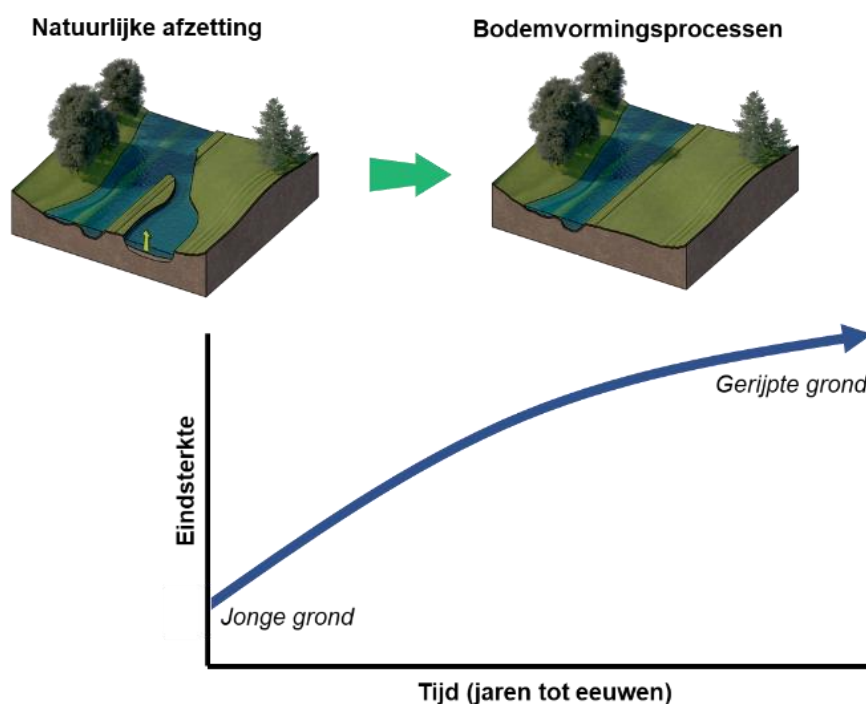
3 VARIABELE GRONDSTERKTE DOOR DE TIJD HEEN

De ontwerper dient in het ontwerp aan te tonen dat het beschermingsniveau gedurende de ontwerplevensduur wordt gewaarborgd. Door het toepassen van gebiedseigen grond worden nieuwe onzekerheden geïntroduceerd waar de zowel de ontwerper als de besluitvormer rekening mee dienen te houden. Deze onzekerheden zijn: 1) de actuele sterkte van de grond en 2) de verandering van deze grond door de tijd heen. De eerste onzekerheid kan worden onderzocht door het uitvoeren van grond- en laboratoriumonderzoek om de eigenschappen van het materiaal te onderzoeken. Echter, afhankelijk van het type grond, de geschiedenis van het materiaal én hoe het materiaal wordt verwerkt tijdens de uitvoering, veranderen de karakteristieke eigenschappen in meer of mindere mate. De algemene definitie “grondsterkte” omvat in deze verhaallijn de relevante karakteristieke eigenschappen die voor “De Dubbele Dijk” en “De Brede Groene Dijk” relevant waren, zoals het zoutgehalte en de Attenbergse grenzen. Het is van belang om voor iedere dijkversterking te onderzoeken welke functie de lokale grond zal krijgen binnen de dijkversterking en welke parameters daarvoor relevant zijn om te monitoren.

Het is dus van belang om grip te hebben op de oorsprong van het materiaal, hoe het is veranderd door de tijd heen én hoeveel het nog gaat veranderen in de toekomst. In tegenstelling tot in eisen vastgestelde materiaaleigenschappen is er meer vrijheid nodig om met lokaal materiaal te werken. *Maar hoe wordt dit geadopteerd in een rationeel ontwerpproces en de besluitvorming?* Het startpunt is daarom het lokale materiaal te begrijpen en dat begint bij de ontstaansgeschiedenis.

Het rijpingsproces

Eigenschappen van grond veranderen door de tijd heen. Vanaf het moment van natuurlijke sedimentatie door rivieren of getijdesystemen veranderen de eigenschappen van de ondergrond door natuurlijke bodemprocessen zoals consolidatie, oxidatie en de aanwezigheid van (micro)organismen. Deze bodemprocessen verschillen per grondsoort en per gebied. Zandig materiaal verandert na afzetting weinig door de tijd heen, terwijl voor cohesieve lagen zoals klei, leem en silt de verandering over tijd sterk afhankelijk is van de (grond)waterstand en het milieu. Een belangrijk aspect hierin is de grondwaterstand. Zodra het materiaal boven de grondwaterstand aanwezig is, zullen natuurlijke bodemprocessen versnellen: het rijpingsproces. De ligging van de grond ten opzichte van de (langdurige) grondwaterstand bepaalt dus sterk de eigenschappen van de grond. Voor de meeste grondsoorten betekent dit dat het materiaal sterker wordt door de tijd heen (Figuur 3).



