

Technische Kansen en Mogelijkheden

Dijkverbetering met Gebiedseigen Grond



Technische Kansen en Mogelijkheden

Dijkverbetering met Gebiedseigen Grond

Auteur(s)

Gerard van Meurs

Technische Kansen en Mogelijkheden

Dijkverbetering met Gebiedseigen Grond

Opdrachtgever	Waterschap Limburg
Contactpersoon	
Referenties	
Trefwoorden	

Documentgegevens

Versie	2.2
Datum	10-04-2020
Projectnummer	11205117-002
Document ID	11205117-002-GEO-0001
Pagina's	37
Status	definitief

Auteurs(s)

	Gerard van Meurs	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
2.2	dr.ir. G.A.M. van Meurs	dr.ir. M.A. Van	ir. L. Voogt	

Samenvatting

De POV-DGG heeft RoyalHaskoning DHV (RHDHV) gevraagd om een analyse op te stellen betreffende succesfactoren en gebiedspotentieel voor dijkversterking met gebiedseigen grond. In aanvulling op deze analyse heeft de POV-DGG vervolgens aan Deltares gevraagd om in te gaan op de technische belemmeringen, kansen en mogelijkheden voor het bevorderen van dijkverbetering met gebiedseigen grond.

Een workshop is gehouden met deelnemers afkomstig van de POV-DGG en van Deltares. De deelnemers hebben de gelegenheid gekregen om suggesties voor technische mogelijkheden en kansen (maatregel) te benoemen voor de POV-DGG. Het benoemen is gedaan aan de hand van verschillende onderdelen uit de rapportage van RHDHV.

Vervolgens is gevraagd om deze maatregelen te beoordelen op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit. Onderscheid is gemaakt tussen maatregelen op 'programmaniveau' en op 'projectniveau'. Het sommeren van de scores op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit biedt de mogelijkheid om tot een ranking te komen. De volgende maatregelen kwamen als beste naar voren:

- Zomerkaden gebruiken als test, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden.
- Database ontwikkelen met (grote schaal) geschiktheidstesten en resultaten voor o.a. referentiematerialen en omstandigheden. Het gebruik van aanwezige kennis en materieel uit de markt en aanwezig bij hogescholen en universiteiten stimuleren.
- De kansrijkheid is genoemd van een overstap naar functionele eisen van onderdelen van een dijk (waterkering) en naar eisen van functionele eigenschappen van materialen die in een dijk (waterkering) worden gebruikt.

In een tweede bijeenkomst met deelnemers afkomstig van Deltares is gekeken naar lopende programma's voor kennis en instrumenten. Het gaat dan om het programma Kennis voor Keringen (KvK), beoordelings- en ontwerpinstrumentarium (BOI), de kennis- en innovatieagenda van het HWBP en het onderzoeksprogramma Future Proof Dikes van Deltares. Vastgesteld is welke ontwikkelingen daarbinnen plaats vinden en welke rode draden eruit zijn te halen voor het benutten van gebiedseigen grond. Als 'rode draden' zijn genoemd: duurzaamheid, komen tot functionele eisen voor dijkmateriaal en het omgaan met risico's en tijdsdruk.

Vervolgens is gekeken waar de eerder genoemde maatregelen onder de aandacht gebracht zouden kunnen worden. Aanvullend is daarbij ook het onderzoeksprogramma van Deltares meegenomen. Voor de maatregel "Zomerkaden ..." is het idee dat een combinatie mogelijk is met de K&I agenda van het HWBP. Voor het ontwikkelen van een "Database ..." is aangegeven dat dit onderwerp eigenlijk een combinatie met alle drie de programma's mogelijk kan zijn. Een van de onderwerpen binnen het programma Future Proof Dikes betreft onderzoek naar faalpaden. Dit onderzoek is opgezet in samenspraak met KvK. De bevindingen van dit onderzoek kunnen vervolgens worden ingezet in een gecombineerd onderzoek van de POV-DGG met Deltares naar het effect op deze faalpaden op het gebruik van gebiedseigen grond, eventueel voorzien van toeslagstoffen. De basis hierbij wordt gevormd door de functionele eisen van onderdelen van een kering en de functionele eigenschappen van de materialen die vervolgens gebruikt worden.

Het verdient aanbeveling om vanuit de POV-DGG een open samenspraak aan te gaan met de betreffende programma's. Verwacht wordt dat daarmee de kans van slagen voor het maken van een combinatie groter wordt. Of een combinatie daadwerkelijk kansrijk is, hangt mede af van de reacties van andere betrokkenen en van beslissende partijen, waaronder de waterschappen.

Tenslotte heeft de POV-DGG aan Deltares gevraagd om een review uit te voeren op een rapport van Lievense-WSP ("QuickScan gebiedseigen grond langs de Waal en de Nederrijn-Lek"). Bij de quick-scan heeft Lievense-WSP gebruik gemaakt van het programma OKADER. In OKADER worden fragility curves gebruikt. De benadering bevat de nodige mitsen en maren. Wat er daadwerkelijk nodig is aan versterkingen dient afgeleid te worden op basis van beoordelingen en ontwerpproces en dat kan substantieel afwijken van OKADER. In het ontwerpproces en via toetsen op maat (TOM) zijn vaak nog veel optimalisaties mogelijk die in de fragility curves van OKADER niet zijn meegenomen. Dat betekent dat voorzichtigheid geboden is. Aan de andere kant laat de informatie zien dat het aanbod van grond ongeveer een orde groter is dan de vraag afgeleid uit de analyse. Dat geeft uiteraard voldoende vertrouwen dat vraag en aanbod goed bij elkaar zijn te brengen. In hoeverre met het materiaal een veilige dijk gemaakt kan worden, vraagt vervolgens maatwerk.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Verzoek POV-DGG	8
1.2	Aanpak	8
2	Workshop	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Deelnemers	9
2.3	Vragen en bevindingen	9
2.3.1	Onderdeel A, Vraag 1	9
2.3.1.1	Suggestie voor omgaan met de grafiek	10
2.3.1.2	Suggestie betreffende het tijdsaspect van dijksmateriaal	10
2.3.1.3	Suggestie voor toepassing gebiedseigen grond	10
2.3.2	Onderdeel A, Vraag 2	11
2.3.2.1	Belasting op de dijk verminderen	11
2.3.2.2	Erosiebestendigheid van de toplaag verbeteren	11
2.3.2.3	Gebiedseigen grond	11
2.3.2.4	Taaigheid van dijken	12
2.3.3	Onderdeel B: functionele eisen van toepassing	12
2.3.3.1	Doorlatendheid van de Kern van een dijk	12
2.3.3.2	Sterkte Kern	12
2.3.3.3	Doorlatendheid Buitenbekleding-onderlaag	12
2.3.3.4	Grasgroei Buitenbekleding-toplaag	12
2.3.3.5	Grasgroei Binnenbekleding-toplaag	13
2.3.3.6	Volume vaste Kern	13
2.3.3.7	Beheer Binnenbekleding-onderlaag	13
2.3.3.8	Beheer Buitenbekleding-onderlaag	13
2.3.3.9	Doorlatendheid voorland	13
2.3.3.10	Erosie Binnenbekleding-onderlaag	13
2.3.3.11	Erosie Buitenbekleding-onderlaag	13
2.3.3.12	Filter Drainage systeem	13
2.3.3.13	Gewicht Berm	13
2.3.3.14	Sterkte Berm	14
2.3.3.15	Doorlatendheid Drainage systeem	14
2.3.3.16	Sterkte Binnenbekleding-onderlaag	14
2.3.3.17	Volume vast Binnenbekleding-onderlaag	14
2.3.3.18	Volume vast Buitenbekleding-onderlaag	14
2.3.3.19	Sterkte Buitenbekleding-onderlaag	14
2.3.4	Onderdeel C: suggesties voor uitbreiden figuur met bodemgegevens	14
2.3.4.1	Ruimtelijk	15
2.3.4.2	Temporeel	16
2.3.4.3	Overige suggesties	16
2.3.5	Onderdeel D: geschikte maatregelen om de belemmeringen te ondervangen	17
2.3.5.1	Fysische grondkwaliteit van de aanwezige grond	17
2.3.5.2	Effect van toepassen afwijkend materiaal	17
2.3.5.3	Aanbod onduidelijk	17
2.3.5.4	Potentiele grondvraag niet te beperkt binnen een project	18

2.3.5.5	Tussentijdse opslag van grond	18
2.3.5.6	Nadelig effect van vergraven	18
2.3.5.7	Ontbreken van ervaring	19
2.3.6	Lijst met maatregelen	19
3	Ontwikkelingen binnen programma's	23
3.1	Inleiding	23
3.2	Korte uiteenzetting van de drie programma's	23
3.2.1	Kennis voor Keringen (KvK)	23
3.2.2	Beoordeling en ontwerpinstrumentarium (BOI)	24
3.2.3	Kennis en innovatieagenda	25
3.2.4	Onderzoeksprogramma Deltares (Future Proof Dikes)	26
3.3	Ontwikkelingen en mogelijkheden voor combineren	27
3.3.1	Deelnemers bespreking	27
3.3.2	Lopende ontwikkelingen	27
3.3.2.1	Kennis voor Keringen (KvK)	28
3.3.2.2	Beoordeling en Ontwerp Instrumentarium (BOI)	28
3.3.2.3	K&I agenda van het HWBP	29
3.3.2.4	Onderzoeksprogramma Deltares (Future Proof Dikes)	29
3.3.3	Algemene ontwikkelingen	29
3.4	Technische kansen en mogelijkheden	30
3.5	Bevindingen in combineren maatregelen en programma's	32
4	Review QS Lieveense-WSP	34
4.1	Inleiding	34
4.2	Bevindingen	34
5	Bevindingen	35
5.1	Workshop	35
5.2	Ontwikkelingen binnen programma's	35
5.3	Review QS Lieveense-WSP	36
6	Referenties	37

1 Inleiding

1.1 Verzoek POV-DGG

De POV-DGG, dijkversterking met gebiedseigen grond, heeft RHDHV gevraagd om een analyse uit te voeren van de succesfactoren en het gebiedspotentieel voor dijkversterking met gebiedseigen grond (RHDHV, 2020). Een breed scala aan factoren zijn daarbij betrokken; vraag en aanbod van grond, de kosten van grond, de duurzaamheidsaspecten van grond en aspecten verbonden aan de benodigde tijd om te komen tot realisatie. De technische aspecten, hoe wordt een robuuste waterveilige dijk gemaakt met gebiedseigen grond, is ook onderdeel van de analyse geweest.

Als aanvulling op het rapport van RHDHV is aan Deltares gevraagd om dieper en uitgebreider in te gaan op de technische aspecten om te komen tot een veilige dijk. Gevraagd wordt om te komen tot een zogenoemde top 10 van technische belemmeringen en maatregelen. In de analyse die vervolgens is uitgevoerd, is meer specifiek ingegaan op de volgende vier vragen gesteld door de POV-DGG:

1. Waar zitten de witte vlekken, ofwel welke belemmeringen en/of maatregelen ontbreken?
2. Zijn er aanvullingen op de door RHDHV genoemde punten?
3. Wat is de prioritering / urgentie voor de korte en middellange termijn, zichtperiode respectievelijk 2 en 5 jaar?
4. Welke kansen voor mee koppelen met andere programma's en vraagstukken zijn mogelijk?

De POV-DGG heeft het bureau Lievense-WSP gevraagd om een QuickScan uit te voeren naar gebiedseigen grond langs de Waal en Nederrijn-Lek (Lievense-WSP, 2020). Deltares is gevraagd om de rapportage van Lievense-WSP na te lopen en eventueel te voorzien van suggesties en opmerkingen.

1.2 Aanpak

De eerste twee vragen zijn zo mogelijk aan bod gekomen in een workshop. De workshop is bij Deltares gehouden op 13 januari 2020 en is gefaciliteerd door Deltares. Vertegenwoordigers van de POV-DGG en medewerkers van Deltares hebben deelgenomen. De aanpak en bevindingen zijn gerapporteerd in Hoofdstuk 2.

Vraag 3 is beantwoord door te kijken naar de lopende programma's in Nederland. Vraag 4 is aan bod gekomen tijdens een bespreking in Delft op 2 maart. Tijdens deze bespreking zijn de antwoorden van de Workshop nader beschouwd. Aan deze bespreking is deelgenomen door medewerkers van Deltares. De aanpak en bevindingen zijn gerapporteerd in Hoofdstuk 3.

Het nalopen van de rapportage van Lievense-WSP is apart ter hand genomen. De bevindingen zijn gerapporteerd in Hoofdstuk 4.

2 Workshop

2.1 Inleiding

Als vertrekpunt voor de workshop is gebruik gemaakt van de rapportage van RHDHV (RHDHV, 2020). Aan de hand van dit rapport is ingegaan op de volgende vier onderdelen (A, B, C, en D) en twee subvragen:

- A. De technische mogelijkheden om het potentieel van het gebruik van gebiedseigen grond te vergroten. Daartoe zijn meerdere specifieke vragen gesteld:
 1. Wat zijn mogelijkheden om de grenzen van figuur 1.3 uit het rapport (RHDHV, 2020) te verruimen?
 2. Welke mogelijkheden zijn er in het technisch ontwerp van een dijk als de grond niet als 'erosie bestendig' wordt geclassificeerd?
- B. Wat zijn de functionele eisen van toepassing op dijksmateriaal. Meer specifiek is de vraag gesteld: "Selecteer de onderdelen van de dijk waar je mogelijkheden en kansen ziet voor de POV-DGG en beschrijf de kansen / mogelijkheden".
- C. Geeft de figuur over het aanbod van klei voldoende mate van detail waar klei gevonden kan worden? Of specifieker gesteld: "met welke informatie moet de figuur vanuit technische invalshoek aangevuld worden (zowel in ruimte als in tijd)"
- D. Welke maatregelen (en / of kansen) zijn er om de belemmeringen bij gebiedseigen grond (GG) weg te nemen. Alle ingebrachte maatregelen (kansen) zijn vervolgens door de deelnemers beoordeeld op de aspecten effectiviteit en uitvoerbaarheid. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maatregelen op programmaniveau en op projectniveau.

