Deltares

Corporate Innovatieprogramma - cluster Waterveiligheid
Innovatief Waterkeren

(technologische en proces) Innovaties voor het aanpakken van de veendijken problematiek

Goaitske de Vries

1204317-003

© Deltares, 2011, A

Deltares

Titel
Corporate Innovatieprogramma - cluster Waterveiligheid
Innovatief Waterkeren

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Corporate Innovatie Programma	1204317-003	1204317-003-VEB-0009	32

Trefwoorden
Veendijken, CIP, innovatieve oplossingen, maatregelen

Samenvatting
Rijkswaterstaat werkt binnen het Corporate Innovatieprogramma (CIP) nauw samen met andere partijen: van burgers tot bedrijven en van andere overheden tot onderzoeksinstituten. De gezamenlijke kennis en ervaring zorgen voor de beste oplossingen die bovendien het beste aansluiten bij de behoeften en wensen van alle partijen. Mogelijke vernieuwingen en verbeteringen worden zorgvuldig getest in de praktijk. Zo wordt er onderzocht of een idee echt een verbetering oplevert. Deltares is als kennispartner van Rijkswaterstaat nauw betrokken bij de invulling en uitvoering van het programma.

Naar aanleiding van het tekort op het tweede Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) is een taskforce onder leiding van professor Ernst ten Heuvelhof ingesteld, die voorstellen heeft geformuleerd voor het aanpassen van het programmeren en financieren van het HWBP. De Taskforce Ten Heuvelhof stelt, dat het gebrek aan efficiencyprikkels in het HWBP als gevolg van de 100% rijkssubsidie en de grote tijdsdruk bij het opstellen van de verbetermaatregelen belangrijke oorzaken zijn van de huidige overschrijdingen in het HWBP. Door Rijkswaterstaat is het Corporate Innovatieprogramma (CIP) opgericht om invulling te geven aan de volgende doelstelling: door een innovatieve en/of andere procesaanpak, 10% kostenbesparing te bereiken op de te verwachten hoge kapitaalsinvestering van enige honderden miljoenen euro's voor het HWBP.

In deze rapportage is het resultaat vermeld van het onderzoek naar een andere procesaanpak en mogelijke potentiële innovatieve methoden om de afgekeurde dijkvakken bij veendijken aan te kunnen pakken. In andere rapportages wordt dieper ingegaan op problematiek rondom zettingsvloeiing en piping. In 2011 is een proces gevolgd waarbij eerst de problematiek rondom de veendijken is neergezet met daarbij een eerste inventarisatie van bestaande versterkingsmaatregelen. Vervolgens is de focus geweest op de behoeften en kansenbepaling vanuit de markt (bedrijfsleven, zijnde ingenieursbureaus en aannemerij), met de bijbehorende interviewronde. Daarin zijn belemmeringen en kansen naar boven gekomen om veendijken op een effectieve en efficiënte manier te laten voldoen aan de wettelijke vastgestelde veiligheidseisen. De uitkomst van de interviews is dat kostenbesparende alternatieve innovaties voor het aanpakken van de (veen)dijkenproblematiek in het huidige klimaat niet mogelijk is .Er is sprake van een innovatie impasse.

Signalen uit de markt zijn:

- Innovatie in veendijken problematiek schreeuwt om projectinnovatie;
- Aan RAW bestekken is weinig eer te behalen, alles is omschreven, weinig ruimte en gaat niet om kennis en beste eindproduct;
- Er is nu een terughoudend bij de inbreng van kennis vanuit aannemers en zijn te laat in het proces betrokken;
- Innovatie vraagt om een andere manier van denken, niet in regeltjes maar in concepten en betrouwbaarheid. Geen doemdenkers maar kansenpakkers.

Deze signalen verdienen actie. Er ligt een grote noodzaak om deze innovatie impasse te doorbreken. Het sterk veranderende klimaat en omgeving bieden kansen.