Figuur 3: Toenemende sterkte van grond door rijpingsprocessen

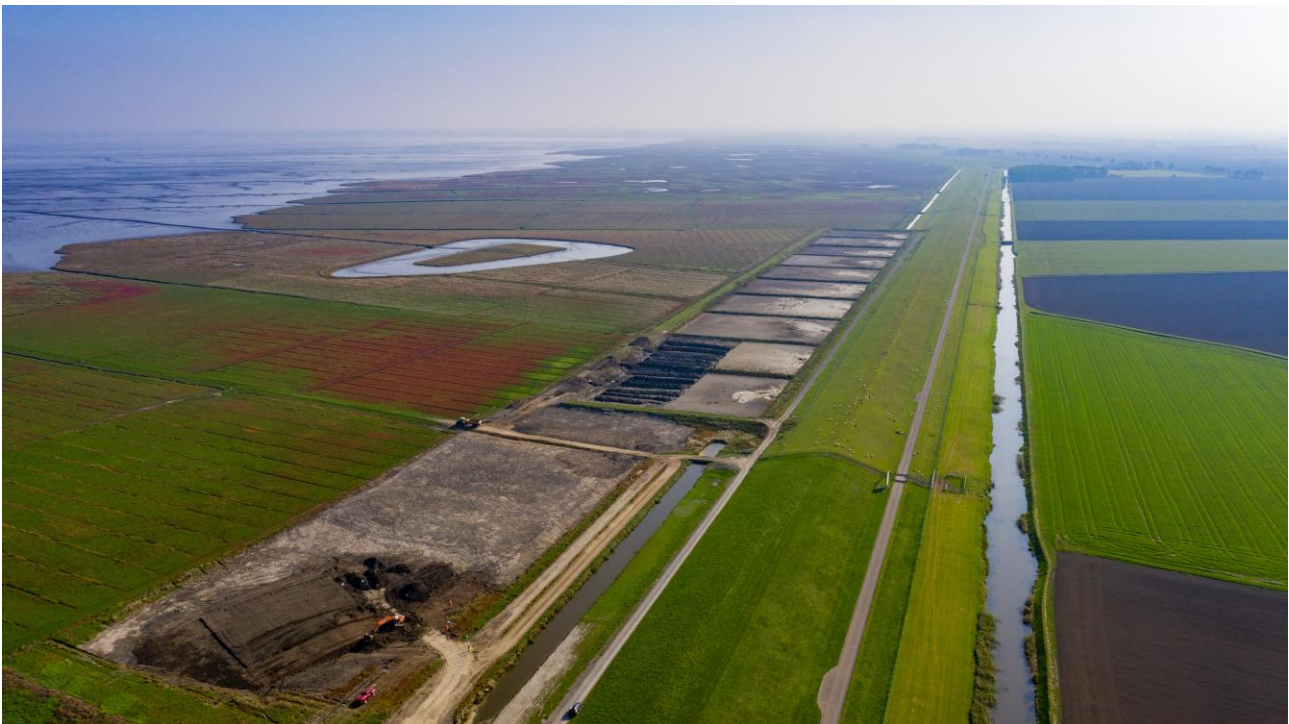
Oud materiaal

Bij de twee demonstratieprojecten is de geschiedenis van het bouw materiaal zeer verschillend. Het materiaal dat is gebruikt om de achterliggende dijken van “De Dubbele Dijk” te realiseren, heeft sinds de bouw van de waterkering honderden jaren geleden aan het oppervlak gelegen. Het is langdurig aanwezig geweest boven de grondwaterstand en dus blootgesteld aan weersomstandigheden, bodemorganismen maar ook de landbouw. De grond is dus goed gerijpt waardoor weinig fysische veranderingen in eigenschappen te verwachten zijn. Wel was de verwachting dat de grondeigenschappen sterker zouden worden door verdichting tijdens de uitvoering omdat het materiaal niet meer als landbouwgrond zal worden omgeploegd.

Jong materiaal

Het materiaal van “De Brede Groene Dijk” heeft een veel kortere geschiedenis. Het materiaal is afkomstig uit drie verschillende bronnen met elk een andere geschiedenis: bagger vanuit de vaargeul, Polder Breebaart en kwelderklei. De kwelderklei is gebruikt om de depotdijken te bouwen, waar de specie uit de Breebaart wordt gerijpt. Het materiaal ligt in de depots opgeslagen om te rijpen en wordt dus blootgesteld aan bodemvormingsprocessen. Hierdoor worden veel veranderingen in grondeigenschappen verwacht. Voor het baggermateriaal uit de vaargeul vinden deze processen pas voor het eerst plaats, terwijl van de andere twee bronnen er al in beperkte mate rijping heeft plaats gevonden. Dit natuurlijke proces van rijping wordt in de depots kunstmatig gestimuleerd door het boven de grondwaterstand te houden. Ook wordt beproefd welke methoden het beste geschikt zijn om het rijpingsproces te versnellen. Dit neemt niet weg dat er (veel) tijd nodig is voordat het materiaal kan worden gebruikt voor de dijkversterking. Ook is de verwachte eindsterkte nog onbekend.

Om het ontwerpproces vanaf de start van het project goed in te richten, is het van belang dat de geschiedenis van het materiaal bekend is. Hiermee kan een ontwerpproces worden aangepast op de onzekerheden en veranderingen door de tijd heen.



Figuur 4: Het buitendijkse baggerdepot ter plaatse van De Brede Groene Dijk

4 GROND ALS ONTWERPPARAMETER

4.1 Tijd, sterkte en ruimtebeslag

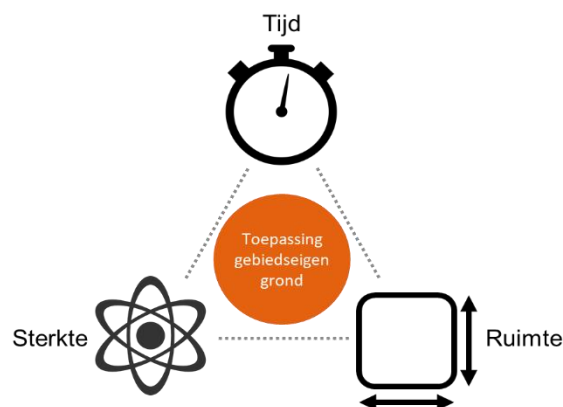
De bescherming van de burgers staat voorop bij een dijkversterkingsprogramma, óók als gebiedseigen grond wordt toegepast. De faalkanseis uit het vigerende ontwerpinstrumentarium blijft dus leidend voor het ontwerp van de waterkering. *Maar hoe wordt er dan voldoende ruimte gecreëerd in het ontwerpproces om lokale grond toe te kunnen passen?*

Zoals in paragraaf 3.1 is toegelicht, heeft de herkomst van het materiaal een grote invloed op de tijd die de grond nodig heeft om te versterken. Jong materiaal heeft relatief veel tijd nodig om op sterkte te komen door rijpingsprocessen, terwijl bijvoorbeeld een toplaag vrijwel direct kan worden toegepast in een dijkversterking. Deze verschillen vragen om een ontwerpproces dat specifiek wordt ingericht rondom de eigenschappen van het lokale materiaal.

Interactie tijd, ruimte en sterkte

Voor het technisch ontwerp is de verwachte eindsterkte van het materiaal een belangrijk gegeven om aantoonbaar te maken dat het ontwerp voldoet aan de faalkanseis. Hierbij speelt een wisselwerking tussen de beschikbare ruimte voor de versterking, de eindsterkte en de beschikbare tijd tot de uitvoering (Figuur 5). Als voor één van de drie criteria minder flexibiliteit is, wordt automatisch meer flexibiliteit verwacht van de overige twee. Bijvoorbeeld door het ontwerp aan te passen op de eigenschappen van het beschikbare materiaal.

Het is tevens van belang om rekening te houden met de functie die het materiaal zal krijgen binnen het ontwerp. Voor iedere functie zijn verschillende materiaaleigenschappen relevant, die zich niet parallel aan elkaar ontwikkelen door de tijd heen. Zo is bijvoorbeeld voor de schuifsterkte een andere set aan parameters van belang dan voor erosiebestendigheid.



Figuur 5: Wisselwerking tussen tijd, ruimte en sterkte

Weinig verandering in grondeigenschappen

Voor de waterkering bij “De Dubbele Dijk” is de verwachting dat de toplaag waarmee de waterkering gebouwd is, weinig verandert door de tijd heen. De sterkte en de benodigde tijd om tot deze eindsterkte te komen, hadden een beperkte invloed op het ontwerpproces. Daarom was alleen flexibiliteit nodig in ruimte. Door middel van conventionele stabiliteitsberekeningen zijn de taluds van de waterkering gedimensioneerd met actuele schuifsterkteparameters van de gebruikte toplaag. Dit heeft uiteindelijk het benodigde ruimtegebruik bepaald. Door beperkte golfbelastingen in het tussengebied was een minder strenge eis voor erosiebestendigheid acceptabel.