2.2 Deelnemers

De deelnemers aan de workshop waren:

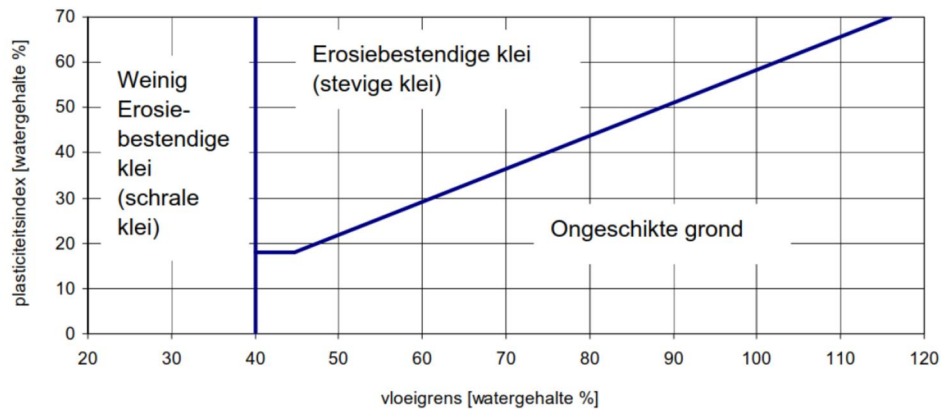
- Henk Weijers (PM POV-DGG).
- Martin van der Meer (TM POV-DGG).
- Jasper van der Hoef (CM POV-DGG).
- Meindert Van (Deltares).
- Cor Zwanenburg (Deltares).
- Huub de Bruijn (Deltares).
- Gerard van Meurs (Deltares).

2.3 Vragen en bevindingen

2.3.1 Onderdeel A, Vraag 1

Klei wordt vaak onderverdeeld in categorieën aan de hand van eenvoudige classificatieproeven waarbij de Atterbergse grenzen de meest onderscheidende zijn. De indeling in klei-categorieën is in beweging. In verschillende vigerende publicaties worden verschillende indelingen genoemd. Als onderdeel van WBI-2017 is de schematiseringshandleiding (SH) grasbekleding (RWS-WVL, 2018). De SH gaat uit van een indeling in de categorieën: stevige klei (I), schrale klei (II) en overig (III). Het Technisch rapport klei voor dijken (TAW, 1996) gaat uit van de indeling: erosiebestendige klei (1), matig erosiebestendige klei (2) en weinig erosiebestendige klei (3). Vier quick-wins grond en klei (Rijkswaterstaat, 2018) hebben een indeling die deels overeenkomt met de SH Grasbekleding voor wat betreft scheiding I en II maar waarbij de scheiding tussen II en III afwijkt en meer overeenkomt met TR Klei voor dijken. In het rapport van RHDHV (RHDHV, 2020) wordt de indeling volgens de SH Grasbekleding aangehouden. Verder wordt steeds gesproken over klei.

Dit is strikt genomen niet juist. Kleien onder de A-lijn¹ zouden beter aangeduid kunnen worden met Silt, dit is in lijn met de NEN-EN-ISO 14681 en vindt beter aansluiting bij internationale classificatiesystemen die veelal zijn gebaseerd op de plasticiteitsgrafiek van Casagrande.



Figuur 1 Indeling van klei categorieën op basis van Atterbergse grenzen volgens Vier quick wins (Rijkswaterstaat, 2018)

Het eerste onderdeel (Vraag 1) waar de deelnemers op zijn ingegaan, betreft technische mogelijkheden om het potentieel van het gebruik van gebiedseigen grond te vergroten. Daartoe zijn de volgende specifieke vragen gesteld:

1. Wat zijn de mogelijkheden om de grenzen van Figuur 1, dit is figuur 1.3 uit het rapport (RHDHV, 2020), te verruimen?
2. Welke mogelijkheden zijn er in het technisch ontwerp van een dijk als de grond niet als 'erosiebestendige klei', wordt geclassificeerd?

De deelnemers hebben uiteenlopende suggesties ingebracht. Aan de hand van verschillende aspecten van de grafiek worden deze behandeld.

2.3.1.1 Suggestie voor omgaan met de grafiek

Er is veel discussie over de harde grenzen van de grafiek. Een van de mogelijkheden voor het 'verzachten' van de grenzen is om overgangen tussen de typering vast te stellen. In de quick wins van RWS (Rijkswaterstaat, 2018) wordt bijvoorbeeld voorgesteld om een bandbreedte te leggen rondom de ondergrenzen van erosiebestendige klei.

2.3.1.2 Suggestie betreffende het tijdsaspect van dijksmateriaal

Eigenschappen van Dijksmateriaal veranderen in de tijd. Onder invloed van geochemische en microbiële processen zullen de eigenschappen van klei vaak verbeteren. Dit is mede een gevolg van 'verdrogen vs vernatten' en 'bevroren vs dooien'. De erosiebestendigheid en de sterkte van het materiaal nemen dan toe in de tijd.

2.3.1.3 Suggestie voor toepassing gebiedseigen grond

De grafiek is bedoeld voor klei maar er zijn ook andere erosiebestendige grondsoorten, zoals leemhoudende klei, keileem. Overgaan naar functionele eisen van dijksmateriaal brengt toepassing van dergelijke materialen, en dus ook gebiedseigen grond, dichterbij.

Toepassing van gebiedseigen grond kan wellicht dichterbij worden gebracht door goed te kijken naar de uitvoeringsaspecten. De functionele eisen van het ontwerp, de eisen van de functionele eigenschappen van het materiaal, vertaald in parameters, worden dan gecombineerd met de

¹ De A-lijn is de schuin oplopende lijn en vormt de overgang tussen erosiebestendige klei en ongeschikte grond.

uitvoeringseisen bij de realisatie van dijkverbetering. De combinatie van beide eisen zou de functionele eis van het ontwerp moeten dekken. Denk bijvoorbeeld aan extra verdichtingseisen om de materiaaleisen optimaal tot zijn recht te laten komen zodat tegemoet gekomen wordt aan de functionele eisen van het ontwerp.

2.3.2 Onderdeel A, Vraag 2

Het tweede onderdeel (Vraag 2) gaat in op de functionele eisen van toepassing van dijksmateriaal en specifiek is de vraag gesteld: "Selecteer de onderdelen van de dijk waar je mogelijkheden en kansen ziet voor toepassing van gebiedseigen materiaal en beschrijf de kansen / mogelijkheden" Tabel 1.

functioneel onderdeel	functionele eisen waterveiligheid							Beheer (graverijen etc.)
	doorlatendheid	erosie	grasgroei	filter	sterkte	volumevast	gewicht	
buitenbekl.-top	-	-	X	-	-	-	-	-
buitenbekl.-onder	X	X	-	-	X	X	-	X
binnenbekl.-top	-	-	X	-	-	-	-	-
binnenbekl.-onder	-	X	-	-	X	X	-	X
kern	X	-	-	-	X	X	-	-
berm	-	-	-	-	X	-	X	-
drainage systeem	X	-	-	X	-	-	-	-
voorland	X	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 1 Voorbeeld primaire functionele eisen per functioneel onderdeel van een typische groene dijk

De deelnemers hebben uiteenlopende suggesties ingebracht. Aan de hand van verschillende aspecten van de tabel worden deze behandeld.

2.3.2.1 Belasting op de dijk verminderen

Belasting van de dijk kan worden verminderd door de geometrie van de dijk aan te passen. Te denken valt daarbij aan het hoger en breder maken en het verflauwen van de taluds. Het gevolg is dan dat er minder water over de dijk stroomt en het overslagdebiet beperkt zal zijn.

2.3.2.2 Erosiebestendigheid van de toplaag verbeteren

Een suggestie is daarbij ook meer kijken naar de dijk als geheel. Als het materiaal 'an sich' wat minder erosiebestendig is, kan het aanbrengen van een dikkere toplaag mogelijk ook zorgen voor een waterveilige dijk. Op deze manier kan verantwoord gebiedseigen grond worden toegepast.

Kritisch kijken naar de uitvoering (bijvoorbeeld extra verdichten van de toplaag) kan leiden tot een betere erosiebestendigheid. Een betere verdichting betekent de aanleg van dunnere lagen en de toepassing van meer verdichtingsenergie. Het gevolg is meer werk in de aanlegperiode en een hoger brandstofverbruik. De suggestie is gedaan om daarbij de LCC effecten in beeld te brengen.

Bovendien kan een betere doorworteling van de zode in combinatie met een iets mindere toplaag bijdragen aan de waterveiligheid. Neem daarbij ook de effecten mee van klimaatverandering. Te denken valt daarbij aan een afwisseling van natte periodes met hele droge periodes. De samenstelling van kruiden en grassen die groeien op de zode dienen daar robuust op te zijn afgesteld. Vermoedelijk dient dan meer tijd te worden uitgetrokken tot "oplevering en overdracht". Ook stelt dat extra eisen aan beheer en onderhoud. Wellicht dat de LCC effecten in beeld te worden gebracht.

2.3.2.3 Gebiedseigen grond

Gebiedseigen grond toepassen op onderdelen van een dijk waar, op basis van eisen van functionele eigenschappen het materiaal geschikt is. Een alternatief wordt gevormd door het

materiaal geschikt te maken bijvoorbeeld door het gebruik van toeslagstoffen. Verder kan gedacht worden aan de toepassing van 'geo clay lining' of hulpconstructies toevoegen.

2.3.2.4 Taaigheid van dijken

De reststerkte van een dijk, of taaigheid, die resteert tussen initiatie van erosie en een daadwerkelijke dijkdoorbraak kan behulpzaam zijn, aangezien de norm gebaseerd is op een dijkdoorbraak die tot overstroming leidt met substantiële schade en / of slachtoffers. Extra taaigheid kan zo leiden tot een minder brede en minder diepe bres met minder gevolgen qua overstroming.

2.3.3 **Onderdeel B: functionele eisen van toepassing**

Selecteer onderdelen van de dijk waar mogelijkheden en kansen gezien worden. Geef een beschrijving van deze kansen en mogelijkheden.

2.3.3.1 Doorlatendheid van de Kern van een dijk

Definieer eisen van de functionele eigenschappen voor de doorlatendheid van de kern van een dijk. Beperk een specificatie tot een tweetal typen; goed doorlatend (zand) en slecht doorlatend (klei, leem en dergelijke). Indien een gebiedseigen grond niet voldoet aan een dergelijke eis, overweeg dan het gebruik van bepaalde toeslagstoffen. Deze stoffen aanbrengen door bijmengen. Een alternatief is om het ontwerp aan te passen, zodanig dat de doorlatendheid van de kern een minder belangrijke rol speelt in de bezwijkmechanismen. Bovendien kan gedacht worden aan het aanbrengen van een scherm of het toepassen van een lining toepassen. Te denken valt daarbij aan technieken als MIP, plaatsen van een damwand of aanbrengen van SoSeal, GCL en dergelijke. Ook kan extra ingezet worden op het verdichten van de kern.

2.3.3.2 Sterkte Kern

De taaigheid van de waterkering meenemen. Daarbij spelen naast de sterkte ook de vervormingen, de erosiebestendigheid en de doorlatendheid een rol. Een hoge erosiebestendigheid van het materiaal in de kern van een dijk zou moeten worden opgenomen in de regels voor beoordeling en ontwerp; dat gebeurt nu nog niet maar is wel mogelijk.

Ook voor de sterkte kan ingezet worden op het extra verdichten van het materiaal van de kern. Dat geldt ook voor het bijmengen met toeslagstoffen, bijvoorbeeld cement of kalk, om de sterkte te vergroten. Of om een toename in de sterkte te realiseren met gebruik van technieken als Mixed in Place (MIP).

2.3.3.3 Doorlatendheid Buitenbekleding-onderlaag

Het heeft de voorkeur om de doorlatendheid in de kern te regelen zodat stromend water kan infiltreren en het geen eis is die aan bekleding gesteld wordt. Mocht wel een eis worden opgenomen, neem deze eis op in een verdichtingseis (consistentie). Dit geeft dan de mate van vormvastheid aan en een sterkte. Wederom kan extra worden ingezet op de verdichting.

2.3.3.4 Grasgroei Buitenbekleding-toplaag

Voorzie de begroeiing van kruiden die dieper wortelen dan grassen, zodat de zode veel dikker wordt en daarmee de erosiebestendigheid naar verwachting verbetert. Stel een maximum aan het lutumgehalte van de toplaag. Op een lichtere grond als toplaag ontwikkelt zich een betere zode bestaande uit kruiden en grassen. Bovendien kruiden en grassen toepassen die een range van natte en droge omstandigheden kunnen doorstaan (robuust). Breng eventueel een functiescheiding aan tussen een erosiebestendige toplaag en een aparte groene zode voor de uitstraling.