Deltares

Titel
Corporate Innovatieprogramma - cluster Waterveiligheid
Innovatief Waterkeren

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Corporate Innovatie Programma	1204317-003	1204317-003-VEB-0009	32

Signalen uit de markt zijn:

- Bestaande technieken zijn zeker niet aan het einde van de ontwikkeling, de markt staat open;
- Innovatie is maatwerk;
- Alliantievorming (kosten en risicoverdeling) is de toekomst;
- Zeker bij veendijken is innovatie op deze manier mogelijk, omdat de onzekerheden groot zijn.

Dit is verder opgepakt en uitgewerkt in een workshop, waarbij ingegaan is op technologische innovaties en procesinnovaties. Bij de workshop waren vertegenwoordigers vanuit het bedrijfsleven, overheid (waterschappen, Rijkswaterstaat) en kennisinstellingen. De belangrijkste conclusies uit de gehouden workshop zijn:

- De contractvorm alliantie perspectief biedt voor het stimuleren van innovatie en dijkversterkingsprojecten;
- Vroege participatie van kennisinstellingen – markt (aannemer en ingenieursbureaus – overheid in het hele proces is noodzakelijk;
- Trendbreuk binnen de sector moet als kans worden gezien, niet als belemmering;
- Centrale regierol is gewenst;
- Het "nieuwe HWBP" biedt kansen voor innovatie, vanwege de veranderende rollen.

Daarnaast is in 2011 meer inzicht, voor wat betreft haalbaarheid, mogelijke belemmeringen, verkregen in de mogelijke oplossingen bij de versterking van veendijken. Deze oplossingen zijn technisch van aard (bijvoorbeeld versterkt veen, mixed-in-place en vele anderen), maar ook procesmatige oplossingen zijn geboden.
Daarnaast zijn kennisinstellingen, marktpartijen en de overheid nauw betrokken bij het onderwerp. Er is draagvlak gecreëerd voor het vervolgproces. Het is nu zaak om de stap te zetten naar een mogelijke toepassing van de innovatieve oplossingen en te kijken welke randvoorwaarden daarvoor gecreëerd moeten worden.

De volgende activiteiten voor 2012 worden voorzien:

1. Innovatieve oplossing verder opschalen aan de hand van een zogenaamde stage gate benadering, conform Corporate Innnovatieprogramma lijn.
2. Het voorbereiden van een mogelijke pilot binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma.
3. Onderzoeken van de meest kansrijke innovatieve versterkingsvarianten, qua (financiële en technische) haalbaarheid

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
01	dec. 2011	Goaitske de Vries		Ellen Tromp		Lucas Janssen	

Status
definitief

Inhoud

1 Inleiding 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Toekomstgericht toetsen 2
1.3 Corporate innovatieprogramma van Rijkswaterstaat 2
1.4 Problematiek veendijken 3
1.5 Leeswijzer 4

2 Plan van aanpak 5
2.1 Doel 5
2.2 Stappenplan 5

3 Stap 1: bestaande versterkingsmaatregelen 9
3.1 Versterken van het materiaal (veen) 9
3.1.1 Mixed- in- Place 9
3.1.2 Bioveen 9
3.2 Versterken van de dijk (stabiliteit, hoogte en gedrag) 9
3.2.1 Dijkdeuvels (Expanding columns) 9
3.2.2 Dijkvernageling 10
3.2.3 Palenwand 10
3.2.4 Licht ophoogmateriaal 11
3.2.5 Consolidatie versnellende middelen 11
3.2.6 Traditionele dijkversterking 11
3.2.7 Veen verwijderen en vervangen 11
3.2.8 Veen wegpersen 12
3.2.9 Breuksteen in veen 12
3.2.10 Aanleg oeverdijk 12
3.2.11 Meervoudig ruimtegebruik 12
3.3 Voorkomen van uitdroging 12
3.3.1 Herbevochtigen van veen 12
3.3.2 Aanbrengen kleilaag 13
3.4 Bewezen sterkte concepten 13
3.4.1 Proef op de som 13
3.4.2 Analysemethode 13
3.4.3 Monitoring 13
3.5 Samenvatting bestaande versterkingsmaatregelen 14