Veel veranderingen in grondeigenschappen

Voor “De Brede Groene Dijk” zijn alle drie de criteria nog in bepaalde mate onzeker. Het rijpingsproces wordt gemonitord om grip te krijgen op deze onzekerheden. Omdat de snelheid van het rijpingsproces aan het begin van het project onzeker was, is er bij de start van het project een mogelijkheid ingebouwd om een extra jaar te wachten en het rijpingsproces door te zetten. Uit het monitoringsprogramma is gebleken dat deze extra tijd daadwerkelijk noodzakelijk was om voldoende sterkte te garanderen.

Op technisch vlak speelt er voor “De Brede Groene Dijk” nog een andere uitdaging en dat is de eindsterkte van de grond. Uit de laboratoriumproeven blijkt dat het materiaal niet zal voldoen aan de eisen voor de gehalten van organische stof en zout. Dit maakt het materiaal volgens de voorschriften relatief gevoelig voor erosie. Om het materiaal alsnog toepasbaar te maken voor de versterking, is het zo ontworpen dat deze erosie minder risico vormt voor de veiligheid. Hiermee is buiten de paden van het ontwerpinstrumentarium gezocht naar een oplossing, wat resulteerde in een flauw buitentalud. Hier is een kennisleemte omdat in de praktijk flauwere taluds minder erosiegevoelig zijn, maar de ontwerpmodellen zijn niet geschikt voor zeer flauwe taluds. Ook is het onbekend hoe het materiaal zich gedraagt tijdens maatgevende omstandigheden in combinatie met hoge golven (+1,5 meter) en een zeer flauw talud. De filosofie achter het ontwerp is dat de grond weg mag slaan tijdens een maatgevende storm. Het profiel dat overblijft, moet voldoende sterkte hebben om de veiligheid op het gewenste niveau te waarborgen. Er is een restbreedtemethode ontwikkeld om de stabiliteit van het ontwerp aan te tonen, dat door praktijkproeven in de deltagoot van Deltares zal

worden onderbouwd. Om te voorkomen dat het ontwerp tijdens de volgende beoordelingsronde wordt afgekeurd, is het noodzakelijk dat de toegepaste ontwerpmethodiek wordt opgenomen in het nieuwe ontwerpinstrumentarium. Dit laat zien dat niet enkel waterschappen betrokken zijn bij deze innovatie, maar ook bij de ontwikkelaars van het nieuwe Beoordeling en Ontwerp Instrumentarium (BOI) om een landelijke opschaling mogelijk te maken.

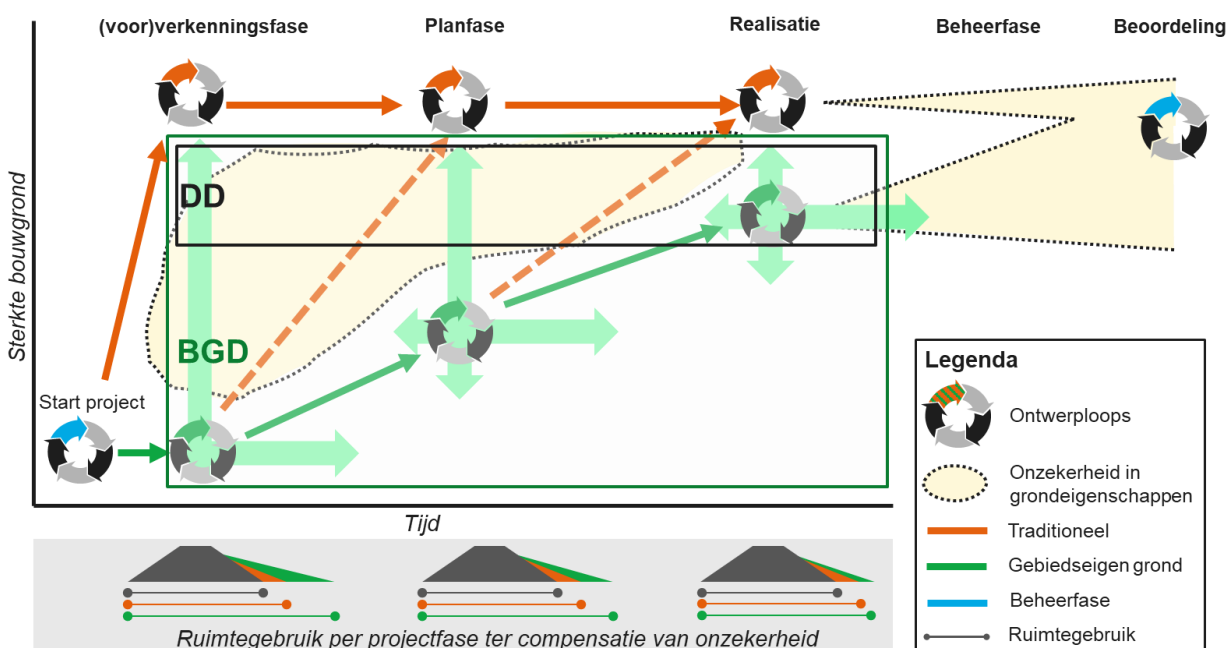
Een ontwerpproces dat volledig wordt ingericht op het beschikbare materiaal, houdt rekening met de wisselwerking tussen de beschikbare tijd, de beschikbare ruimte en de eindsterkte die verwacht wordt.

4.2 Projectfasering

Voor projectmanagers en besluitvormers zal het ontwerpproces ook moeten veranderen om ruimte te creëren voor onzekerheden. Voornamelijk bij dijkversterkingen waarbij relatief jong materiaal wordt overwogen, zal tijdens verschillende projectfasen nog niet direct duidelijk zijn hoeveel tijd en/of ruimte nodig is. Zolang de onzekerheid in eindsterkte nog te groot is, is flexibiliteit in tijd én ruimte wenselijk. Figuur 6 geeft een conceptuele weergave van een ontwerpproces dat rekening houdt met deze onzekerheden in vergelijking met het traditionele ontwerpproces. Binnen de traditionele ontwerpsystematiek (oranje) is vanaf het begin van het proces meer zekerheid over de sterkte van het bouw materiaal waarmee wordt ontworpen (verticale as). De onzekerheden zijn beperkt omdat de grondleverancier dient te voldoen aan de eisen die voor de verschillende grondsoorten gelden.

Het groene pad toont hoe een toenemende zekerheid van de materiaaleigenschappen geleidelijk tot een eindontwerp kan leiden. De lichtgroene peilen geven de bandbreedte weer wanneer een bepaalde projectfase kan afspelen en hoeveel onzekerheid (gele vlakken) er nog is. Voor de achterliggende dijk bij "De Dubbele Dijk" was de eindsterkte van het bouw materiaal al bijna bereikt en wat de onzekerheid beperkt (DD in het figuur). Hierdoor was binnen het ontwerpproces weinig onzekerheid (zwarte kader).