- 2.3.3.5 Grasgroei Binnenbekleding-toplaag
Het maaibeheer of de begrazing afstemmen op de ontwikkeling van de zode. Gedacht kan worden aan maaien na het bloeiseizoen dan wel andere vormen van maaien. Zie verder de suggestie onder paragraaf 2.3.3.4.
- 2.3.3.6 Volume vaste Kern
Neem eisen op met betrekking tot de consistentie van het materiaal en eisen waaraan de verdichting aan moet voldoen. Breng een overhoogte aan, zorg voor kort cyclisch onderhoud van de kering en verbeter eigenschappen eventueel met toeslagstoffen.
- 2.3.3.7 Beheer Binnenbekleding-onderlaag
Beheer toepassen die zorgt voor een erosiebestendige zode bestaande uit grassen en kruiden. Voldoende bedacht zijn op bodemvorming in de eerste periode na de aanleg. Deze bodemvorming is afhankelijk van de lokale omstandigheden; expositie, hoeveelheid neerslag afwisselend met droge perioden. Effecten van klimaatverandering grijpen daar op in en dat vraagt om afstemming met beheer en onderhoud. De uitdaging is wel op welke wijze de monitoring zal moeten worden uitgevoerd.
- 2.3.3.8 Beheer Buitenbekleding-onderlaag
Bij de onderlaag van de buitenbekleding lage begroeiing stimuleren. Deze begroeiing bevordert de stromingsweerstand. Aanvullend kan een erosiezone worden toegepast. Te denken valt daarbij aan een zogenoemde steilranddijk of aan een hoge gronddijk. Het beheer en onderhoud dient hier vanzelfsprekend op te worden afgesteld.
- 2.3.3.9 Doorlatendheid voorland
Een minimale eis toevoegen betreffende de doorlatendheid van het voorland. De sterkte van het voorland heeft geen eis nodig. Mogelijkheden zijn er ook om een 'lining' of een kwelscherm toe te passen. Betrek anisotropie, het onderscheid tussen horizontale en verticale doorlatendheid, bij het grondonderzoek en bij het uitvoeren van berekeningen. Dit is een belangrijk aandachtspunt bij grondwinning in het voorland. Grondwinning in het voorland kan wel ten kosten gaan van de overall sterkte van de kering.
- 2.3.3.10 Erosie Binnenbekleding-onderlaag
De binnenbekleding moet een bepaalde mate van overslag kunnen weerstaan. Pas een goed ontwikkelde zode toe en zorg via beheer en onderhoud dat de zode blijft voldoen.
- 2.3.3.11 Erosie Buitenbekleding-onderlaag
De buitenbekleding moet golfploop en golfklappen kunnen weerstaan en dus zijn de eisen aan de buitenbekleding strenger dan voor de binnenbekleding. Het verbeteren van de erosiebestendigheid kan wellicht gebeuren door de zode te verankeren met grote 'nietjes' of over een groter deel van het talud grind/gravel als bekleding toepassen. Het ontwerpen van een erosiebuffer zoals bij de dijkversterking GOW (Gebiedsontwikkeling Ooijen Wanssum) maakt het daar mogelijk om met leemhoudende klei de dijk aan te leggen.
- 2.3.3.12 Filter Drainage systeem
Indien de doorlatendheid van de kern te laag is kan een systeem worden toegepast om het waterbezwaar te draineren. Het drainagesysteem kan bestaan uit verticale of horizontale drains, uit een grindkoffer, een grofzandbarrière of een verticaal geotextiel.
- 2.3.3.13 Gewicht Berm
Een drainagelaag aanbrengen aan de onderkant van een berm zodat water gewicht wordt (effectieve spanning neemt toe op onderlagen). Een alternatief is om volumiek gewicht toe te voegen.

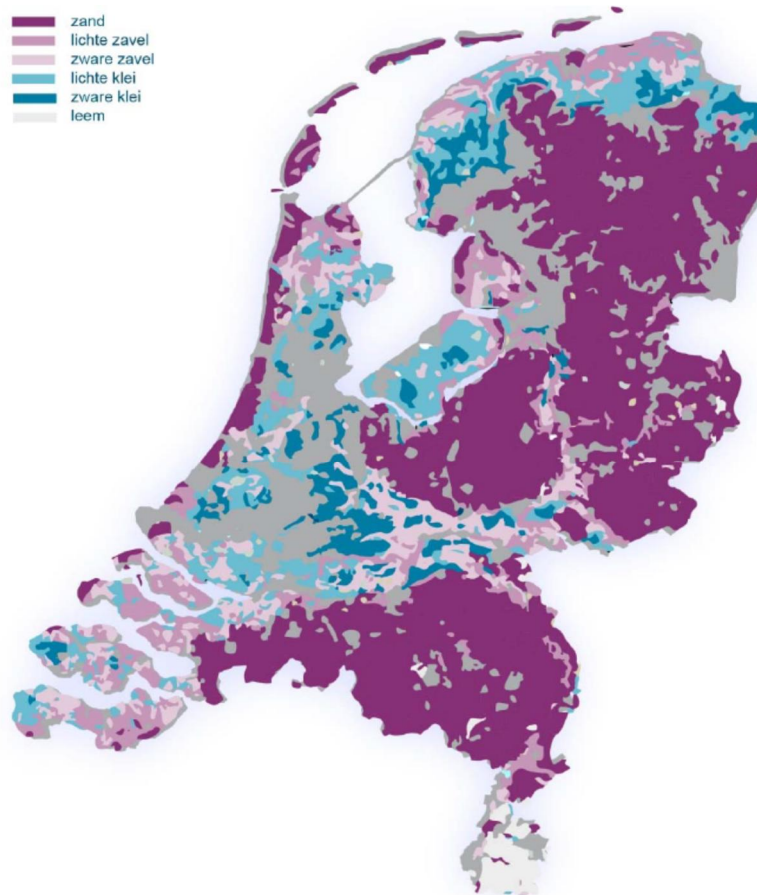
- 2.3.3.14 **Sterkte Berm**
Aan de berm volumiek-gewicht toevoegen en verdichting realiseren. Het geheel levert een sterkere berm op. De bijdrage van een berm aan de stabiliteit van een dijk is voornamelijk gewicht. Als de sterkte van de berm een probleem is, dan ligt het voor de hand om dit in het (geometrisch) ontwerp op te lossen.
- 2.3.3.15 **Doorlatendheid Drainage systeem**
Doorlatendheid vergroten geeft meer effect op de verlaging van waterspanning die wordt beoogd.
- 2.3.3.16 **Sterkte Binnenbekleding-onderlaag**
Verflauwen van het talud heeft een lagere belasting tot gevolg.
- 2.3.3.17 **Volume vast Binnenbekleding-onderlaag**
De onderlaag verdichten leidt tot een volume vaste binnenbekleding.
- 2.3.3.18 **Volume vast Buitenbekleding-onderlaag**
Leg dit vast in een eis voor de verdichting (consistentie) van de onderlaag. Dit geeft tevens de mate van vormvastheid en sterkte aan.
- 2.3.3.19 **Sterkte Buitenbekleding-onderlaag**
Zoek de oplossing wederom in het verdichten (consistentie) van de buitenbekleding. Op deze wijze wordt sterkte toegevoegd.

2.3.4 Onderdeel C: suggesties voor uitbreiden figuur met bodemgegevens

Het derde onderdeel gaat in op het aanbod van klei en de oorsprong van deze klei. Figuur 2 is ontleend aan het rapport (RHDHV, 2020) en komt overeen met figuur 2.1 uit dat rapport. In de figuur is voor heel Nederland aangegeven waar klei- en zandgrond voorkomen in de bovenste 1,5 m van de ondergrond. In aanvulling op deze kaart zijn nog andere bronnen beschikbaar. Te denken valt aan Basisregistratie Ondergrond (BRO)², Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK)³ maar ook bestaande databestanden met sonderingen en boringen. Al deze bronnen kunnen worden gebruikt om informatie te geven over locaties waar klei aanwezig is om te dienen voor dijkversterking.

² <https://www.digitaleoverheid.nl/overzicht-van-alle-onderwerpen/basisregistraties-en-afsprakenstelsels/inhoud-basisregistraties/bro/>

³ <https://www.pdok.nl/>



Figuur 2 Locatie van voorkomen van klei- en zandgronden in Nederland (bovenste 1,5 m)

De vraag is voorgelegd of deze figuur voldoende informatie bevat over de locaties waar klei gevonden kan worden. Meer specifiek is de vraag gesteld: "welke informatie ontbreekt en welke aanvullende informatie vanuit technische invalshoek is gewenst is (zowel in ruimte als in tijd)". In de volgende drie paragrafen zijn suggesties gegeven waar de kaart (Figuur 2) ruimtelijk en temporeel mee kan worden aangevuld om te komen tot een verbetering. Bovendien zijn resterende suggesties meegegeven.

2.3.4.1 Ruimtelijk

Kijk vooral naar die gebieden waar dijkversterking voorzien is. Het zijn daarbij het stroomgebied van de rivieren en de kusten. Voor die gebieden is het nodig om meer detail aan te brengen. Wellicht bevat de zeebodem sedimenten die geschikt zijn voor de versterking van zeedijken. Een voorbeeld betreft de pilot uitgevoerd door het Waterschap Noorderzijlvest naar het gebruik in een dijk van vrijkomende keileem bij baggerwerkzaamheden.

Breng op de kaart voor de interessante regio's informatie aan over de dikte van de verschillende grondlagen. Voor de drooglegging van het maaiveld is informatie nodig over het volume gewicht en het watergehalte van de grondlagen.

Informatie ontbreekt op de kaart over de samenstelling van kwelders en uiterwaarden. Deze twee gebieden vormen vaak goede brongebieden om materiaal aan te onttrekken voor dijkversterking.

Bovendien is informatie over de samenstelling van de klei, bijvoorbeeld het zoutgehalte, het organisch stofgehalte en het lutumgehalte) zijn van belang. Neem ook gegevens op net over de grens met Duitsland en België. Voor de grensgebieden met dijkversterking, of bij vervoer per schip, zijn dat relevante winningsgebieden.

Een suggestie is wellicht om de kaart op te delen in regionale kaarten en deze kaarten te voorzien van een hoger detailniveau. De ruimtelijke informatie is nu onvoldoende om keuzes te maken op programma- of projectniveau. Dit vraagt om een scherpere specificatie met betrekking tot kwaliteit en kwantiteit, bijvoorbeeld in termen van heterogeniteit van het materiaal en de kans op bijmenging.

Aanvullende informatie is nodig over homogene en winbare hoeveelheden. Verder speelt de hoogteligging van het maaiveld een rol: waar is het niet-winbaar in verband met het gevaar van opbarsten in bijvoorbeeld diepe polders.

De suggestie wordt verder gedaan of er geen digitale kaarten via internet beschikbaar zijn met meer detail.

2.3.4.2 Temporeel

Het landschap van Nederland is aan verandering onderhevig. Verandering van bodemgebruik zal tot gevolg hebben dat het materiaal (zand en klei) in de ondergrond niet langer beschikbaar is. Denk aan bebouwde omgeving bestaande uit woningbouw en bedrijfsterreinen. Welke veranderingen zijn te verwachten, bijvoorbeeld geplande (grootschalige) projecten, die op termijn effect gaan hebben op project- dan wel op programmaniveau?

Welke wensbeelden spelen op de langere termijn? Denk daarbij aan het wensbeeld opgesteld door (WUR, 2019) of aan het toekomstbeeld opgesteld door het College van Rijksadviseurs (CRa, 2018). Dergelijke beelden kunnen ook voor dynamiek gaan zorgen en hebben dan gevolgen voor de al dan niet lokale beschikbaarheid van 'grond'.

De bedding, en daarmee het deel waar stroming plaatsvindt, van een rivier is de afgelopen tientallen jaren sterk beteugeld. Het besef is daarmee afgenomen dat de rivieren onderhevig zijn aan dynamiek en dus aan verandering door erosie en sedimentatie. Hiermee verandert ook de beschikbaarheid van het gebruik van dergelijke materialen voor dijkversterking (of voor natuurbouw).

2.3.4.3 Overige suggesties

Een deel van de kaart is bebouwd of behoort tot beschermd gebied. De materialen aanwezig in de ondergrond zijn dan niet langer beschikbaar. Ook deze informatie dient op kaart beschikbaar te komen.

De brongegevens waarop de kaart gebaseerd is kunnen eveneens het beste deel uitmaken van de kaart. Datzelfde geldt voor de nauwkeurigheid: hoe betrouwbaar is de feitelijke aanwezigheid van het materiaal.

Voor de milieu-hygiënische omstandigheden zijn vaak aparte kaarten beschikbaar. Bevatten deze kaarten ook al informatie over de aanwezigheid van stoffen zoals PFAS? Is het mogelijk om een constructieve bodemgeschiktheidskaart te maken die vergelijkbaar is met een milieu-hygiënische bodemgeschiktheidskaart?

Verder is het noodzakelijk om exact aan te geven waar de informatie voor bedoeld is. Een scherpe definitie van de verschillende type materialen is daarbij een vereiste. Is het humusgehalte voldoende afgedekt met de term lichte klei? Breng bovendien onderscheid aan in de categorieën klei klasse I/II vs. III. Alleen op deze wijze ontstaat een adequaat hulpmiddel ter ondersteuning bij het toepassen van gebiedseigen grond bij dijkversterking.

2.3.5 **Onderdeel D: geschikte maatregelen om de belemmeringen te ondervangen**

Het rapport van RHDHV (RHDHV, 2020) bevat meerdere bijlagen. Bijlage B bevat een tabel met belemmeringen en succesfactoren. In Tabel C is een tabel met maatregelen opgenomen. Bij het vierde onderdeel van de workshop is ingegaan op de beide Bijlage B en Bijlage C. Meer specifiek is de vraag voorgelegd om per belemmering aan te geven welke maatregelen (en / of kansen) gezien worden. Alle ingebrachte maatregelen (kansen) zijn door de deelnemers vervolgens beoordeeld op de aspecten 'effectiviteit' en 'uitvoerbaarheid'. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maatregelen op programmaniveau en op projectniveau.

De suggesties die zijn ingebracht zijn per 'belemmering' gerapporteerd. Soms is direct aangegeven of een dergelijke maatregel geschikt is op programmaniveau of op projectniveau. Daar waar het begrip 'suggestie' staat, wordt 'een maatregel' bedoeld.