4 Stap 2: Interviewronde 15
4.1 Signalen interviewronde 15
4.2 Innovatie impasse 15
4.3 Doorkijk naar workshop 17

5 Stap 3: Workshop en marktsessie 19
5.1 Inleiding workshop en marktsessie 19
5.2 Inhoudelijk programma 19
5.2.1 Omvang van het probleem – Ruud Termaat, RWS Corporate Innovatieprogramma 19

5.2.2 Achterliggende theorie en huidige ontwikkelingen – Cor Zwanenburg, Deltares 19
5.2.3 Productieontwikkeling markt – Bartho Admiraal, Volker Stevin 20
5.2.4 Innovatieve processen (StageGate) – Mike Woning, Deltares 21
5.3 Groepsdiscussie 21
5.3.1 Gesignaleerde knelpunten 22
5.3.2 Oplossingsrichtingen 22
5.4 Afsluiting en conclusie workshop 24

6 Slimmere constructies: haalbaarheidsonderzoek en perspectief 25
6.1 Achtergrond 25
6.2 Inleiding 25
6.3 Resultaten PLAXIS-analyse 26
6.4 Nadere beschouwing resultaten 26
6.5 Conclusies over voordelen en potentie 27
6.6 Nadelen en onderzoeksvragen 27

7 Laatste stap: conclusies en vervolgactiviteiten 29
7.1 Conclusies 29
7.1.1 Bestaande versterkingsmaatregelen 29
7.1.2 Interviewronde 30
7.1.3 Workshop en marktsessie 30
7.1.4 Haalbaarheidsonderzoek “slimmere constructies” 30
7.2 Overall conclusie 31
7.3 Vervolgactiviteiten 31

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Volgens de Staatssecretaris Atsma is er een miljard tekort in het volgende decennium voor de bescherming van het achterland tegen hoog water. Deze tekorten komen voor het grootste deel voor rekening aan het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

Naar aanleiding van het tekort op het tweede HWBP is een taskforce onder leiding van professor Ernst ten Heuvelhof ingesteld, die voorstellen heeft geformuleerd voor het aanpassen van het programmeren en financieren van het HWBP. De Taskforce Ten Heuvelhof stelt, dat het gebrek aan efficiencyprikkels in het HWBP als gevolg van de 100% rijkssubsidie en de grote tijdsdruk bij het opstellen van de verbetermaatregelen belangrijke oorzaken zijn van de huidige overschrijdingen in het HWBP. Bovendien bestaat er een risico dat kosten hoger uitvallen door een cumulatie van technische eisen en een te conservatieve toepassing van deze eisen. Zij adviseert daarom het wettelijke systeem (onder andere de financiering van de dijkversterking door het rijk) te herzien en de waterschappen aan het HWBP mee te laten betalen en voor het opstellen van het HWBP meer tijd te nemen, wat tevens ruimte voor vernieuwing en innovatieve oplossingen biedt.

Op 22 april jl. is het Bestuursakkoord Water ondertekend door het Rijk, Provincies, Gemeenten, Waterschappen en Drinkwaterbedrijven. In het Bestuursakkoord zijn concrete afspraken gemaakt om te komen tot een doelmatiger waterbeheer, waarbij de kwaliteit van het beheer zal worden vergroot tegen zo laag mogelijke maatschappelijke kosten.

Binnen het Bestuursakkoord Water heeft Waterveiligheid topprioriteit. Bovendien blijven grote inspanningen nodig om wateroverlast tegen te gaan. Rijk en Waterschappen hebben ondermeer afgesproken dat aanleg en verbetering van de bij de Waterschappen in beheer zijnde primaire waterkeringen niet langer centraal door het Rijk wordt betaald, maar dat Rijk en Waterschappen de stap willen zetten naar een gedeelde verantwoordelijkheid, waarbij ieder de helft van de kosten van het HWBP voor zijn rekening neemt.