Bij "De Brede Groene Dijk" was de zekerheid in eindsterkte van het bouw materiaal bij de start van het project juist zeer laag (BDG in het figuur), waardoor het ontwerpproces in grotere mate rekening moet houden met de veranderende eigenschappen. Het groene kader geeft de bandbreedte, veroorzaakt door deze onzekerheid in grondeigenschappen, weer. Per fase kan worden onderzocht wat de impact is van de bestaande grondeigenschappen op het ontwerp. Zoals in Figuur 5 wordt getoond, kan dit worden gecompenseerd door meer ruimte te reserveren, maar ook door meer tijd te nemen en de volgende projectfase door te schuiven (horizontale lichtgroene peilen).



Figuur 6: Het ontwerpproces met onzekerheden in eindsterkte ondergrond

De onzekerheden kunnen worden geadopteerd binnen het ontwerpproces door evaluatiemomenten en terugvalmogelijkheden in te bouwen. Bij iedere onderwerpfase kan worden geëvalueerd hoe bodemprocessen de grond sterker maken en hoeveel onzekerheid in eindsterkte er nog is. Gericht monitoren van de grondeigenschappen is daarom cruciaal om zekerheid te krijgen over de planning. Indien de benodigde tijd te groot wordt, of de eindsterkte alsnog te laag blijft, kan er worden teruggevallen op het traditioneel bouw materiaal.

Het ontwerpproces dat is getoond in Figuur 6 heeft veel overeenkomsten met het project “De Brede Groene Dijk”. Het materiaal moet nog rijpen en de eindsterkte van het materiaal is onzeker, er wordt intensief gemonitord en er worden praktijkproeven uitgevoerd om hier grip op te krijgen. Dit heeft er al toe geleid dat er meer tijd nodig is, waarvoor oorspronkelijk ook ruimte was gereserveerd in de planning. Mocht deze extra tijd niet baten om de grond voldoende sterk te maken, dan zijn er alternatieven. Er kan bijvoorbeeld een indeling worden gemaakt welk type materiaal waar wordt gebruikt in de dijkversterking. Als meest rigoureuze terugvaloptie kan er zelfs worden gekozen om de dijkversterking op traditionele wijze (een steen- of asfaltbekleding) uit te voeren.

Het waterschap verwacht ook intensiever beheer en onderhoud na de uitvoering. Een ervaring van de vorige dijkversterking in de jaren ‘80 was de relatief grote hoeveelheid scheurvorming, wat in de loop der jaren verminderde. Hiervoor is destijds ook gebruik gemaakt van lokaal materiaal uit de kwelder. Het waterschap accepteert deze verwachting en investeert extra in onderhoud om het toepassen van lokale grond mogelijk te maken.

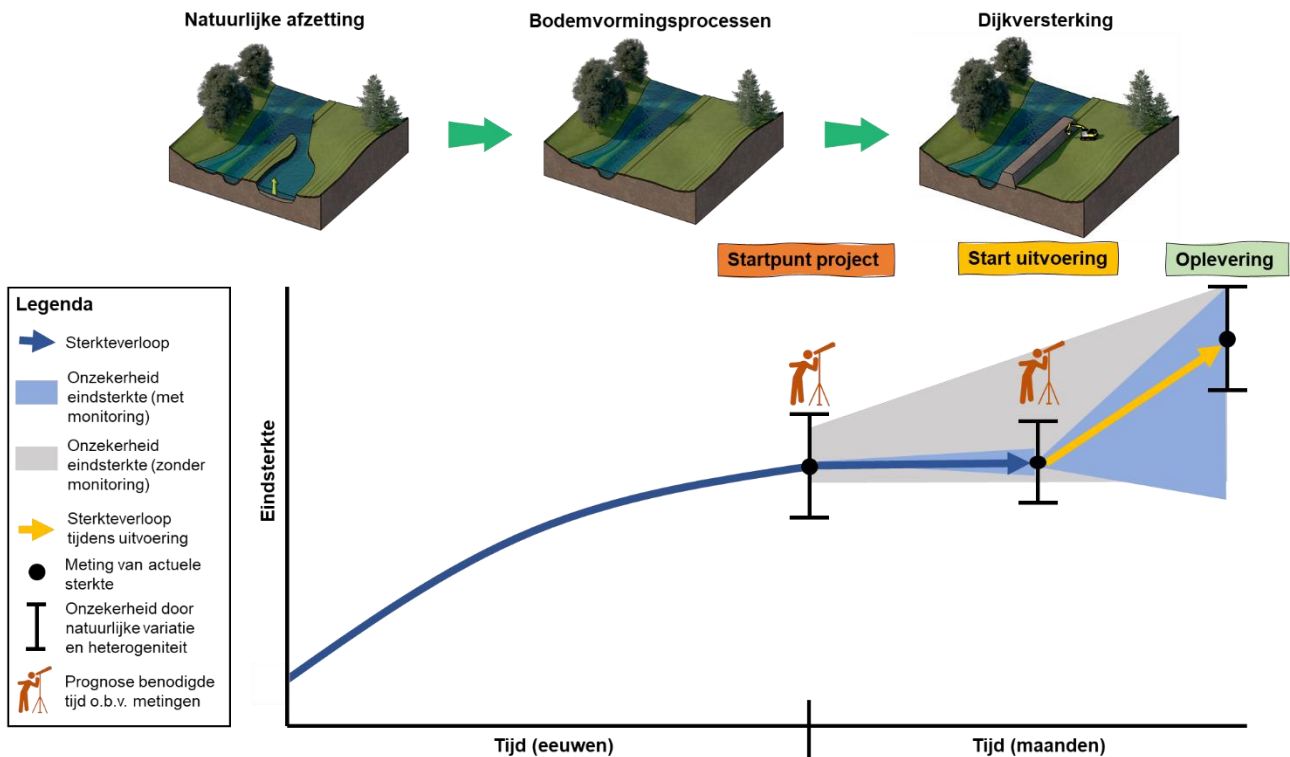
Het ontwerpproces van de waterkering van “De Dubbele Dijk” was anders. De risico’s in relatie tot de veranderingen van materialen waren kleiner én door het opstellen van een businesscase werd aangetoond dat het ook financiële voordelen had. Op basis van grondonderzoek zijn de materiaaleigenschappen bepaald om het geotechnisch ontwerp op te stellen met het lokale materiaal. Indien de eigenschappen onacceptabel waren, kon worden teruggevallen op traditionele klei van buiten het gebied.

4.3 Monitoren grondgedrag

Zoals is beschreven in de voorgaande paragrafen, is er voldoende grip nodig op de geschiedenis van de lokale grond en hoe dit zich ontwikkelt door de tijd heen. Deze grip kan worden gerealiseerd door middel van een meet- en monitoringsprogramma. De volgende paragrafen beschrijven hoe meten en monitoren de toepassing van gebiedseigen grond mogelijk maakt.

4.3.1 Gerijpte grond in dijkversterkingen

Figuur 7 geeft weer hoe de voorgeschiedenis van het bouw materiaal een belangrijke rol speelt in het vormgeven van een ontwerpproces. Door het uitvoeren van grond- en laboratoriumonderzoek kan worden onderzocht of de grond volledig is gerijpt. Vooraf aan het proces kan op basis van gebiedskennis de voorgeschiedenis van de grond worden ingeschat, maar door het laboratoriumonderzoek kan dit daadwerkelijk worden vastgesteld. Indien op basis hiervan verwacht wordt dat de grond zal veranderen door de tijd heen, wordt het aanbevolen om ook een monitoringsprogramma te organiseren.