2.3.5.1 Fysische grondkwaliteit van de aanwezige grond

De aanwezige (lagere) fysische grondkwaliteit van de aanwezige grond komt niet overeen met de technische eisen die het waterschap stelt aan de dijk en de technische eisen blijven leidend. Een vijftal suggesties zijn naar voren gebracht.

1. Komen tot een grondgestuurd ontwerp of het ontwerp aanpassen aan de beschikbare grondkwaliteit (projectniveau).
2. De zomerkaden gebruiken als testlocatie, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden. Of breder geformuleerd de onzekerheid die blijkaar aanwezig is bij het toepassen afwijkende grond in pilots oplossen (project- en programmaniveau).
3. Meer duidelijkheid verschaffen over de beschikbare ruimte in de eisen of meer ruimte opnemen in de technische eisen voor gebruik materialen (programmaniveau).
4. Technische eisen meer integraal beschouwen (vanuit de functie). De eisen voor klei zijn nu bijvoorbeeld vastgelegd op een laag detailniveau, terwijl het gaat om de overstromingskans van het gehele dijkontwerp, waarbij erosie en instabiliteit tot aan dijkdoorbraak beschouwd moeten worden. Belangrijk is wel om aan te geven hoe je hiermee om kan gaan (programmaniveau).
5. Informatie over ervaringen delen. Maak hierbij wel onderscheid tussen de verschillende soorten informatie en kies daarbij de meest geëigende. Soms gaat het over bodeminformatie, soms gaat het over ervaringen in projecten, soms over inzichten voor de langere termijn. Ook onderscheid maken naar doelgroepen, vooral de beheerder niet vergeten.

2.3.5.2 Effect van toepassen afwijkend materiaal

Het effect van de toepassing van afwijkend materiaal op het toekomstig beheer en onderhoud, en de uitbreidbaarheid van de waterkering is onvoldoende duidelijk. Suggesties voor verbetering zijn:

1. Bij een ontwerp ook aandacht schenken aan B&O en eventuele adaptatie van het ontwerp bij toekomstige eisen. Is er voldoende ruimte beschikbaar, of is de toegepaste techniek eenvoudig uitbreidbaar (programma). Stel voor echt afwijkend materiaal ook een beheeradvies op.
2. Een eventuele toekomstige uitbreidbaarheid onderdeel van het project maken. Bijvoorbeeld door cyclisch, kortdurend en blijvend te versterken door baggerslib over de dijk uit te rijden.
3. In het instrumentarium (BOI) laten zien hoe in de beoordeling met een lagere kwaliteit grond kan worden omgegaan (op basis van bestaande kennis) (programma) Onderzoek de daadwerkelijk effecten van de lagere kwaliteit.

2.3.5.3 Aanbod onduidelijk

Het aanbod van gebiedseigen grond uit andere projecten en programma's is onduidelijk. Dat geldt voor de planning, wanneer komt het beschikbaar, en betreffende de fysische en milieu-

hygiënische kwaliteit van de beschikbare grond. Deze onduidelijkheid wordt als een risico ervaren voor doorlooptijd en budget. Suggesties voor omgaan hiermee zijn:

1. Stel een protocol van ontvangst voor GG op, doe er ervaring mee op en stel het protocol bij op grond van nieuwe ervaringen.
2. Het risico wordt verkleind door meer inzicht in compensatiemogelijkheden in het ontwerp, bij de uitvoering en bij het beheer en onderhoud indien de grond niet binnen de standaardregels past.
3. Projecten niet koppelen maar het aanbod van grond inzichtelijk maken zodat op de actuele status gereageerd kan worden.
4. Het ontwikkelen van een gefaseerde aanpak en per fase een afweging maken.
5. De grondkwaliteit onderzoeken en actueel houden (verjaring maar ook testen op de aanwezigheid van nieuwe stoffen).
6. Nadenken over het opzetten van (een soort van) grondbank op regionale schaal van grondvragende en grond-leverende projecten om op deze wijze de vraag naar en het aanbod van grond bij elkaar te brengen. Onderzoek in hoeverre de baten van een dergelijke grondbank kunnen wedijveren met de capaciteit van de markt om vraag en aanbod goed op elkaar af te stemmen.
7. Onderzoek de mogelijkheden van een meer continue stroom aan klei vanuit België. Zijn er mogelijkheden om over projecten heen te optimaliseren door te zorgen voor een efficiënte aanvoer en het aankopen van klei vanuit het HWBP te faciliteren.

2.3.5.4 Potentiele grondvraag niet te beperkt binnen een project

Is de potentiele grondvraag binnen het project niet te beperkt en zijn er geen mogelijkheden om dat verder te verkennen. De volgende drie suggesties zijn naar voren gebracht:

1. Cluster de verschillende projecten naar behoefte (de grondvraag) en speel in op het aanbod van grond.
2. Faseer een lokale ontgraving in de tijd. Afgegraven grond kan dan geleverd worden als een dijkversterkingsproject de grond daadwerkelijk kan gaan gebruiken.
3. Bouw ervaring op uit eerder uitgevoerde projecten. Onderzoek mogelijkheden om te combineren met andere gebiedsontwikkelingen.

2.3.5.5 Tussentijdse opslag van grond

Onder voorwaarden mogen grond en gebaggerd sediment onder het Besluit bodemkwaliteit tussentijds worden opgeslagen⁴. Het vooruit plannen en uitwisselen van grondstoffen over de projecten heen is uit overwegingen van kosten en efficiency belangrijk. Drie suggesties zijn ingebracht.

1. Ken een tijdelijke functie toe aan grondopslag. Een tijdelijke functie kan bijvoorbeeld zijn een steunberm tot dat de dijk in zijn geheel voldoet.
2. Realiseer een "digitale grondbank" door in kaart te brengen waar ontgravingen voorzien zijn andere lokale ontwikkelingen en neem de specificaties op van de uitkomende grond.
3. Leg een mogelijke focus op de directe toepassing.

2.3.5.6 Nadelig effect van vergraven

Winning van sedimenten in een uiterwaarde of een voorland kan leiden tot nadelige effecten op de waterveiligheid van de dijk. Bovendien kan het zorgen voor effecten op het grondwater en kan extra risico en kosten met zich meebrengen, een risico op een vertraging in de procedures. De volgende drie suggesties zijn naar voren gebracht in het ondervangen van deze belemmering.

⁴ <https://www.bodemplus.nl/onderwerpen/wet-regelgeving/bbk/vragen/grond-bagger-top/faq/welke-voorwaarden/>

1. De winning van sediment meenemen in het opstellen van een ontwerp.
2. Beschouw de winning van sedimenten Integraal beschouwen in relatie tot de dijkveiligheid (projectniveau).
3. Bedenk (vernieuwende) compenserende maatregelen zoals kwelschermen, lining, anisotropie en dergelijke (projectniveau).

2.3.5.7 Ontbreken van ervaring

Het ontbreekt aan ervaring bij het projectteam over de aanpak van alle aspecten rondom het gebruik van gebiedseigen grond (GG). Dit ontbreken leidt tot een cultuur waarin het gebruik van GG eerder als een risico wordt gezien dan als een kans. De volgende drie suggesties zijn genoemd bij het omgaan met deze belemmering.

1. Betrek kennis van de beheerders en maak deze kennis praktisch bruikbaar. Voorbeelden zijn Geoscan (projectniveau). Deel de kennis over het toepassen van GG. Maak de speelruimte duidelijk (programmaniveau).
2. Bouw vertrouwen op over het gebruik van GG door ervaringen die elders zijn opgedaan, uit te wisselen, Kortom, verzamel voorbeelden en inspireer daarmee (programmaniveau).
3. Waardeer en beloon lef en ervaringen door bijvoorbeeld een innovatieprijs of een projectgebonden bijdrage (programmaniveau).

2.3.6 Lijst met maatregelen

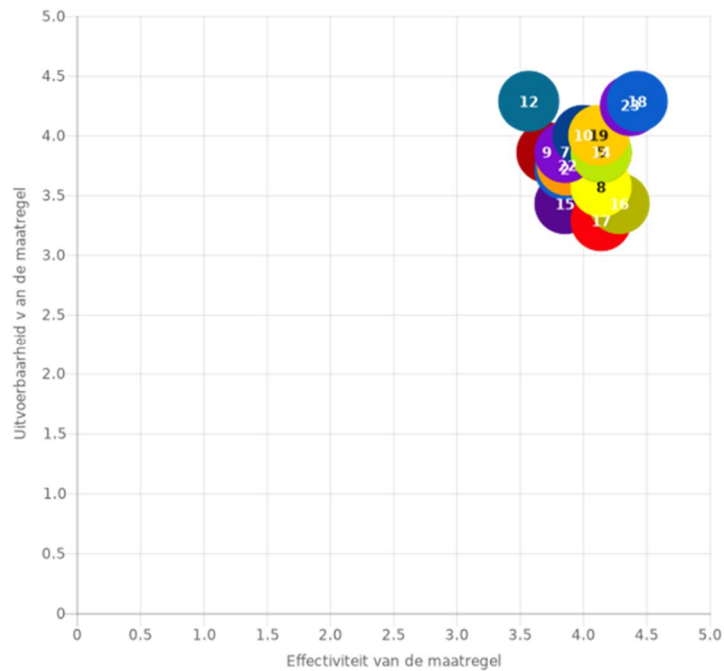
Uit alle suggesties is een lijst met maatregelen opgesteld. Vervolgens is iedere maatregel beoordeeld op de aspecten 'uitvoerbaarheid' en 'effectiviteit'. Deze beoordeling is uitgevoerd op een vijfpuntschaal door de deelnemers. Bovendien is bij de lijst onderscheid gemaakt tussen maatregelen die liggen op 'programmaniveau' en maatregelen die meer liggen op 'projectniveau'.

Vervolgens is een ranking opgesteld. Gekeken is naar de som van de score van de beide aspecten 'uitvoerbaarheid' en 'effectiviteit'. De 15 best scorende maatregelen op programmaniveau zijn opgenomen in Tabel 2 en op projectniveau in Tabel 3. De kleuren van de eerste kolom in de tabel zijn vervolgens gebruikt om de rangorde in een figuur grafisch zichtbaar te maken.

Effectiviteit en Uitvoerbaarheid van de maatregel Gesorteerd op basis van de som van de score 'Programmaniveau'		
18	zomerkaden gebruiken als test, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden (project- en programmaniveau)	
23	M-T5 Database ontwikkelen met (grote schaal) geschiktheidstesten en resultaten voor o.a. referentiematerialen en omstandigheden. Gebruik aanwezige kennis en materieel uit markt, hogescholen en universiteiten stimuleren.	
19	M-T2 Organiseren van pilots dijkversterking met GG.	
5	Denk na over het opzetten van een soort van grondbank (regionaal) van grond-vragende en grond-leverende projecten (vraag en aanbod bij elkaar brengen)	
10	Vanuit het WBI laten zien hoe je met lagere kwaliteit grond in de beoordeling om kan gaan (op basis van bestaande kennis) (programma)	
14	Informatie delen, hierbij wel onderscheid maken tussen verschillende soorten informatie en daarbij meest geëigende kiezen. Soms gaat het over bodeminformatie, soms gaat het over ervaringen in projecten, soms over inzichten voor de langere termijn. Ook onderscheid maken naar doelgroepen, vooral de beheerder niet vergeten.	
12	Voorbeelden verzamelen	
7	Programma: ervaring opbouwen uit eerdere projecten. Kan er een combinatie gemaakt worden met andere gebiedsontwikkelingen	
8	Projecten niet koppelen maar aanbod inzichtelijk maken zodat op actuele status gereageerd kan worden	
16	Technische eisen meer integraal beschouwen (vanuit functie) en aangeven hoe je hiermee om kan gaan(programma)	
22	M-T1 Bewustwording eisen, richtlijnen en vrijheden in ontwerp en grondgebruik. Concreet kan gedacht worden aan handvatten voor het ontwerpen op functionele onderdelen van een dijk en het daaruit afleiden van performance specificaties. Er is behoefte aan een pragmatische kader waarin per onderdeel een verband wordt gelegd tussen eisen en eigenschappen. Ook concrete voorbeelden.	
2	programma: "digitale grondbank": in beeld brengen waar ontgravingen gewenst zijn voor andere doelstellingen en wat daar de specificaties van uitkomende grond zijn.	
9	Programma: lef/ervaringen waarderen en belonen (innovatieprijs, projectgebonden bijdrage),	
17	Meer duidelijkheid verschaffen over beschikbare ruimte in eisen (op programmaniveau)	
15	Bij een ontwerp ook aandacht schenken aan B&O en adaptatie van het ontwerp bij toekomstige eisen. Is er voldoende ruimte beschikbaar, of is de toegepaste techniek eenvoudig uitbreidbaar. (programma)	

Tabel 2 De vijftien best scorende maatregelen op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit (programmaniveau)

De maatregelen uit Tabel 2 zijn vervolgens grafisch weergegeven (Figuur 3). De scores van de beste vijftien maatregelen liggen relatief dicht bij elkaar. De andere, niet weergegeven, maatregelen liggen meer links onder in de grafiek.