Er wordt ook gekeken naar de andere decentrale overheden en marktpartijen om aan de financiering van het HWBP bij te dragen. Naast Waterschappen zouden ook Provincies en Gemeenten aan de cofinanciering bijdragen als deze aanvullende wensen hebben die boven een sobere aanpak, zoals vastgelegd in de doelstelling van het HWBP, uitstijgen. Onder ‘sober’ wordt hierbij bedoeld dat niet méér wordt gedaan dan datgene wat onder de termen *robuust en doelmatig* valt.

Binnen het HWBP dienen volgens de vigerende Leidraad Rivieren robuuste en doelmatige ontwerpen te worden gerealiseerd. Hierbij dient in het ontwerp van de verbetermaatregelen rekening te worden gehouden met toekomstige ontwikkelingen en onzekerheden, zodat het uitgevoerde ontwerp tijdens de planperiode blijft functioneren zonder dat ingrijpende en kostbare aanpassingen noodzakelijk zijn en dat het ontwerp uitbreidbaar is indien dat economisch verantwoord is.

Doelmatig ontwerpen betekent dat zodanig wordt ontworpen dat de inspanning en de uitgaven om het ontwerp te realiseren daadwerkelijk bijdragen aan de realisatie van het beoogde doel, namelijk te voldoen aan de vereiste norm. De kosten moeten daarbij in verhouding staan tot de opbrengsten.

1.2 Toekomstgericht toetsen

De huidige toetsfrequentie van zes jaar leidt tot een golfberg aan nieuwe HWBP projecten. Dijkvakken die in een eerdere toetsronde als veilig zijn bevonden, zullen vaak op basis van de nieuwe inzichten en vanwege het veranderde klimaat in sommige gevallen niet meer veilig. Het toetsinstrumentarium wordt elke zes jaar opnieuw vastgesteld met het risico dat de toetsresultaten ongunstiger worden. Ofwel men ernaar streeft randvoorwaarden beschikbaar te stellen die voor een langere planperiode geldig moeten zijn, worden door voortschrijdende technische inzichten de eisen in meerdere gevallen hoger dan op dat moment dat de waterkering of versterking ervan was ontworpen. Bij elke toetsronde kan het dus voorkomen dat een dijkvak dat bij de vorige toetsronde is aangepakt, opnieuw moet worden aangepast.

Bovendien wordt naar aanleiding van de Deltacommissie over nieuwe normen nagedacht. De commissie Veerman heeft eerder voorgesteld de veiligheid van de primaire waterkeringen met een factor 10 te verhogen. Dit zal betekenen dat de toekomstige toetsresultaten weer een ander beeld zullen opleveren dan nu.

De waterschappen ondervinden de huidige dijktoets als te gecompliceerd doordat elke toetsingsronde nieuwe formules en parameters met zich brengt. Dijkvakken die net zijn aangepakt na de vorige toetsronde blijken vaak op basis van de nieuwe toets niet meer aan de veiligheidseisen te voldoen en moeten opnieuw worden aangepakt.

De Unie van Waterschappen dringt daarom binnen het Nationaal Wateroverleg aan op een twaalfjaarlijkse toetsing van de primaire waterkeringen, waarbij ook simpele randvoorwaarden zijn gewenst. Maar ook de taskforce Ten Heuvelhoff is van mening dat de periode tussen de landelijke toetsrondes kan worden verlengd tot twaalf jaar. Een betere afstemming van het toetsproces op de uitvoeringspraktijk van verbeterwerken is door continue toetsing mogelijk. Dit is ook in lijn met het in het Bestuursakkoord Water beaamde streven naar een jaarlijks bij te stellen programmering van het HWBP, zodat nieuwe inzichten beter kunnen worden betrokken bij het opstellen en uitwerken van het programma.