Figuur 7: Toepassen van lokale grond waarbij rijpingsprocessen reeds hebben plaatsgevonden

Het conceptuele figuur komt sterk overeen met het project “De Dubbele Dijk”. Door de kennis over de geschiedenis van het materiaal en het grondonderzoek kon worden geconcludeerd dat het materiaal voor lange tijd boven de grondwaterstand aanwezig is geweest. Hiermee was de verwachting dat het materiaal weinig zal veranderen door de tijd heen, omdat de rijpingsprocessen al hebben plaatsgevonden. Op basis van deze kennis kon worden vastgesteld dat het materiaal direct kon worden gebruikt voor de uitvoering. Op basis van grond- en laboratoriumonderzoek zijn sterkte-eigenschappen van het materiaal bepaald, waarmee het ontwerp is ontworpen.

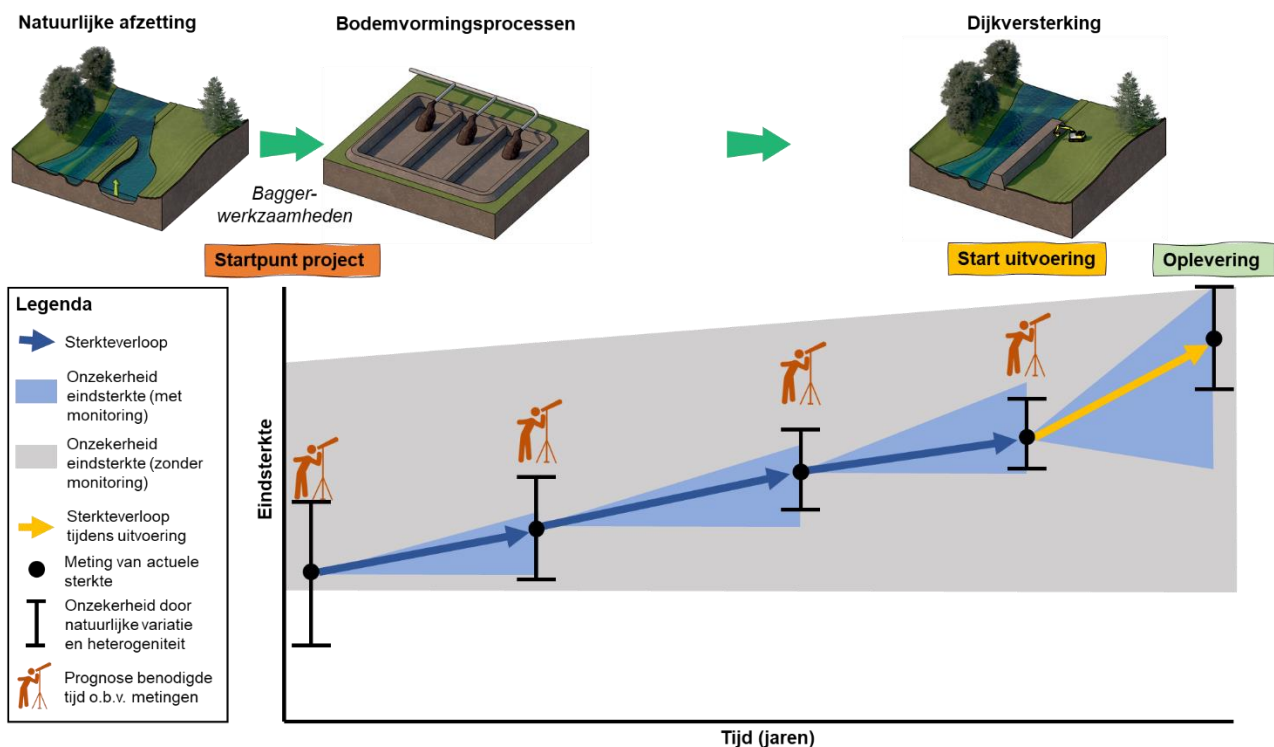
Tijdens de uitvoering werd geconstateerd dat de kwaliteit van het materiaal varieerde per locatie. Er kon op sommige locaties minder diep gegraven worden dan uit eerdere onderzoeken werd verwacht. Een belangrijk leerpunt hierin was dat er tijdens de ontgraving kennis benodigd is bij de aannemer om in te kunnen schatten of het materiaal voldoende sterk is. Ook kan richting worden gegeven over welk materiaal waar wordt toegepast in de waterkering, bijvoorbeeld het sterkste materiaal dat wordt ingewonnen, aanbrengen op de taluds.

Een andere belangrijke les van dit project is dat de uitvoering ook een belangrijke rol speelt in de sterkte van de waterkering. Het materiaal dient goed te worden verdicht, wat de grond sterker maakt. Indien de verdichting beperkt is, is de kans op afschuivingen en/of schade aan de bekleding groter.

4.3.2 Ongerijpte grond in dijkversterkingen

Indien het lokaal beschikbare materiaal dat wordt toegepast in een dijkversterking recent is afgezet, is er veel tijd nodig om het rijpingsproces te laten voltooien. Het is daarom noodzakelijk om *vanaf de inwinning* van het materiaal een monitoringsprogramma op te starten. Binnen dit monitoringsprogramma dienen de ontwerpparameters langdurig te worden gemeten met een goed doordachte strategie omdat het ontwerpproces hier sterk afhankelijk van is. Deze parameters verschillen per toepassing binnen de dijkversterking. Figuur 8 geeft weer hoe een monitoringsprogramma kan worden ingericht om verloop van de sterkte door de tijd heen in te richten. Tijdens de meetmomenten kan een predictie worden gemaakt over hoeveel tijd er nog benodigd is om de gewenste eindsterkte te behalen. Bij een hoge frequentie van de metingen is er dus meer grip op het sterkteverloop van de grond en dus op het ontwerpproces. Belangrijk is om rekening te houden met natuurlijke variatie (heterogeniteit) van de ondergrond. Resultaten zullen per

definitie afwijken, waardoor bij te weinig proeven er mogelijk geen significante trends kunnen worden waargenomen. Er dienen dus voldoende proeven te worden uitgevoerd maar ook is het belangrijk om van tevoren scherp te krijgen wanneer er voldoende zekerheid is om te bouwen.