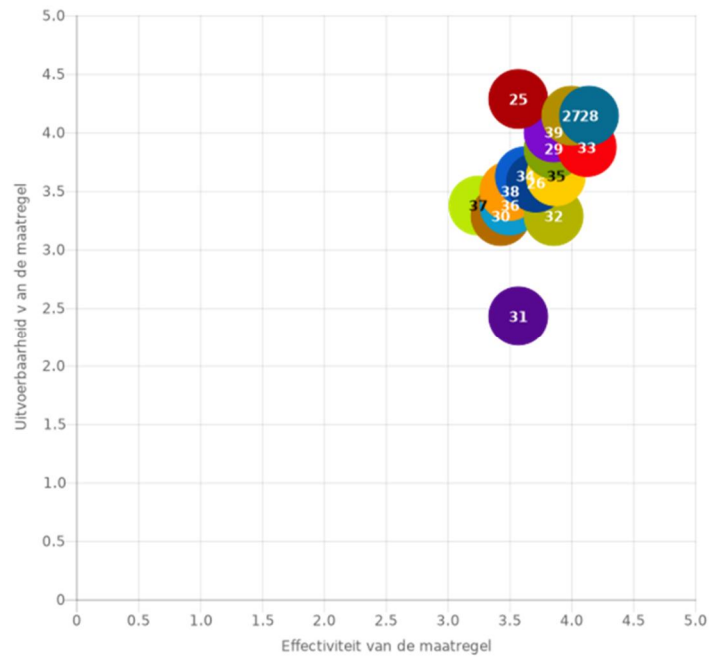
Figuur 3 De best scorende maatregelen op programmaniveau uitgezet tegen de assen 'uitvoerbaarheid' en 'effectiviteit' (programmaniveau)

De 15 best scorende maatregelen op projectniveau staan vermeld in Tabel 3. De kleuren van de eerste kolom zijn wederom gebruikt bij een grafische weergave.

Effectiviteit en Uitvoerbaarheid van de maatregel Gesorteerd op basis van de som van de score 'Projectniveau'		
28	ontgraving meenemen in ontwerp (project)	
27	risico wordt verkleind door meer inzicht in compensatiemogelijkheden in ontwerp, uitvoeren en/of beheer indien de grond ietsje afwijkt en net niet binnen de standaardregels past	
33	M-T7 Gebruik van gebiedseigen grond altijd meenemen in de verkenningsfase om impact op ruimtegebruik in beeld te brengen	
25	Project: (vernieuwende?) compenserende maatregelen bedenken; o.a. kwelschermen, lining, anisotropie, etc.	
39	komen tot een grondgestuurd ontwerp (projectniveau)	
29	Project: Beheerderskennis betrekken en praktisch bruikbaar maken (o.a. Geoscan)	
35	M-T9 Vroegtijdig beeld van waterveiligheidsconsequenties van voorland vergravingen, technische randvoorwaarden stellen aan winlocaties, geohydrologisch model nodig	
26	gefaseerde aanpak ontwikkelen, per fase afweging maken	
34	M-T8 Vroegtijdig bouwproces betrekken in ontwerpkeuzes. Niet alleen in klei en bekledingen denken. geschiktheidsbeoordeling niet alleen kwaliteit, maar ook hoeveelheid en tijdstip	
32	Projecten clusteren met behoefte /vraag, inspelen op aanbod	
38	M-T12 Ervaringen beheer en onderhoud: gebruikservaring, GeoScan vrij-gegraven dijkdoorsnede. Zie ervaringen NZV en WSHA (QW Kwelderleij en QW GeoScan). Cases adaptief BOP uitwerken en delen.	
36	M-T10 Goed nadenken over toekomstbestendigheid (zoals klimaateffecten) bij versoepelen van eisen. En de meerwaarde van een cohesieve kern echt gaan waarderen, het gaat niet alleen over klei en deklagen!	
30	tijdelijke functie toekennen aan grondopslag (bijvoorbeeld steunberm totdat dijk voldoet	
37	M-T11 Peer review laten uitvoeren door deskundigenpanel (techniek - uitvoering - beheer). Daarbij aandacht voor toekomstbestendigheid, klimaateffecten, reststerktecapaciteit	
31	Projecten (ontgraving) faseren in de tijd, niet in 1 keer afmaken	

Tabel 3 De vijftien best scorende maatregelen op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit (projectniveau)

De maatregelen uit de tabel zijn wederom grafisch weergegeven (Figuur 3). De kleuren komen overeen met de kleur gebruikt in eerste kolom van de tabel. De omvang van de verzameling van maatregelen op projectniveau is kleiner dan de verzameling op programmaniveau. De onderlinge verschillen in de score van de 15 best scorende maatregelen op projectniveau lopen dan meer uiteen in vergelijking met de 15 best scorende maatregelen op programmaniveau.



Figuur 4 De best scorende maatregelen op projectniveau uitgezet tegen de assen uitvoerbaarheid en effectiviteit (projectniveau)

3 Ontwikkelingen binnen programma's

3.1 Inleiding

Op het gebied van dijkversterking spelen verschillende ontwikkelingen. Wat betreft de waterveiligheid is de benadering overschrijdingsrisico vervangen door overstromingsrisico. Dit risico is vertaald naar een overstromingskans. Deze kans is vastgelegd in de Waterwet en betreft de kans op verlies aan waterkerend vermogen zodanig dat er substantiële schade en/of slachtoffers optreden. Het gaat daarbij om de kans op een dijkdoorbraak, en niet meer over de standzekerheid van de dijk. Bovendien zijn de beoordeling en het ontwerp samen genomen in een gecombineerde beoordelings- en ontwerpinstrumentarium (BOI).

De complexiteit van dijkversterking is verder toegenomen. Gezien de ruimtelijke druk in Nederland wordt steeds meer gekeken naar het combineren van dijkversterking met andere maatschappelijke functies. Daarbij spelen verder ambities als komen tot een energietransitie, het terugdringen van het gebruik van primaire grondstoffen en het verminderen van de emissie van broeikasgassen een belangrijke rol.

Voor het helpen en ondersteunen van de waterveiligheidsopgave zijn een drietal nationale kennis en instrumentenprogramma's beschikbaar. Deze programma's zijn:

1. Kennis voor Keringen (KvK).
2. Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium (BOI).
3. Kennis- en Innovatie (K&I) agenda van het HWBP.

Tijdens de bespreking is stil gestaan bij lopende ontwikkelingen binnen deze kennisprogramma's. Het onderzoeksprogramma van Deltares (Future Proof Dikes) is ook meegenomen. Vervolgens is vastgesteld welke gemeenschappelijke ontwikkelingen zijn waar te nemen.

Vervolgens is een lijst met technische mogelijkheden en kansen (maatregelen) opgesteld. Voor een deel zijn deze maatregelen afkomstig van de lijst met maatregelen die de beste score hadden op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit en aangevuld met al eerder binnen de POV-DGG genoemde mogelijkheden. Deze lijst met maatregelen is doorgenomen en gekeken is of een bepaalde maatregel in potentie gecombineerd kan worden met een (of meerdere) van de kennisprogramma's.

3.2 Korte uiteenzetting van de drie programma's

3.2.1 Kennis voor Keringen (KvK)

Rijkswaterstaat ontwikkelt kennis in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat op het gebied van waterveiligheid. Deze kennis wordt ontwikkeld binnen het project Kennis voor Keringen (KvK) om Nederland op een optimale manier te beschermen tegen overstromingen, nu en in de toekomst. De nieuwe kennis moet leiden tot een betere inschatting van de overstromingskans per dijkkring via bijvoorbeeld het aanscherpen van de bestaande instrumenten die gebruikt worden voor de beoordeling of het ontwikkelen van nieuwe (proces-) instrumenten⁵.

Kennis voor Keringen ontwikkelt de nieuwe kennis samen met andere partijen zoals universiteiten, het KNMI, USACE, Deltares, STOWA, HWBP en marktpartijen. KvK is er namelijk van overtuigd

⁵ <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/primaire/beoordelen/nieuwsbrieven/nieuwsbrief-landelijke-beoordeling/nieuwsbrief-boi-oktober-2019/kennis-keringen/>

dat het bundelen van verschillende expertises effectiever is en tot betere kennis leidt. Een manier om tot een effectievere wijze van samenwerken te komen is het gezamenlijk opstellen van een onderzoeks- en/of prioriteringsstrategie. Op dit moment wordt onder meer samen met het HWBP nagedacht over de te adresseren onderzoeksvragen en de wijze waarop HWBP en KvK elkaar op deze onderwerpen kunnen aanvullen.

Om te zorgen dat de ontwikkelde kennis ook daadwerkelijk wordt toegepast bij het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen werkt KvK intensief samen met het BOI-programma. In samenspraak tussen KvK en BOI wordt kennis ontwikkeld, omgezet tot een prototype en tot slot geïmplementeerd. Uiteraard is er een grijs gebied tussen kennisontwikkeling en implementatie: KvK en BOI werken samen aan het invullen van dit grijze gebied zodat nieuwe kennis op het juiste moment en op de juiste wijze beschikbaar komt voor beoordelaars en ontwerpers.

3.2.2 **Beoordeling en ontwerpinstrumentarium (BOI)**

Primaire waterkeringen worden beoordeeld volgens de Ministeriële regeling Primaire waterkeringen⁶ en met behulp van een instrumentarium (gezamenlijk het WBI-2017). Voor een versterking is een ontwerpinstrumentarium beschikbaar dat tot aanbeveling strekt. Het doel van het programma BOI is het op orde brengen, maar ook verder ontwikkelen van deze instrumentaria naar één instrument voor het beoordelen en ontwerpen (het Beoordelings- en OntwerpInstrumentarium, BOI). Bij het beoordelen en ontwerpen is het van belang om te de overstromingskans zo realistisch mogelijk te benaderen, waarbij alle onzekerheden mee worden genomen. Aandachtspunt is dat er niet meer met conservatieve aannames mag worden gewerkt maar met een goede inschatting van de verwachting en onzekerheden die daarmee gepaard gaan. Deze verandering biedt ook kansen voor het werken met gebiedseigen grond.

Om verder invulling te geven aan deze doelstelling zijn ook vijf subdoelen geformuleerd:

- Beter gebruik van het instrumentarium
- Toekomstbestendiger instrumentarium
- Doelgerichter afstemming en meer draagvlak
- Verhaal van de kering staat meer centraal
- Scherpere bepaling overstromingskans

Het gaat daarbij om een beter gebruik van het instrumentarium. Het instrument dient toekomstbestendiger te worden, maar ook beter afgestemd te zijn op het doel waar het voor bestemd is. De verwachting is dat BOI dan ook op meer draagvlak mag rekenen, zeker als 'het verhaal' van de kering meer centraal komt te staan en dus ook kennis en ervaring van beheer en onderhoud worden betrokken. Het geheel moet leiden tot een scherpere bepaling van de overstromingskans.

Bij het realiseren van de doelstellingen, wordt de strategie aangehouden om in eerste instantie het huidige instrumentarium op orde te brengen om van daaruit inhoudelijk verder te ontwikkelen. Bij het op orde brengen van de basis van BOI wordt uitgegaan van het bestaande wettelijk beoordelingsinstrumentarium uit 2017. Dit instrumentarium wordt kortweg aangeduid als WBI-2017 en is afkomstig uit (ILT, 2016).

Het ontwerpinstrumentarium stamt uit 2014 en wordt kortweg aangeduid als OI-2014 en is afkomstig uit (Rijkswaterstaat, 2017). Bij de doorontwikkeling wordt gebruik gemaakt van nieuwe kennis en inzichten die zijn opgedaan in bijvoorbeeld het project Kennis voor Keringen (KvK), in de Kennis- en Innovatie (K&I) agenda van het HWBP en in afzonderlijke projecten. In het jaar 2023 moet dat leiden tot een WBI-2023 als onderdeel van een BOI-instrumentarium dat kan worden gebruikt voor het beoordelen en ontwerpen van primaire waterkeringen.

⁶ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0039040/2017-01-01>

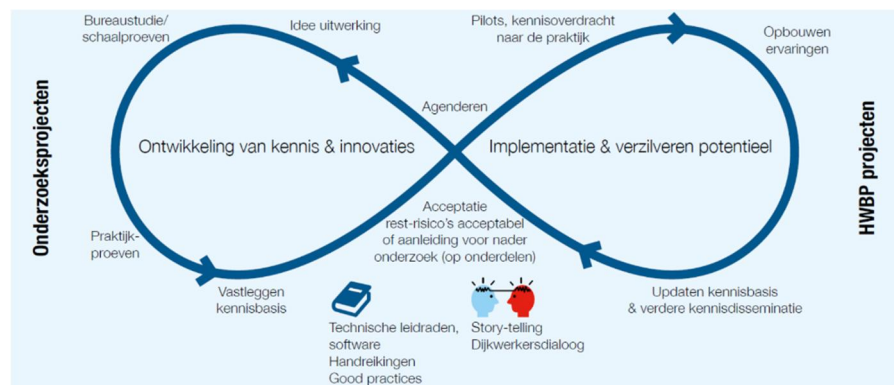
3.2.3 Kennis en innovatieagenda

De inhoudelijke focus voor innovaties binnen HWBP (HWBP, 2019) zal de komende vijf jaar komen te liggen op de volgende drie thema's:

1. Integrale ontwerp en uitvoeringstechnieken.
2. Strategie en aanpak projecten.
3. Benutten ruimte overstromingskansnormen.

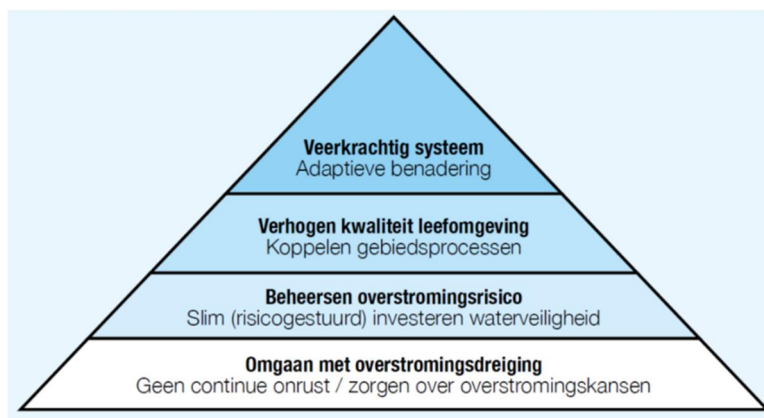
Binnen HWBP wordt een vast proces ingericht waarbij ieder jaar geld voor innovaties beschikbaar is. Innoveren is hiermee een vast onderdeel van het HWBP en dat is pure noodzaak. Tot het jaar 2050 zullen namelijk minimaal 1.100 kilometer aan primaire waterkeringen en 500 kunstwerken versterkt moeten worden. Met behulp van de innovaties dient de Nederlandse dijk steeds slimmer, goedkoper, en beter passend in de omgeving te worden. De K&I agenda moet daar een bijdrage aan leveren.