1.3 Corporate innovatieprogramma van Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat werkt binnen het Corporate Innovatieprogramma nauw samen met andere partijen: van burgers tot bedrijven en van andere overheden tot onderzoeksinstituten. De gezamenlijke kennis en ervaring zorgen voor de beste oplossingen die bovendien het beste aansluiten bij de behoeften en wensen van alle partijen. Mogelijke vernieuwingen en verbeteringen worden zorgvuldig getest in de praktijk. Zo onderzoeken we of een idee echt een verbetering oplevert. Deltares is als kennispartner van Rijkswaterstaat nauw betrokken bij de invulling en uitvoering van het programma. Het innovatieprogramma kent vijf clusters waarin alle innovatieprojecten van Rijkswaterstaat bij elkaar komen.

Door Rijkswaterstaat is het Corporate Innovatieprogramma (CIP) opgericht om invulling te geven aan de volgende doelstelling: door een innovatieve en/of andere procesaanpak,
10% kostenbesparing te bereiken op de te verwachten hoge kapitaalsinvestering van enige honderden miljoenen euro's voor het HWBP.

In het algemeen geldt dat 80 - 90% van de uiteindelijke kapitaalsinvestering in de uitvoeringskosten zit (waarvan zo'n 50 - 60% uit materiaalkosten zal bestaan). De overige 10 - 20% zit in de kosten om tot een ontwerp en tot een (innovatieve) aanbesteding te komen. Gegeven dat er een andere procesaanpak c.q. aanbestedingswijze komt, dient de kostenbesparing dus voornamelijk te komen uit een goedkopere (innovatieve) uitvoering. Een van deze onderwerpen, die nader beschouwd zal worden is “de veendijken”.

Figuur 1.1 Resultaten tweede veiligheidstoetsing primaire waterkering

1.4 Problematiek veendijken

In de zesjaarlijkse toetsing, waar alle primaire waterkeringen van Nederland aan onderworpen worden, wordt een toetsoordeel aan een dijktraject gegeven. Wanneer uit deze toetsing volgt dat het toetsoordeel onvoldoende is, wordt eventueel overgegaan tot een geavanceerde toetsing. Indien de dijk uiteindelijk afgekeurd wordt, zal worden overgegaan tot een dijkversterking.

Voor een aantal afgekeurde trajecten in Nederland geldt dat er soms ongunstige rekenresultaten zijn met betrekking tot het verwachte gedrag in vergelijking tot de historie – en het (actuele) gedrag van de dijk. Bij dijken in veengebieden is één van de redenen die hiervoor wordt genoemd het lastig te beschrijven gedrag van veen.

De beschikbare modellen, in de dagelijkse adviespraktijk, voor het beschrijven van de sterkte van grond zijn ontwikkeld om het gedrag van klei of zand te beschrijven. Het gedrag van met name vezelig veen laat zich slecht beschrijven met deze modellen. De wijze waarop de sterkte van veen en humeuze klei moet worden bepaald en in rekening moet worden gebracht speelt al enige jaren. Bijvoorbeeld bij dijken in het rivierengebied en voor de vele boezem, - en veenkaden spelen vragen over de sterkte van veen. De stabiliteit van deze waterkeringen wordt voor een groot deel bepaald door een veenlaag, die (gedeeltelijk) onder het dijklichaam en het achterland is gelegen. De grote onzekerheid in de sterkte eigenschappen en in de wijze waarop deze te bepalen is, leidt tot lage rekenwaarden van de sterkte waarop de toetsing en het ontwerp van dijkversterking is gebaseerd.

De problematiek van dijken in een veengebied schuilt, behalve in de eerder genoemde sterkte, ook in het gedrag. Het geringe gewicht en de geringe stijfheid uit zich voornamelijk in stabiliteitsproblemen en snelle zettingen. De gevoeligheid voor droogte is ook een probleem. Te denken valt hierbij vooral aan Wilnis en Terbregge in de zomer van 2004, waarbij uitdroging onder andere één van de triggers is geweest voor het bezwijken van de kaden.