Figuur 8: Toenemende eindsterkte en afnemende onzekerheid in eindsterkte tussen natuurlijke afzetting en toepassing in dijkversterkingen

De figuur beschrijft conceptueel het proces van “De Brede Groene Dijk” met baggermateriaal uit o.a. de Eems-Dollard. Omdat de afzetting van het materiaal relatief recent heeft plaatsgevonden en het materiaal altijd onder water heeft gelegen, is de verwachting dat het door de tijd heen nog veel zal veranderen. Na het baggeren is het materiaal opgeslagen in baggerdepots. Hierin wordt de grondwaterstand laag gehouden zodat de natuurlijke rijpingsprocessen kunnen beginnen. Er zijn onzekerheden die een belangrijke rol spelen in het ontwerpproces: de benodigde tijd om met voldoende zekerheid de eindsterkte van het materiaal te begrijpen. Figuur 8 geeft een illustratie van het pad dat het materiaal volgt bij het project “De Brede Groene Dijk”. De lijnen geven weer dat de sterkte van het materiaal in zekere mate toe- en de onzekerheid afneemt. Alleen door middel van een uitgebreid monitoringsprogramma is het mogelijk om grip te krijgen op deze onzekerheden. Hierbij is de belangrijkste vraag wat de benodigde tijd is om de grond verder te kunnen verwerken als bouw materiaal.

Door intensief monitoren is de valkuil dat naar volledige zekerheid wordt gestreefd. Door natuurlijke variatie van het materiaal en heterogeniteit blijft er altijd variatie in metingen behouden.

De ervaring is dat het ontwerpproces sterk afhankelijk is van het lokaal beschikbare materiaal. Dit vraagt om een transitie van de ontwerpfilosofie van “ontwerp naar materiaalkeuze” naar “beschikbaarheid van materiaal naar ontwerpkeuze”.

5 ONDERNEMERSCHAP EN BESLUITVORMING

Bij beide waterschappen was ondernemerschap en lef doorslaggevend voor het tot stand brengen van de demonstratieprojecten. Door buiten bestaande paden een dijkversterkingspilot in te richten, zijn veel obstakels en kansen aan het licht gekomen. Zo was het voor Waterschap Hunze en Aa's een logische stap om aan te haken bij het sedimentprobleem in de Eems-Dollard. Voor alle partijen was het een voordeel om het baggermateriaal te gebruiken voor een dijkversterking. Een grotere uitdaging was om het bestuur van de waterschappen mee te krijgen. Omdat beide projecten binnen een innovatieprogramma vallen, is er meer flexibiliteit gecreëerd, wat ondersteunt in snellere besluitvorming met meer risico. Echter, er wordt niet gespeeld met de waterveiligheid van de Groningers, ondanks dat het leerprojecten zijn. Hierbij zijn goed onderbouwde keuzes en voldoende terugvalopties noodzakelijk. Dit maakt het ook mogelijk om goed overwogen deadlines te stellen omdat het risico bestaat dat er te veel wordt onderzocht met beperkte nieuwe inzichten. Dit stimuleert zowel de focus op welke informatie écht noodzakelijk is, als de acceptie dat niet alle kennis boven water komt. Ook vraagt dit besluitvaardigheid van besluitvormers om met enige lef keuzes te maken.

Een ander aspect dat meespeelt in de besluitvorming zijn de kosten. Voor het project "De Dubbele Dijk" was door middel van een businesscase aangetoond dat het gebruik van lokale grond financieel gunstiger is dan het toepassen van grond van elders. Dit is echter niet altijd te verwachten. Daarom zijn ook overige indicatoren zoals CO₂ uitstoot of de verbetering van natuurwaarden belangrijk om mee te wegen in besluitvorming. Dit stimuleert tevens om een dijkversterking te beschouwen als een gebiedsontwikkeling. Door lokale grond te gebruiken, kunnen er kansen worden gecreëerd om natuur- en gebiedswaarden te verhogen. Dit is in beide projecten als een belangrijke voorwaarde meegenomen. "De Dubbele Dijk" heeft drie doelstelling waarmee het waterveiligheidsprobleem integraal wordt opgepakt, die sterk zijn gekoppeld aan gebiedsontwikkeling:

1. Duurzame en klimaatbestendige kustverdediging, gericht op meegroeien met de zeespiegelstijging;
2. Stimulatie van landbouwinnovatie door zilte teelten; en
3. Natuurontwikkeling en slibvang uit het Eems-Dollard estuarium.

Bij "De Brede Groene Dijk" zijn de kwelderkleidepots in een Natura2000 gebied geplaatst. De natuurwaarden zijn behouden gebleven door het aanleggen van een nieuwe klutenplas.

6 LEERPUNTEN PER PROJECT

Met de twee demonstratieprojecten is een enorme hoeveelheid kennis en informatie opgedaan in zowel het ontwerpproces als technische ontwerpmethodes. Voor beide projecten is een opsomming gemaakt met alle leerpunten, verdeeld per projectfase. Andere waterschappen kunnen leren van deze ervaringen bij het overwegen van gebiedseigen grond binnen de veiligheidsopgave. Paragraaf 7.1 geeft de leerpunten van het project “De Dubbele Dijk” en paragraaf 7.2 de leerpunten van “De Brede Groene Dijk”.

6.1 De Dubbele Dijk

Tabel 1 geeft de leerpunten weer uit het project “De Dubbele Dijk” van Waterschap Noorderzijvest. Deze ervaringen zijn door middel van interviews verzameld en gebundeld in de tabel.

Contact:

Kees de Jong
Strategisch adviseur Kustbescherming
k.dejong@noorderzijvest.nl

Tabel 1: leerpunten per projectfase uit het project Dubbele Dijk

Projectfase	Leerpunten en afwijkingen ten opzichte van een traditioneel ontwerpproces	Afwijkende ontwerpmethodes en technieken
Beoordeling / voorgeschiedenis	De voorkeursstrategie voor waterveiligheid in het Waddengebied, zoals onderdeel van de Deltabeslissingen van 2015, benadrukt om zoveel mogelijk de kansen van combinatie tussen dijkverbetering en gebiedsontwikkeling/multifunctioneel gebruik te identificeren en te realiseren. De mogelijkheid om op het traject Eemshaven Delfzijl een Dubbele Dijk te realiseren is dus onderzocht in de verkenningsfase.	Het Dubbele Dijk concept laat toe, dat er in extreme omstandigheden een lagere overslag over de voorliggende kering van 30-40 l/s/m toelaatbaar is, met pieken van 70 l/s/m. Deze overslag wordt gekeerd door de nieuw aangelegde binnenliggende kering.
Programmering	Het waterschap was betrokken bij de POV Waddenzeedijken waarbinnen verschillende oplossingsrichtingen zijn ontwikkeld waarmee de waterkering op een duurzame manier kan worden verbeterd. De ambitie was om deze oplossingsrichtingen mee te nemen in het dijkversterkingsprogramma.	De Dubbele Dijk is vanaf het begin opgenomen in de “HWBP zeef-trits” van mogelijkheden, wenselijkheden, voorkeur. Tegelijkertijd heeft iets dergelijks ook bij de provincie Groningen plaatsgevonden.
Voorverkenning (projectopgave)	Uit de verschillende alternatieven is het concept “dubbele dijk” tijdens de voorverkenning gekozen om verder door te ontwikkelen. Een pilotlocatie werd hiervoor gekozen om de haalbaarheid te onderzoeken.	De voorverkenning is in aanmerkelijke mate uitgevoerd door de provincie Groningen, ook heeft deze zelf een adviesbureau ingehuurd om technische en financiële haalbaarheid te onderzoeken, het document als HWBP-Demonstratieproject op te stellen en in de HWBP-review te brengen. Dat de benodigde oppervlakte in eigendom van één eigenaar was, maakte een tijdsige pachtovereenkomst mogelijk.
Verkenning (VKA fase)	Om de achterliggende dijk te bouwen is overwogen om de toplaag tussen de twee dijken te gebruiken als bouw materiaal. Door middel van een businesscase is aangetoond dat dit financieel gunstiger was dan het toepassen van materiaal van buiten het gebied.	Binnen het gebied dat de achterliggende dijk moet keren is bij maatgevende omstandigheden vrijwel geen golfbelasting aanwezig i.v.t. de “buitenzijde” waarvoor de eisen zijn ontwikkeld. Daarom is in het ontwerp toegestaan dat de erosiebestendigheid van het materiaal van de binnenliggende kering niet aan de eisen voldoet. Wel is er een optie om als terugvaloptie , alsnog taludbescherming aan te brengen (bv. geotextiel).