Gedurende de looptijd van het HWBP (zeker tot 2050) worden tientallen projecten opgepakt en uitgevoerd. Het doel, in ieder geval voor de komende 5 jaar, is om te zorgen dat innovaties zo veel mogelijk daadwerkelijk worden toegepast in de reguliere projecten. Daarvoor is het van belang dat reeds ontwikkelde kennis en resultaten uit innovatieprojecten worden geborgd en verder gebracht (Figuur 5).



Figuur 5 HWBP als lerend programma, en de verschillende fasen van kennis- & innovatieontwikkeling

De HWBP Kennis & Innovatieagenda werkt vanuit de filosofie dat bij alles wat wordt opgepakt, toegewerkt wordt naar een adaptief systeem om Nederland nu en in de toekomst te beschermen tegen overstromingen. In analogie met de piramide van Maslow, is er een piramide voor Waterveiligheid ontwikkeld. De verschillende, benodigde volwassenheidsfasen staan weergegeven in Figuur 6. De POV-DGG is onderdeel van de K&I agenda van het HWBP en dat betekent dat ook fase 2, volgens de werkwijze van de K&I agenda van het HWBP zal moeten gaan.



Figuur 6 Waterveiligheidspyramide zoals opgenomen in (HWBP, 2019)

3.2.4 Onderzoeksprogramma Deltares (Future Proof Dikes)

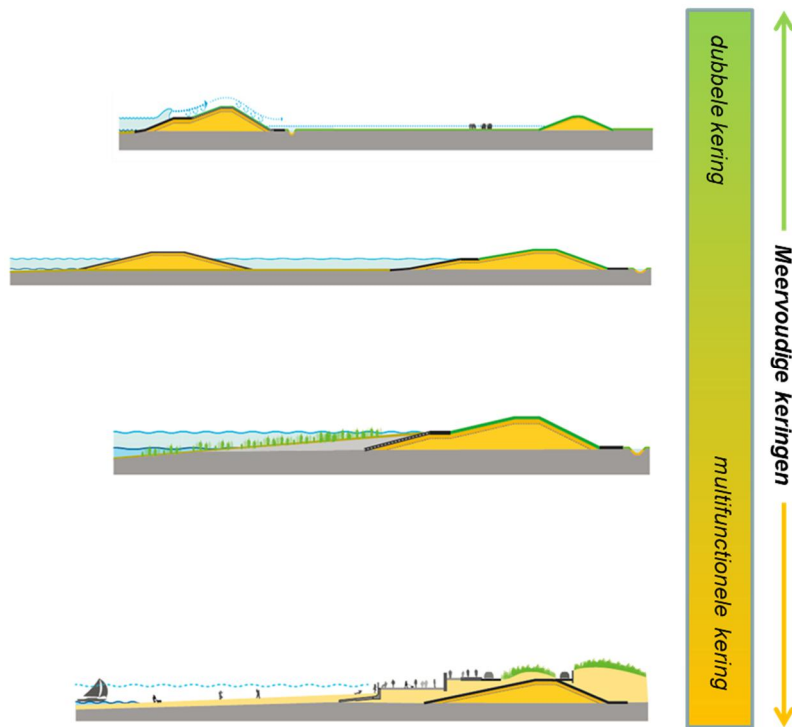
Het missiegedreven onderzoeksprogramma van Deltares heeft zich laten inspireren door waterveiligheidspyramide ontwikkeld door Deltares (Figuur 6). Het onderzoek op de korte termijn richt zich op het optimaliseren van het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen. Via 'het verhaal van dijk', de gebeurtenissenboom en mogelijke faalpaden komen tot een realistische overstromingskans. De nadruk daarbij zal komen te liggen op de mechanismen van macrostabiliteit en piping. De kennis van de fysica wordt daarbij gecombineerd met een probabilistische benadering.

Onderzoek voor de middellange termijn richt zich op taai waterkeringen; waterkeringen die een reststerkte bezitten als ze beschadigd worden naar een intense belasting. Hoe gaan we om met het beheer van een dergelijke waterkering. Verder zal de combinatie gelegd worden met programmatische aanpak grote wateren.

Voor de lange termijn wordt veel meer gedacht in waterkerende landschappen (Figuur 7). Het concept van een dubbele dijk kan bijvoorbeeld als vertrekpunt gezien worden voor de opbouw van een dergelijk landschap, en dat geldt ook voor het gebruik van zogenoemde wisselpolders of inrichtingen gebaseerd op de natuur. Het vermogen om water te keren is dan niet langer voorbehouden aan een dijk als lijnelement, maar door verschillende onderdelen van het landschap. Onderzoek voor de lange termijn richt zich op elementen die aandacht vragen om te komen tot een verantwoord, waterveilig landschap.

Opgemerkt wordt dat in de tweede helft van 2020 Deltares de onderzoeksprogramma's anders zal gaan indelen. De indeling zal dan overeenkomen met de vier missiegebieden van Deltares⁷. Het gevolg is dat de naam van de programma's, de inhoud en de aansturing zal veranderen.

⁷ De vier missiegebieden zijn: Toekomstige delta's, Duurzame delta's, Veilige delta's en Veerkrachtige infrastructuur.



Figuur 7: Waterkerende landschappen leggen een combinatie van waterveiligheid met de omgeving.

3.3 Ontwikkelingen en mogelijkheden voor combineren

3.3.1 Deelnemers bespreking

Op het vlak van waterveiligheid lopen in Nederland een drietal programma's: Kennis voor Keringen (KvK) (Ministerie van IenW), het beoordelings- en ontwerpinstrumentarium (BOI) (Ministerie van IenW) en de Kennis en Innovatieagenda van het HWBP. Daarnaast heeft Deltares een onderzoeksprogramma 'toekomstbestendige dijken' (Future Proof Dikes).

Een bespreking heeft daarom plaatsgevonden met als doel: het vaststellen van lopende ontwikkelingen, de richting van deze ontwikkeling en bij welk programma kunnen onderwerpen, die vanuit de POV-DGG geadresseerd zijn worden aangeboden om op samen te werken. De zes deelnemers aan de bespreking waren afkomstig van Deltares en zijn betrokken bij een of meerdere van deze programma's. Enkele onderdelen van de bespreking zijn wederom in een EBR-setting uitgevoerd en andere zijn in de vorm van een brainstorm gegaan.

Allereerst is ingegaan op lopende ontwikkelingen binnen de programma's. Vervolgens is gekeken welke 'rode draden' er zijn ten aanzien van het omgaan met gebiedseigen grond. Tenslotte is het gesprek gegaan over het combineren van technische kansen en mogelijkheden geïdentificeerd binnen het kader van de POV-DGG met de drie programma's die op nationaal niveau spelen.

3.3.2 Lopende ontwikkelingen

De lopende ontwikkelingen zijn per programma ter hand genomen. Iedere deelnemer heeft suggesties naar voren gebracht. Vervolgens is gekeken welke suggesties min of meer bij elkaar horen. Ten slotte is het gesprek gegaan over de algemene ontwikkelingen die worden waargenomen.

In de gesprekken is aangegeven dat de POV-DGG het beste een open samenwerking aan kan gaan met de verschillende programma's. In samenspraak de synergie zoeken kan er toe leiden dat de POV-DGG niet alle onderwerpen zelf hoeft te adresseren.

3.3.2.1 Kennis voor Keringen (KvK)

Voor het mogen aansluiten bij KvK is het belangrijk om aan te sluiten bij gebeurtenissen die de grootste invloed hebben op de overstromingskans. Via het denken in faalpaden er achter komen waar grondeigenschappen van grote invloed zijn op een dergelijke gebeurtenis. Het begrip Faalpad staat dan voor de opeenvolging van gebeurtenissen die leiden tot een overstroming met grote schade of slachtoffers. Een goede onderlinge afstemming en samenwerking tussen de drie programma's is een wens van alle partners.

3.3.2.2 Beoordeling en Ontwerp Instrumentarium (BOI)

Binnen het BOI speelt op de korte termijn vooral de verdere ondersteuning van het werken met overstromingskansen de waterveiligheid op orde krijgen van onze waterkeringen en voor de langere termijn het overgaan naar een robuuste waterveiligheidszone (of landschap). het wordt dan veel meer een adaptieve waterveilige omgeving. Dat laatste zal gaan betekenen dat de omgevingswet goed in beeld moet worden gebracht want de ontwikkelingen in de omgevingswet zijn breder dan enkel het aspect waterveiligheid. Koppel de ontwikkelingen ook aan de waterveiligheidspiramide (Figuur 6), waarbij we opschuiven vanuit Niveau 1 naar Niveau 2 en Niveau 3.

Het beoordelen van een waterkering met behulp van statistiek is vergevorderd. Wel moeten we meer het effect van de fysica in de statistiek gaan brengen. Dit speelt vooral bij de beschrijving van de faalpaden (in tegenstelling tot de initiatie van het faalmechanisme). Het beoordelen en ontwerpen zullen qua instrumentarium veel meer gaan over 'het verhaal van de kering': een narratieve analyse van de gebeurtenissen die tot overstroming leiden, waarna op basis van die analyse realistische kansen worden ingeschat met behulp van berekeningen en expert judgement. Vanuit het perspectief van de beheerder zullen de verschillende elementen uit de analyse nagelopen en beoordeeld, ontworpen, uitgevoerd en beheerd gaan worden. Een beoordeling is nu nog op afzonderlijke faalmechanismen gericht, maar steeds meer zal de aandacht uitgaan naar faalpaden. Het BOI is gericht op het ontwikkelen van instrumenten op basis van reeds ontwikkelde kennis uit KvK, praktijk of de wetenschap en richt zich op het jaar 2023.

Binnen de programma's KvK en BOI gaat voor de lange termijn spelen de wijze waarop onzekerheden betreffende het gedrag van de kering beter kunnen worden meegenomen. Welke onzekerheden kun je voldoende verkleinen? Welke moet je mee dealen (zijn onoplosbaar)? Hoe verhouden onzekerheden in grondeigenschappen/classificatie zich tot de grote onzekerheden die er bijvoorbeeld überhaupt zijn bij piping en macrostabiliteit (en misschien ook bij erosie van het buitentalud)?

Voorkomen moet worden dat in 2023 grote trajecten afgekeurd worden met onrealistisch hoge faalkansen. Het verhaal van de kering kan daarbij als praktisch perspectief geboden worden. Daarnaast is van belang dat opgedane leerervaringen worden gedeeld met beheerders, zodat zij die ervaringen ook in het huidige beoordelingsproces kunnen benutten. Dit om te voorkomen dat de bestaande eisen ten aanzien van classificaties (die ten behoeve van de overschrijdingskansbenadering zijn afgeleid) onterecht leiden tot grote inschattingen voor de overstromingskans.

De toepassing van gebiedseigen grond zou baat hebben bij het opnemen van nieuwe handvatten betreffende eisen van de functionele eigenschappen van grond in het BOI. Daarmee wordt ook ontwerpruimte gecreëerd. POV-DGG kan met een voorstel voor invulling van deze handvatten het BOI helpen om te komen tot dergelijke eisen.

Het helpt als de POV DGG aanbevelingen richt op verschillende onderdelen van de veiligheidsketen. Wat is er nodig voor een goed ontwerp? Wat is er nodig voor de oplossing/het ontwerp (die leidt tot het verkleinen van de overstromingskans)? Wat zijn de belemmeringen bij

het uitvoeren van die oplossingen (fysiek, bijvoorbeeld gebrek aan grond met bepaalde eigenschappen, te grote afstand waardoor CO₂ discussie speelt, maar ook procesmatig). Een aandachtspunt daarbij is hoe leerervaringen uit de praktijk in het HWBP volgens de lemniscaat uit de K&I agenda ook daadwerkelijk landen bij beheerders en in het instrumentarium (BOI).

3.3.2.3 K&I agenda van het HWBP

Gezien de taken en verantwoordelijkheden heeft het HWBP een sterke projectfocus. Al het onderzoek dat uitgevoerd wordt in de K&I agenda, wordt daarom gekoppeld aan de waarde die het heeft voor HWBP-projecten. De K&I agenda biedt de mogelijkheid om onderzoek te koppelen aan uitvoeringsprojecten en gebruik te maken van de velddata uit deze uitvoeringsprojecten.

Bij dijkversterking komt steeds meer centraal te staan een denken vanuit duurzaamheid, energieverbruik en emissie, bijvoorbeeld CO₂. Stel het aanbod van grond in een gebied centraal en ga daarmee kijken naar de opgave van een dijkversterking. Op rijksniveau en bij de waterschappen zijn duurzaamheid en circulariteit belangrijke doelstellingen die doorwerken in het HWBP. Gezien de problematiek van de depositie van stikstof in natuurgebieden, zal ook dit onderwerp aan belang winnen. Mogelijkheden rondom "Nature Based Solutions" en het slim gebruikmaken van lokale grond worden dan aantrekkelijker zodat het gebruik van primaire grondstoffen wordt verminderd. De omgevingswet wordt steeds belangrijker en HWBP is nog op zoek naar meer leerervaringen.

Een benadering gebaseerd op de Life Cycle Costs (LCC) is een belangrijke pijler binnen het HWBP. Het kort cyclisch versterken van een waterkering kan interessant zijn vanuit het aanbod van grond, Zeker als blijkt dat de LCC lager uitpakt. Vanuit de POV-DGG kunnen kansen worden geagendeerd voor het realiseren van een toekomstige aansluiting tussen de K&I agenda van het HWBP en integraal riviermanagement (IRM) (Sweco, Royal Haskoning DHV, Arcadis, Deltares en Witteveen+Bos, 2020), en voor de kennisontwikkeling rondom IRM.