In de afgelopen jaren zijn enkele stappen gezet in het beter begrijpen van het sterkte gedrag van veen en humeuze klei. Hoewel deze stappen het inzicht hebben vergroot, hebben ze vooralsnog niet geleid tot het verbeteren van de rekenmethoden uit de leidraden en voorschriften voor het bepalen van de stabiliteit van waterkeringen. Verbeterde rekenmodellen en leidraden leiden na eventuele latere uitwerking voor andere locaties ook tot een scherpere toetsing en verbeterde ontwerprichtlijnen voor dijken in het rivierengebied en voor de vele boezem- en veenkaden die Nederland rijk is.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het gehanteerde plan van aanpak en de doelstelling van het project toegelicht. In hoofdstuk 3 wordt vervolgens dieper ingegaan op de eerste stap uit het plan van aanpak, een inventarisatie naar bestaande versterkingsmaatregelen. In het navolgende hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd naar aanleiding van een interviewronde. Hoofdstuk 5 beschrijft de workshop en marktsessie. Het daaropvolgende hoofdstuk gaat inhoudelijk in op een versterkingsmaatregel, de “slimmere constructies”. Een haalbaarheidsonderzoek en perspectief wordt weergegeven. Hoofdstuk 7 geeft ten slotte de conclusies en vervolgactiviteiten weer.

2 Plan van aanpak

2.1 Doel

Momenteel wordt meer onderzoek gedaan naar het gedrag van veen om zo rekenmodellen te verbeteren. Op een stuk van de Markermeerdijk gelegen tussen Edam en Amsterdam zal een proef worden uitgevoerd om de actuele sterkte van deze (veen)dijk vast te stellen. De stabiliteit van deze Markermeerdijk wordt voor een groot deel bepaald door een veenlaag die in de ondergrond aanwezig is onder het dijklichaam en doorloopt tot in het achterland. De grote onzekerheid in de actuele sterkte eigenschappen en in de wijze om deze te bepalen leidt tot het meenemen van lage rekenwaarden van de sterkte in de berekening waar de toetsing en het ontwerp van dijkversterking op zijn gebaseerd.

Vooruitlopend op alle resultaten, uiteindelijk resulterend in een scherpere toetsing en verbeterde ontwerprichtlijnen, wordt voor vele veendijken op dit moment een versterkingsontwerp en dijkverbeteringsplan gemaakt. Dit moet worden opgepakt en uitgevoerd, met behulp van de vigerende leidraden en kennis van nu. Deze plannen omvatten voor de veendijken vaak traditionele versterkingsmaatregelen, die vaak leiden tot grote maatregelen en ontwerpen. Een voorbeeld daarvan zijn stabiliteitsbermen die oplopen tot lokaal meer dan 20 meter.

Dit project is onderdeel van het projectplan “dijken” binnen het Corporate Innovatieprogramma. Er wordt niet gekeken naar de actuele sterkte van veen en de beschrijving van deze sterkte in rekenmodellen omdat dit via een ander spoor, zoals eerder genoemd, wordt opgepakt en uitgezocht.

Het doel van dit project is, anticiperend op bovenstaande ontwikkeling:

Fase 1: ***”Meer inzicht krijgen in mogelijke oplossingen bij de versterking van veendijken”***

Fase 2: ***“Een versnelling van het handelingsperspectief in de vorm van een mogelijke toepassing van deze oplossingen tot stand te brengen”.***

2.2 Stappenplan

Dit jaar omvat het project fase 1. Om tot het doel te komen zijn de volgende stappen doorlopen.