Projectfase	Leerpunten en afwijkingen ten opzichte van een traditioneel ontwerpproces	Afwijkende ontwerpmethodes en technieken
Planuitwerking (projectplan)	<p>Het was een uitdaging om de achterliggende dijk een normering te geven waarmee ontworpen kon worden. Als de dijk zou falen, is er namelijk zeer beperkte schade. Er is voor gekozen om de dijk te ontwerpen volgens de ontwerpeisen van een regionale kering.</p>	<p>De achterliggende dijk is ontworpen volgens reguliere ontwerpssystematiek passend bij regionale keringen. De voorliggende kering heeft een kleikern tot ca. 6 m NAP. Een reststerkte-analyse toont aan dat (voorlopig) de bekleding aan de buitenzijde voldoende is. Een meerjarig meetprogramma dat parallel loopt moet dat ondersteunen door betere gegevens van de belastingen die op deze locatie feitelijk kunnen optreden. Die zijn, naar verwachting, lager, dan die uit Hydra-NL afkomstig zijn.</p>
Realisatie	<p>De grond voor de nieuwe, binnenliggende kering wordt ondergepacht door het waterschap voor een periode van 25 jaar van de provincie, die hoofdpachter is van het totale gebied dat privaat eigendom is. De afspraak is dat de grond na deze periode op exact dezelfde locatie weer wordt teruggedeeld in het tussengebied. Het moest goed worden geregistreerd welke grond waar vandaan kwam. Ook is de ontgravingsdiepte gelimiteerd tot 50-70 cm vanaf maaiveld.</p> <p>Wegens contractbelemmeringen is de realisatie gefaseerd: eerst de grondwerken (opgenomen in het contract van de gehele dijkversterking), vervolgens de kunstwerken en inrichting die benodigd zijn voor de beoogde exploitatie van het tussengebied</p>	<p>De toplaag varieerde sterk in eigenschappen. Tijdens de uitvoering is het sterkere materiaal gekozen voor de dijk.</p> <p>Wegens veranderingen in de exploitatiewijze is de 2^e fase realisatie 2-3 jaren vertraagd, en zo ook de technische ontwerpen. De voorgenomen sterktetesten op een dwarsdoorsnede-segment van de voorliggende dijk, teneinde de reststerkte vast te stellen, hebben nog niet plaatsgevonden</p>
Beheer	<p>Het gebied van nieuwe, achterliggende kering, tussengebied, en bestaande, voorliggende kering is als keringszone aangemerkt. De keringen hebben het gebruikelijke beheer, met de provincie Groningen zijn afspraken gemaakt om de randen van het door hen gepachte gebied gedeeltelijk mee te nemen in onze beheerroutine tegen kostprijs. Voor de exploitatie van het tussengebied zijn specifieke richtlijnen opgesteld met oog op de veiligheidssituatie van de keringszone.</p>	<p>De toekomstige aanleg van kunstwerken en inrichting voor de exploitatie vereisen specifieke aandacht in de vergunningverlening.</p> <p>De vertraging van de 2^e fase noopt tot tijdelijke waterbeheermaatregelen, aangezien het waterbezwaar niet door de getijdenduiker uitgeslagen kan worden.</p> <p>Monitoring van de taluds van de keringen grenzend aan het tussengebied toont aan dat enige afkalving ontstaat door het stagnerende regenwater. De omvang (hoogstens 40 cm) noopt niet tot onmiddellijke aanvullende taludbescherming.</p>
Beoordeling	<p>De dubbele dijk vereist een “beoordeling op maat”, wegens het “meenemen” van reststerkte, het verwerken t.z.t. van de resultaten van het project meerjarige veldmetingen, en de typische kerende functie van de binnenliggende kering.</p>	<p>De veiligheidsfilosofie, en de daarop gebaseerde faalkansenanalyse als basis voor de beoordeling is nog in ontwikkeling. De vereiste voorwaardelijke kans op overstrooming door bresvorming van de binnenliggende dijk kan dan ook bepaald worden.</p>

6.2 De Brede Groene Dijk

Tabel 2 geeft de leerpunten weer uit het project “De Brede Groene Dijk” van Waterschap Hunze en Aa’s. Deze ervaringen zijn door middel van interviews verzameld en gebundeld in de tabel.

Contact:

Henk van Norel
Specialist Keringen & Veiligheid
h.van.norel@hunzeenaas.nl

Tabel 2: leerpunten per projectfase uit het project Brede Groene Dijk

Projectfase	Leerpunten en afwijkingen ten opzichte van een traditioneel ontwerpproces	Afwijkende ontwerpmethodes en technieken
Beoordeling / voorgeschiedenis	Het waterschap had al lange tijd de ambitie om een brede groene dijk te realiseren als alternatief op asfalt of steenbekleding. Door verbinding te zoeken met het programma “Eems-Dollard 2050” was het idee ontstaan om het baggermateriaal toe te passen voor de dijkversterking van de afgekeurde waterkering.	Het concept van een brede groene dijk is volgens het waterschap kansrijk langs de Dollard, vanwege de lagere golfbelasting door de luwe zone achter de Punt van Reide en de dempende werking van de kwelders voor de kust.
Programmering	Er is een proeftraject van 1 kilometer aangewezen waarin het concept kon worden uitgevoerd. Door de realisatie van baggerdepots te combineren met natuurontwikkeling (ontwikkeling Klutenplas) was het mogelijk om dit binnen het Natura2000 te realiseren. De planning had enige flexibiliteit omdat het rijpingsproces een onbekende hoeveelheid tijd nodig had. Als maatregel is de terugvaloptie gegeven om het rijpingsproces één jaar langer door te kunnen zetten.	Het baggermateriaal is in binnen- en buitendijkse depots opgeslagen op te rijpen. Hiervoor is een uitgebreid monitoringsprogramma ontwikkeld.
Voorverkenning (projectopgave)	Op basis van de standaard ontwerpregels van het OI kan niet worden aangetoond dat de grasbekleding van het flauwe talud van 1:7 de golfbelasting kan weerstaan. Daarom is een reststerkte methode ontwikkeld waarmee de benodigde dikte van het kleidek is afgeleid.	Het gebiedseigen materiaal bleek niet aan de eisen voor erosiebestendigheid te voldoen. Voor de reststerkte methode is het van belang om de erosie coëfficiënt van het materiaal te kennen. Er is onderzoek nodig om deze parameter vast te stellen. In het voorlopig ontwerp is een onzekerheidstoeslag gebruikt.
Verkenning (VKA fase)	Omdat het baggermateriaal niet voldoet aan de standardeisen voor klei voor dijken is extra onderzoek nodig om de veiligheid van het ontwerp te kunnen aantonen. Er kon gebruik worden gemaakt van één jaar extra uitloop.	Gedurende het jaar extra uitloop wordt onderzoek gedaan naar de materiaal-eigenschappen. Om de verwerkbaarheid van het materiaal te testen wordt een proefdijk aangelegd op de kwelder. Er zullen proeven worden uitgevoerd in de deltagoot met het dijk materiaal om de erosiebestendigheid te toetsen.
Planuitwerking (projectplan)	Omdat afgeweken wordt van het ontwerpinstrumentarium dient goed te worden vastgelegd hoe het ontwerp voldoet aan de doorsnede eis.	Op basis van de resultaten van het materiaalonderzoek en de deltagootproeven wordt een definitief ontwerp gemaakt van de dijk.
Realisatie	De ervaringen die zijn opgedaan met het maken van de proefdijk worden toegepast bij het realiseren van de 1 kilometer demonstratiedijk.	
Beheer (prognose)		De verwachting is dat door het hoge gehalte aan organische stof er relatief veel scheurvorming zal ontstaan in de jaren na de uitvoering. Hiermee is geleerd van de dijkversterking uit de

Projectfase	Leerpunten en afwijkingen ten opzichte van een traditioneel ontwerpproces	Afwijkende ontwerpmethodes en technieken
Beoordeling (prognose)	Het waterschap ziet de uitdaging dat bij de eerstvolgende beoordelingsronde het ontwerp dient te worden goedgekeurd. De wens is om de voor dit ontwikkelde project reststerktemethode op te nemen in het nieuwe ontwerpinstrumentarium, zodat de doorsnede-eis kan worden bewezen.	jaren '80. Na enkele jaren zal de scheurvorming verminderen. Het waterschap accepteert dat er in de jaren na de uitvoering meer onderhoud nodig zal zijn.

7 CONCLUSIE

De ervaringen uit de projecten “De Dubbele Dijk” en “De Brede Groene Dijk” geven veel nieuwe inzichten over het toepassen van gebiedseigen grond in dijkversterkingen. Uit deze ervaringen kunnen meerdere conclusies worden getrokken:

1. Lokaal materiaal biedt kansen om een dijkversterking op een duurzame en integrale manier uit te voeren. Dit heeft de grootste kans van slagen als dit wordt overwogen **vanaf het begin van een dijkversterkingsproces**. Het vraagt zowel ontwerpers als besluitvormers om binnen het gebied van de dijkversterking te zoeken naar mogelijkheden waaruit materiaal beschikbaar kan komen. Hiermee worden nieuwe kansen vanaf het begin opgenomen én meegewogen binnen de verkenningsfase. Het is dus een proces dat kansen koppelt aan wat het gebied te bieden heeft.
2. Oplossingsrichtingen waarbij naar een koppeling wordt gezocht met een **gebiedsopgave** zijn kansrijk. Dit is niet alleen efficiënt doordat meerdere opgaven in één worden opgepakt, maar ook omdat hiermee een groundbalans kan worden opgesteld waarbij vrijkomende grond kan worden gebruikt voor de versterking.
3. Materiaaleigenschappen zijn een ontwerpparameter in tegenstelling tot een eis bij het traditionele ontwerpproces. Voor een effectief ontwerpproces is vanaf het begin informatie nodig om de **fysische eigenschappen en de voorgeschiedenis** van het materiaal te begrijpen. Indien wordt verwacht dat het materiaal door de tijd heen zal veranderen, is een uitgebreid monitoringsprogramma noodzakelijk om de interactie met het ontwerpproces mogelijk te maken. Hierbij geldt dat de benodigde informatie over de fysische eigenschappen sterk afhankelijk is van de toepassing binnen de dijkversterking.
4. **Ambitie en lef bij besluitvormers** opent deuren voor kansrijke oplossingsrichtingen met gebiedseigen grond. De ervaring uit de twee demonstratieprojecten leert dat zowel de ontwerper als besluitvormer met minder zekerheid besluiten moeten maken. Door een monitoringsprogramma en terugvalopties in te bouwen kunnen gedurende het ontwerpproces keuzes met steeds meer kennis worden gemaakt.
5. De voorgeschiedenis en de toepassing van het materiaal in een dijkversterking is belangrijke kennis om het ontwerpproces vorm te geven. Hierbij speelt een belangrijke interactie tussen de beschikbare **tijd, beschikbare ruimte en de (verwachte) eindsterkte** van het bouw materiaal. Deze interactie is afhankelijk van de functie die het lokale materiaal zal krijgen binnen het ontwerp.
6. Zolang deze ontwerpfilosofie met gebiedseigen grond nog innovatief is, is het raadzaam om **terugvalopties** in te bouwen binnen het ontwerpproces. Bijvoorbeeld door de mogelijkheid in te bouwen om het ontwerpproces te verlengen, of meer fysieke ruimte te reserveren voor het ontwerp.
7. De twee demonstratieprojecten én de overige innovatieprojecten binnen de POV Dijkversterkingen met Gebiedseigen Grond zullen deze innovatie voeden met ervaringen en praktijkervaringen. Dit zal op termijn **opschaling** naar volledige dijkversterkingen mogelijk maken, waarbij de hoop bestaat dat lokaal beschikbaar materiaal de basis vormt voor toekomstige dijkversterkingsprogramma's.

Zolang met ondernemerschap, flexibiliteit, besluitvaardigheid én kennis van de eigenschappen van beschikbare grond een doorontwikkeling wordt gemaakt in het toepassen van lokale grond in dijkversterkingen, wordt langzaam de transitie gemaakt van innovatie naar vanzelfsprekendheid.

COLOFON

TOEPASSEN GEBIEDSEIGEN GROND IN DIJKVERSTERKINGEN
PROCESMATIGE EN INHOUDELIJKE BESCHOUWING OP BASIS VAN TWEE
DEMONSTRATIEPROJECTEN

KLANT

Waterschap Noorderzijlvest

AUTEUR

Johannes de Groot

PROJECTNUMMER

C03011.000623.0200

ONZE REFERENTIE

D10011313:151

DATUM

20 oktober 2020

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

Martin van der Meer (POV DGG), Marco Veendorp (Arcadis / Waterschap Noorderzijlvest), Martin Arends (Arcadis) en Jeroen van Mechelen (RPS)

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com