Kijk binnen de POV-DGG vooral naar wat er nu al kan. Zie daarvoor de dijkversterking op het traject Ooijen-Wansum en de ervaringen opgedaan in eerdere POV's. Als projecten minder makkelijk verlopen, kijk dan of dat komt door echte belemmeringen ('het kan niet'), wordt het als "lastig" ervaren (is extra werk of extra uitleg vereist) of komt het omdat "de risico's" niet zijn te overzien en de zorg bestaat dat tegenvallers door de ingezetenen moeten worden gefinancierd terwijl er nu subsidie is voor dijkversterking.

3.3.2.4 Onderzoeksprogramma Deltares (Future Proof Dikes)

Een van de onderwerpen binnen het programma Future Proof Dikes betreft onderzoek naar faalpaden. Dit onderzoek is opgezet in samenspraak met KvK. De bevindingen van dit onderzoek kunnen vervolgens worden ingezet in een gecombineerd onderzoek van de POV-DGG met Deltares naar het effect op deze faalpaden op het gebruik van gebiedseigen grond, eventueel voorzien van toeslagstoffen. De basis hierbij wordt gevormd door de functionele eisen van onderdelen van een kering en de functionele eigenschappen van de materialen die vervolgens gebruikt worden.

3.3.3 Algemene ontwikkelingen

Op grond van de input aangeleverd per kennisprogramma door iedere deelnemer, zijn we vervolgens in gesprek gegaan over algemene ontwikkeling die gezien wordt over de drie programma's heen.

Bij ontwerp, realisatie en beheer van projecten wordt wel steeds meer gekeken naar het afdekken van risico's. Afdekken van risico's betekent het in kaart brengen van de risico's, verkennen van mogelijkheden om deze risico's terug te brengen en ze hanteerbaar te maken.

Het is van belang om de tijdsdruk bij dijkversterking te onderkennen. Door leerervaring opgedaan door de waterschappen, de markt en kennisorganisaties snel door te vertalen naar algemene handvatten kan ook onder tijdsdruk sneller besloten worden over het beheerst toepassen van GG.

Ook is genoemd het realiseren van een duurzame dijkversterking gekoppeld aan de maatschappelijke ambities van de directe omgeving. Duurzaam heeft hierbij betrekking op energieverbruik, emissie van broeikasgassen en (andere) milieu-hygiënische aspecten. Een dergelijke insteek vraagt om meer flexibiliteit in grondgebruik en dat leidt tot de behoefte aan nieuwe, functionele eisen voor de onderdelen van een dijk waar grond wordt toegepast en voor eisen te stellen aan de functionele eigenschappen deze grond. In onderstaande alinea is het onderwerp verder uitgewerkt.

De functionele eisen en eigenschappen kunnen het beste vanuit de praktijk worden ontwikkeld. Er lijkt voldoende kennis beschikbaar om daar daadwerkelijk invulling aan te kunnen geven. Voor de afdeklaag kunnen als functionele eisen onder andere worden gesteld:

- erosiebestendigheid
- vormvastheid (volumevastheid, structuurvorming),
- begroeibaarheid voor ontwikkeling grasmat (grondriedriehoek voor mate kruidenrijkheid)
- milieuaspecten (w.o. uitloging kalk, pH)
- bestendig voor weersinvloeden (krimpen en/of zwel bij verandering watergehalte, vries/dooicycli, UV straling)
- e.d.

De volgende stap is het afleiden van de eisen te stellen aan functionele eigenschappen (de parameters) van de te gebruiken materialen. Deze eisen worden zodanig gesteld dat het past binnen de functionele eisen van het betreffende onderdeel; te beginnen met een korte literatuurstudie met als doel komen tot de functionele criteria die hebben geleid tot de huidige set van eenvoudig te bepalen classificatieproeven voor klei en zand (korrelverdeling, samenstelling en Atterbergsgrenzen) die nu in de normdocumenten zijn opgenomen. Op basis hiervan zouden vervolgstappen kunnen worden gedefinieerd voor de ontbrekende functionele eisen voor het onderdeel (bv afdeklaag) en de functionele eigenschappen (bv klei).

3.4 Technische kansen en mogelijkheden

Tijdens de workshop gehouden in januari zijn een groot aantal technische kansen en mogelijkheden, zogenoemde maatregelen, voor dijkverbetering naar voren gekomen. De maatregelen die bij de aspecten 'effectiviteit' en 'uitvoerbaarheid' het beste naar voren zijn gebracht, meegenomen in de vervolgsessie van 2 maart (Tabel 4 en Tabel 5).

Workshop 13 januari - Programmaniveau	
18	zomerkaden gebruiken als test, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden (project- en programmaniveau)
23	M-T5 Database ontwikkelen met (grote schaal) geschiktheidstesten en resultaten voor o.a. referentiematerialen en omstandigheden. Gebruik aanwezige kennis en materieel uit markt, hogescholen en universiteiten stimuleren.
19	M-T2 Organiseren van pilots dijkversterking met gebiedseigen grond (GG).
5	Denk na over het opzetten van een soort van grondbank (regionaal) van grondvragende en grond-leverende projecten (vraag en aanbod bij elkaar brengen)
10	Vanuit het WBI laten zien hoe je met lagere kwaliteit grond in de beoordeling om kan gaan (op basis van bestaande kennis) (programma)

Workshop 13 januari - Programmaniveau	
14	Informatie delen, hierbij wel onderscheid maken tussen verschillende soorten informatie en daarbij meest geëigende kiezen. Soms gaat het over bodeminformatie, soms gaat het over ervaringen in projecten, soms over inzichten voor de langere termijn. Ook onderscheid maken naar doelgroepen, vooral de beheerder niet vergeten.
16	Technische eisen meer integraal beschouwen (vanuit functie) en aangeven hoe je hiermee om kan gaan(programma)

Tabel 4 Maatregelen uit Workshop van 13 januari op programmaniveau

Workshop 13 januari - Projectniveau	
28	ontgraving meenemen in ontwerp (project)
27	risico wordt verkleind door meer inzicht in compensatiemogelijkheden in ontwerp, uitvoeren en/of beheer indien de grond ietsje afwijkt en net niet binnen de standaardregels past
33	M-T7 Gebruik van gebiedseigen grond altijd meenemen in de verkenningsfase om impact op ruimtegebruik in beeld te brengen
25	Project: (vernieuwende?) compenserende maatregelen bedenken; o.a. kwelschermen, lining, anisotropie, etc.
39	komen tot een grondgestuurd ontwerp (projectniveau)
29	Project: Beheerderskennis betrekken en praktisch bruikbaar maken (o.a. Geoscan)

Tabel 5 Maatregelen uit Workshop van 13 januari op projectniveau

In de gedachtevorming over de (vorming van de) POV-DGG zijn verschillende technisch inhoudelijke activiteiten als zinvol naar voren gebracht. Voor deze activiteiten is ook gekeken op welke wijze ze aangepakt zouden kunnen worden (Tabel 6).

Eerder verzameld door POV-DGG	
a	In het archief van Deltares is informatie beschikbaar over een vijftal, mogelijk nog bestaande, dijkvakken waar in het verleden uitgebreid onderzoek naar is gedaan. Van de dijk is o.a. een profiel gemaakt van de opbouw van de gebruikte materialen en ook is materiaal in het laboratorium getest. Wellicht bruikbaar om te kijken waar materialen gebruikt zijn die afwijken van Klasse I klei. Dit kan bijvoorbeeld door het uitvoeren van een analyse naar de stabiliteit van de dijk en de erosiebestendigheid van de toplaag door deze materialen te beproeven om de huidige eigenschappen te bepalen. Hoe verhouden de bestaande eigenschappen zich tot de eigenschappen van klasse 1 klei?
b	Voor het gebruik van grond in dijken zijn stringente eisen (TR) opgelegd aan zoutgehalte en organisch stofgehalte van de toplaag. Hoe zijn deze normen in het verleden eigenlijk tot stand gekomen? Zijn er locaties in Nederland waar het materiaal in de dijk een te hoog zoutgehalte of te hoog organisch stofgehalte kent? Kunnen we daar monsters van nemen en beproeven in het laboratorium? Hoe ziet de zode eruit (gesloten, open of fragmentarisch)? Wat is de erosiebestendigheid van de bestaande dijk? Kan dit onderzoek ruimte bieden voor pilots zoals de Brede Groene Dijk en de Dubbele Dijk?
d	Hoe werkt structuurvorming van dijksmateriaal door in de sterkte? Wat is het effect van klimaatverandering op structuurvorming en dus sterkte? Is een relatief klein homogeen kleimonster in een triaxiaalproef representatief voor het gedrag van gestructureerde klei met scheuren in een dijk? Moet de eis aan het watergehalte (of consistentie-index) bij aanbrengen van dijksmateriaal niet worden aangepast aan effecten van klimaatverandering? Hoe doorlatend zijn de dijken met structuurvorming en wat betekent dit voor de sterkte (berekening)? In

	Eerder verzameld door POV-DGG
	welke mate en hoe snel sluiten de macroporiën en scheuren zich weer bij vernatting?
f	In triaxiaalproeven zien we een relatie tussen het gehalte aan organisch materiaal en de schuifsterkte. De hoek van inwendige wrijving en ongedraineerde schuifsterkte zijn hoger voor materiaal met een hoger organische stof gehalte. Het is op dit moment niet duidelijk hoe dit precies werkt. Daarnaast is vanuit de bodemchemie bekend dat afbraak van organisch materiaal plaatsvindt. Bij afbraak van organisch materiaal, gaat dan de schuifsterkte achteruit? Hoe snel gaat dat?
k	Als een dijk wordt belast onder een extreme situatie, hoe ziet het faalpad tot en met een volledige doorbraak er dan uit? Hoe kunnen de eigenschappen van dijkmateriaal en de opbouw van een dijk zodanig worden vormgegeven dat een dijk taai zal bezwijken?
m	Bij gebruik van gebiedseigen grond (GG) zal wellicht een grotere spreiding in eigenschappen aanwezig zijn. Wat zijn de mogelijkheden om deze spreiding te betrekken bij probabilistisch rekenen? Of zijn er alternatieve mogelijkheden?

Tabel 6 Eerder verzamelde kansen en mogelijkheden bij de (voorbereiding van de) POV-DGG

De volgende onderwerpen (items) zijn ook ter sprake gekomen in de voorbereiding van de POV-DGG. Binnen welke kaders zouden deze onderwerpen nader onderzocht kunnen worden? Bij KvK, bij BOI, bij K&I agenda, bij POV-DGG, bij SO Deltares of zien we er geen plek voor?

1. Wat doet 'de tijd' met het gedrag van 'een dijk'?⁸.
2. Hoe zorgen we voor 'een dijk' die droogte- en toekomstbestendig is? In Ontwerp, Uitvoering en Beheer?
3. Hoe nuanceren we de huidige classificatiegrafiek voor 'leidraad' klei o.b.v. consistentiegrenzen?
4. Indruk is dat dijkklei beter / sterker is dan klei in de ondergrond. Hoe komt dat?
5. Welke informatie moet aan de voorkant beschikbaar zijn voor een GG-ontwerp?
6. Wat zijn terugvalopties? Bijvoorbeeld met de inzet van hulpmiddelen?

3.5 Bevindingen in combineren maatregelen en programma's

Kijkende naar de verschillende programma's is door de betrokken deelnemers aangegeven met welk programma mogelijk een combinatie gemaakt kan worden. Nadrukkelijk wordt opgemerkt dat het kunnen combineren met een programma, niet wil zeggen dat het ook zal gaan gebeuren. Andere kaders en partijen, waar onder waterschappen, en niet in de laatste plaats de prioritering vanuit de aansturing van het programma zelf, hebben daar uiteraard de belangrijkste stem in.

Alleen waar sprake is van dominantie of juist van een 'vlakke' verdeling over de programma's wordt onderstaand belicht. Verder zijn alle scores beschikbaar. Kijkende naar de uitkomsten van de scores, dan valt op dat een drietal maatregelen geormerkt worden als 'dat is in potentie te combineren' met het programma KvK:

- a) In het archief van Deltares is informatie beschikbaar over een vijftal, mogelijk nog bestaande, dijkvakken waar in het verleden uitgebreid onderzoek naar is gedaan. Van de dijk is o.a. een profiel gemaakt van de opbouw van de gebruikte materialen en ook is materiaal in het laboratorium getest. Wellicht bruikbaar om te kijken waar materialen gebruikt zijn die afwijken van Klasse I klei. Dit kan bijvoorbeeld door het uitvoeren van een analyse naar de stabiliteit van de dijk en de erosiebestendigheid van de toplaag door deze materialen te beproeven om de huidige eigenschappen te bepalen. Hoe verhouden de bestaande eigenschappen zich tot de eigenschappen van klasse 1 klei?

⁸ Het gaat daarbij om invloeden van geochemische en microbiële aard. Van invloed daarbij zijn: 'verdrogen vs vernatten' en 'bevroren vs dooien'.

- f) In triaxiaalproeven zien we een relatie tussen het gehalte aan organisch materiaal en de schuifsterkte. De hoek van inwendige wrijving en ongedraineerde schuifsterkte zijn hoger voor materiaal met een hoger organische stof gehalte. Het is op dit moment niet duidelijk hoe dit precies werkt. Daarnaast is vanuit de bodemchemie bekend dat afbraak van organisch materiaal plaatsvindt. Bij afbraak van organisch materiaal, gaat dan de schuifsterkte achteruit? Hoe snel gaat dat?
- d) Hoe werkt structuurvorming van dijksmateriaal door in de sterkte? Wat is het effect van klimaatverandering op structuurvorming en dus sterkte? Is een relatief klein homogeen kleimonster in een triaxiaalproef representatief voor het gedrag van gestructureerde klei met scheuren in een dijk? Moet de eis aan het watergehalte (of consistentie-index) bij aanbrengen van dijksmateriaal niet worden aangepast aan effecten van klimaatverandering? Hoe doorlatend zijn de dijken met structuurvorming en wat betekent dit voor de sterkte (berekening)? In welke mate en hoe snel sluiten de macroporiën en scheuren zich weer bij vernatting?