1. Aanleiding en problematiek rondom veendijken en mogelijke versterkingen beschrijven, inclusief een overzicht van bestaande versterkingsmaatregelen (marktverkenning);
2. Interviewronde. Hierin op basis van bullet 1 aan diverse experts een aantal vragen voorleggen. Dit resulteert in een inventarisatie van belemmeringen en kansen voor het toepassen van innovaties bij veendijken;
3. Marktpartijen benaderen om aanvullingen te geven, meer kansen te genereren en mee te denken in een “marktsessie - workshop”;
4. Doorkijk maken naar vervolg en hoe te komen tot een versnelling in het handelingsperspectief in de vorm van een mogelijke toepassing.

In de conclusies en aanbevelingen zal ingegaan worden op hoe het vervolg, fase 2, op basis van de ervaringen van fase 1 het beste kan worden opgepakt en uitgevoerd.

3 Stap 1: bestaande versterkingsmaatregelen

In de navolgende paragrafen wordt ingegaan op een aantal versterkingsmethoden t.b.v. de veendijken. Het gaat om methoden die al of niet een bijdrage kunnen leveren aan het versterken van dijken in een veengebied. Het is geenszins de bedoeling dat de onderstaande methoden een volledig overzicht bieden van alle mogelijke oplossingen. De opsomming heeft tot doel gehad om als vertrekpunt te dienen voor de discussie over mogelijk geschikte methode(n) voor het versterken van een dik gelegen in een veengebied.

De oplossingen zijn verdeeld in de volgende sporen:

- Versterken van het materiaal (veen) in de ondergrond of aanwezig in de dijk;
- Versterken van de dijk als geheel (stabiliteit, hoogte en gedrag);
- Voorkomen van uitdroging;
- Bewezen sterkte concepten.

Het is belangrijk om de maatregelen specifiek voor veendijken te beschrijven. Er is al eens een rapportage t.b.v. het HWBP opgesteld “Quick scan innovatieve mogelijkheden HWBP” (kenmerk 433700-0013, versie 02 definitief) waarin onder andere een overzicht gegeven wordt van alle op dat moment beschikbare maatregelen (toegespitst op een groot aantal dijktrajecten).

3.1 Versterken van het materiaal (veen)

3.1.1 Mixed- in- Place

De techniek van Mixed-in-Place (MIP) is een methode van grondverbetering die reeds vele jaren o.a. in Scandinavië en in Japan is toegepast. Een kraan uitgerust met een mengkop vermengt droog bindmiddel met vochtige grond, waardoor na verharding gestabiliseerde grondkolommen ontstaan. In dit geval is gekozen voor de “droge methode” waarbij het bindmiddel onder luchtdruk wordt ingeblazen vanuit tanks op een aparte rupswagen (de shuttle). In Nederland is het een relatief onbekende techniek die slechts in een aantal proefprojecten is onderzocht. Bij dijkversterking met MIP is de toepassing van deze techniek erg effectief omdat de oorspronkelijk zwakste plek van de dijk, de slappe grond onder de binnenteen, nu grote krachten kan opnemen. Momenteel zijn er enkele situaties waarbij MIP in variantenstudies zijn meegewogen (Delfland).

3.1.2 Bioveen

Smartsoils is een verzamelnaam van een aantal concepten, die met elkaar gemeen hebben dat de eigenschappen van de grond aangepast worden om ze in overeenstemming te brengen met de eisen. Met behulp van Smartsoils zijn er verschillende mogelijkheden om een dijk te versterken. Een van deze methodieken is het toepassen van bioveen. Met behulp van bioveen is het mogelijk om de sterkte eigenschappen van het veen te vergroten.

3.2 Versterken van de dijk (stabiliteit, hoogte en gedrag)

3.2.1 Dijkdeuvels (Expanding columns)

Het Expanding Columns voorstel maakt gebruik van een door HBG Civiel Grondtechniek ontwikkelde methode. Een buis, voorzien van een omhullende kous, wordt in de slappe ondergrond schuin geplaatst tot in de draagkrachtige Pleistocene zaadlaag. De kous wordt vervolgens volgeperst met cement-bentoniet.