Een combinatie van mogelijke maatregelen met het BOI is minder uitgesproken. Slechts van een maatregel is een mogelijke combinatie logisch met het programma BOI. Het gaat daarbij om:

- 10) Vanuit het WBI laten zien hoe je met lagere kwaliteit grond in de beoordeling om kan gaan (op basis van bestaande kennis) (programma).

Daarentegen zijn er zeven maatregelen waar een combinatie wordt voorzien met de K&I agenda van het HWBP. Het gaat daarbij om de maatregelen:

- k) Als een dijk wordt belast onder een extreme situatie, hoe ziet het faalpad tot en met een volledige doorbraak er dan uit? Hoe kunnen de eigenschappen van dijk materiaal en de opbouw van een dijk zodanig worden vormgegeven dat een dijk taai zal bezwijken?
- 27) risico wordt verkleind door meer inzicht in compensatiemogelijkheden in ontwerp, uitvoeren en/of beheer indien de grond ietsje afwijkt en net niet binnen de standaardregels past.
- 28) ontgraving meenemen in ontwerp (project).
- 39) komen tot een grondgestuurd ontwerp (projectniveau).
- 19) M-T2 Organiseren van pilots dijkversterking met gebiedseigen grond (GG).

Dan is er ook nog gekeken naar het combineren van een zestal items die zijn genoemd bij de totstandkoming van de POV-DGG. Aan de deelnemers is ook gevraagd om aan te geven of het item alleen past bij de POV-DGG of ook bij het (SO) onderzoek dat bij Deltares of wellicht bij geen van allen (Tabel 8). Wat opvalt is dat het item “wat doet de tijd met het gedrag van een dijk” door de deelnemers wordt aangegeven dat dit onderwerp past bij de programma's van KvK, K&I agenda en het SO van Deltares. Bij de laatste is de voetnoot geplaatst dat dit onderzoek een 'kraamkamerfunctie' heeft en voor substantiële uitwerking gecombineerd zou moeten worden opgepakt met een ander kennisprogramma. Verder valt op dat de POV-DGG vooral het loket is waar aangegeven moet worden “welke informatie aan de voorkant beschikbaar moet zijn voor een GG-ontwerp”. Onderstaand wordt het overzicht gegeven.

- Wat doet 'de tijd' met het gedrag van 'een dijk'? (KvK / K&I agenda / SO).
- Hoe zorgen we voor 'een dijk' die droogte- en toekomstbestendig is? In Ontwerp, Uitvoering en Beheer? (KvK / K&I agenda / SO).
- Hoe nuanceren we de huidige classificatiegrafiek voor 'leidraad' klei o.b.v. consistentiegrenzen? (BOI / K&I agenda).
- Indruk is dat dijkklei beter / sterker is dan klei in de ondergrond. Hoe komt dat? (evenredig verdeeld over KvK, KIA, POV-DGG en SO)
- Wat zijn terugvalopties? (bijvoorbeeld met hulpmiddelen? (lichte voorkeur voor SO).
- Welke informatie moet aan de voorkant beschikbaar zijn voor een GG-ontwerp? (POV-DGG).

4 Review QS Lievense-WSP

4.1 Inleiding

De POV-DGG heeft aan Lievense-WSP opdracht gegeven om een QuickScan uit te voeren naar de eventuele toepassing van gebiedseigen grond langs de Waal en de Nederrijn-Lek (Lievense-WSP, 2020). De POV-DGG heeft Deltares gevraagd om het rapport door te nemen en van een review te voorzien.

4.2 Bevindingen

Bij het doornemen van het rapport is vooral gekeken naar de wijze waarop de tool OKADER is toegepast. Verder is stilgestaan bij de insteek van OKADER. OKADER is een beleidsstudie geweest en gaat dus niet over praktische zaken als de vraag met welke klei al dan niet ontworpen mag worden. Het doel van de beleidsstudie is geweest om gemiddeld de kosten goed in beeld te krijgen. Daarom worden soms uitgangspunten gekozen die niet overeen komen met hoe normaalgesproken een dijk wordt ontworpen. Ook is niet uitgegaan van het slechtst denkbare scenario voor de ondergrond. Bij een ontwerp kan dat weer wel worden gedaan.

De eigenschappen van het gebruikte dijkmateriaal komt overeen met wat de waterschappen per dwarsprofiel hebben aangeleverd. Voor het versterkingsmateriaal is gekozen voor de default die het WBI destijds heeft gegeven bij de schematiseringshandleiding. Mogelijk heeft het WBI ook aangegeven tot welke categorie deze klei behoort, maar het lijkt ons sterk dat hun default Categorie 3 Klei betreft.

Onderstaand volgen de bevindingen:

- Met de tool OKADER is niet gerekend. Uit de rapportage van een eerdere toepassing van OKADER is geput om een schatting te krijgen van het benodigde ruimtebeslag van de kering in het jaar 2050. Omdat er niet gerekend is, hoeft ook geen kwaliteitscontrole plaats te vinden op de berekeningen. Dat maakt het "gebruik" van de tool relatief onschuldig.
- OKADER bestaat uit fragility curves per dwarsdoorsnede. Een fragility curve is beschikbaar voor de huidige situatie, en er zijn versterkte profielen beschikbaar. Die versterkte profielen betreffen een verbreding van bijvoorbeeld 5, 10, 20 en 30 meter. Bij deze versterkingen wordt uitgegaan van 'standaard' materiaal voor de dijkversterking. Wanneer gebiedseigen grond zou worden toegepast en deze grond is bijvoorbeeld lichter of minder sterk is dan standaard materiaal, dan wordt de maatregel minder effectief dan dat OKADER inschat. De baten van een maatregel worden onderschat en mogelijk is dus meer grond benodigd dan met standaard materiaal.
- Het ruimtebeslag berekend met OKADER, geldt voor een groene dijk. Wanneer in de dijk constructies aanwezig zijn of worden aangebracht, dan is er op de betreffende locatie minder of geen extra grond nodig. Voor zover we kunnen overzien, wordt in deze analyse rekening gehouden met een oplossing in grond over 100% van het traject. Dit geeft dan een overschatting van de grondvraag.
- Uit OKADER volgt een relatief groot ruimtebeslag. Ervaring leert dat eenzelfde ruimtebeslag volgt in de beginfase van een project. Wanneer er detailontwerpen plaatsvinden, zal blijken dat lokaal maatwerk op de meeste locaties ervoor zorgt dat het ruimtebeslag beperkt kan worden. Ook in dit licht geeft deze analyse een overschatting van de grondvraag.
- Bijlage 4 (Lievense-WSP, 2020) laat zien dat het aanbod van grond een orde hoger ligt dan de opgave die op deze wijze is geschat. Dat geeft uiteraard voldoende vertrouwen dat vraag en aanbod goed bij elkaar zijn te brengen. In hoeverre met het materiaal een veilige dijk gemaakt kan worden, vraagt vervolgens maatwerk.

5 Bevindingen

5.1 Workshop

Een workshop is gehouden met deelnemers afkomstig van de POV-DGG en van Deltares. De deelnemers hebben de gelegenheid gekregen om suggesties voor technische mogelijkheden en kansen (maatregel) te benoemen voor de POV-DGG. Het benoemen is gedaan aan de hand van verschillende onderdelen uit de rapportage van RHDHV (RHDHV, 2020).

Vervolgens is gevraagd om deze maatregelen te beoordelen op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit. Onderscheid is gemaakt tussen maatregelen op 'programmaniveau' en op 'projectniveau'. Het sommeren van de scores op de aspecten uitvoerbaarheid en effectiviteit biedt de mogelijkheid om tot een ranking te komen. De volgende maatregelen kwamen als beste naar voren:

- Zomerkaden gebruiken als test, zodat de materiaaleisen in de praktijk getoetst worden, zoals nu bijvoorbeeld gebeurt bij het project gebiedsontwikkeling Ooijen-Wansum (GOW).
- Database ontwikkelen met (grote schaal) geschiktheidstesten en resultaten voor o.a. referentiematerialen en omstandigheden. Het gebruik van aanwezige kennis en materieel uit de markt en aanwezig bij hogescholen en universiteiten stimuleren.
- De kansrijkheid is genoemd van een overstap naar functionele eisen van onderdelen van een dijk (waterkering) en naar eisen van functionele eigenschappen van materialen die in een dijk (waterkering) worden gebruikt.

5.2 Ontwikkelingen binnen programma's

In een tweede bijeenkomst met deelnemers afkomstig van Deltares is gekeken naar opties voor samenwerking met lopende (onderzoeks)programma's. Het gaat dan om de programma's van Kennis voor Keringen (KvK), van het beoordelings- en ontwerpinstrumentarium (BOI), van de kennis- en innovatieagenda van het HWBP en van het onderzoeksprogramma Future Proof Dikes van Deltares. Vastgesteld is welke ontwikkelingen daarbinnen plaats vinden en welke rode draden eruit zijn te halen. Als 'rode draden' zijn genoemd: duurzaamheid, komen tot functionele eisen van onderdelen van een dijk en naar eisen van functionele eigenschappen van materialen die gebruikt worden, tools voor het omgaan met risico's en met tijdsdruk.

Vervolgens is gekeken naar mogelijkheden om de eerder genoemde maatregelen te combineren of (deels) onder te brengen. Voor de maatregel "Zomerkaden ..." is uniform vastgesteld dat er goede mogelijkheden zijn om te combineren met de K&I agenda van het HWBP. Voor het ontwikkelen van een "Database ..." is aangegeven dat dit onderwerp eigenlijk met alle drie de programma's gecombineerd kan worden. Een van de onderwerpen binnen het programma Future Proof Dikes betreft onderzoek naar faalpaden. Dit onderzoek is opgezet in samenspraak met KvK. De bevindingen van dit onderzoek kunnen vervolgens worden ingezet in een gecombineerd onderzoek van de POV-DGG met Deltares naar het effect op deze faalpaden op het gebruik van gebiedseigen grond, eventueel voorzien van toeslagstoffen. De basis hierbij wordt gevormd door de functionele eisen van onderdelen van een kering en de functionele eigenschappen van de materialen die vervolgens gebruikt worden.

Het verdient aanbeveling om vanuit de POV-DGG een open samenspraak aan te gaan met de betreffende programma's. Verwacht wordt dat daarmee de kans van slagen voor het maken van een combinatie groter wordt. Of een combinatie daadwerkelijk kansrijk is, hangt mede af van de reacties van andere betrokkenen en van beslissende partijen, waaronder de waterschappen.

5.3 Review QS Lievense-WSP

De POV-DGG heeft ook aan Deltares gevraagd om een review uit te voeren op een rapport van Lievense-WSP ("QuickScan gebiedseigen grond langs de Waal en de Nederrijn-Lek"). Bij de quick-scan heeft Lievense-WSP gebruik gemaakt van het programma OKADER. In OKADER worden fragility curves gebruikt. De benadering bevatten de nodige mitsen en maren. Dat betekent dat voorzichtigheid geboden is.

Aan de ander kant laat de informatie zien dat het aanbod van grond ongeveer een orde groter is dan de vraag. Dat geeft uiteraard voldoende vertrouwen dat vraag en aanbod goed bij elkaar zijn te brengen. In hoeverre met het materiaal een veilige dijk gemaakt kan worden, vraagt vervolgens maatwerk.

6 Referenties

- CRA. (2018). *Panorama Nederland - rijker, hechter, schoner*. College van Rijksadviseurs, rapport, december 2018, 134 bladzijden.
- HWBP. (2019). *Kennis- en Innovatieagenda*. Programmabureau Hoogwaterbescherming, 19 november 2019, 93 bladzijden.
- ILT. (2016). *WBI2017 - hanboek voor de toezichthouder*. ILT, rapport, versie 1.4, 110 bladzijden.
- Lievense-WSP. (2020). *QuickScan gebiedseigen grond langs de Waal en Nederrijn-Lek - vraag, aanbod en kansrijkheid*. Lievense-WSP, rapport, eerste versie, concept, 28 februari 2020, 25 bladzijden.
- RHDHV. (2020). *Analyse succesfactoren en gebiedspotentieel dijkversterking met gebiedseigen grond*. Rapport, WATRC_BG6496-101-102_R0003_413570_f1.0, definitief, 26 maart 2020, 503 bladzijden en 3 bijlagen.
- Rijkswaterstaat. (2017). *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen*. RWS, oplegmemo en rapport, versie 4, definitief, februari 2017, 71 bladzijden.
- Rijkswaterstaat. (2018). *Vier quick wins grond en klei*. RWS, rapport, definitief, 17 april 2018, 24 bladzijden.
- RWS-WVL. (2018). *Schematiseringshandleiding Grasbekleding*. Rapport, Definitief, versienummer 3, 17 april 2018, 138 bladzijden.
- Sweco, Royal Haskoning DHV, Arcadis, Deltares en Witteveen+Bos. (2020). *Verkenning Proeftuin Duurzaam en Kosteneffectief Grondverzet*. Rapport, definitief, 20 februari 2020, 167 bladzijden.
- TAW. (1996). *Technische Rapport Klei voor Dijken*. Delft: Rapport TR17, mei 1996, 52 bladzijden en twee bijlagen.
- WUR. (2019). *Een natuurlijkere toekomst voor Nederland in 2120*. WUR, Rapport, december 2019, 20 bladzijden.