De Expanding Columns staan met hun voeten in de draagkrachtige Pleistocene zandlaag en met hun schouders juist in de onderste lagen van het dijkmateriaal. Enerzijds zorgt het uitzetten van de kous voor het samendrukken van de omringende slappe grond, die daardoor sterker wordt. Anderzijds zorgt het onderste deel van de Expanding Column, de “shear key” genoemd, voor een goede verankering in de draagkrachtige zandlaag. De Expanding Columns werken als “deuvels” in het glijvlak om de afschuivende grondmoot vast te pinnen.

3.2.2 Dijkvernageling

Dijkvernageling bestaat uit het verankeren van het binnendijkse grondmassief door toepassing van trekelementen. Dat zijn nagels met een groutomhulling die volgens een bepaald stramien en onder een geschikte hoek op het binnendijkse talud ingebracht worden. In het basisconcept is gerekend met stalen buisnagels met een lengte van circa 14 meter en een onderlinge afstand van circa 2 meter.

Deze versterkingstechniek resulteert in een grotere afschuifsterkte tijdens maatgevend hoogwater, waarbij de nagels vooral op dwarskracht worden belast. Hiermee neemt de weerstand tegen binnendijks afschuiven toe, waardoor geen binnendijkse teenverzwaring en dus ook geen dijkverbreding nodig is. Deze techniek is vooral geschikt voor diepe glijvlakken die net boven het zand gelegen zijn (opdrijfglijvlakken). Of deze techniek ook geschikt is om ondiepe glijkvlakken te stabiliseren is nog niet voldoende onderzocht, maar wellicht is deze methodiek niet geschikt om onderhavige problematiek op te lossen.

3.2.3 Palenwand

Bij boezemkaden is een aantal malen, met succes, de palenwand methode toegepast. Het doel van deze methode is er voor te zorgen dat de vervorming op de fundering van de panden niet te groot wordt. Deze methode zou echter ook ingezet kunnen worden als methode om de stabiliteit te verhogen.

De voordelen van een houten palenwand in het talud zijn:

- De palenwand is waterdoorlatend (palen staan mannetje aan mannetje en zijn taps waardoor ze “open” zijn);
- Er is een niet al te groot stijfheidsverschil met het veen (in vergelijking met bijvoorbeeld een stalen damwand);
- De palenwand alleen zijn werk hoeft te doen onder de grondwaterstand en daardoor een lange levensduur heeft.

Een doorgaande rij van palen halverwege of in de teen van het binnentalud is relatief eenvoudig en goedkoop in te brengen en later ook op te waarderen (vervangen) door meerdere of andere palen. Het is mogelijk om hiervoor ‘gewoon’ naaldhout te gebruiken, waardoor ook aan CO_2 opslag kan worden gedaan. Deze methode moet nog wel worden geëvalueerd en er moet een dimensionering- en toetsconcept voor worden opgesteld.

Bij rivierdijken zijn stalen palenwanden (HE-profielen met tussenafstand) toegepast bij Hardinxveld Giessendam.

Figuur 3.1 Plaatsen palenwand

3.2.4 Licht ophoogmateriaal

Er zijn verschillenden methoden om een kade te versterken met licht ophoogmateriaal. Een van de methoden is de baggerspeciematras, die in 2003 succesvol is toegepast als pilot bij een wegverbreding aan de A2 bij Beesd. Deze methodieken zijn vooral kansrijk voor de kruinverhoging van de dijk.

3.2.5 Consolidatie versnellende middelen

Een van de problemen bij het ophogen is de lange consolidatietijd een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om consolidatieversnellende middelen in te zetten zoals: verticale drains, Beaudrain-S, IFCO "Intensief Forcerend Consolideren van de Ondergrond of grindpalen.

3.2.6 Traditionele dijkversterking

De traditionele wijze om een dijk te versterken is de aanleg van een steunberm. Deze aanleg vergroot de stabiliteit van een dijk. Als onvoldoende ruimte beschikbaar is voor de aanleg van een steunberm kan besloten worden tot de aanleg van constructieve maatregelen. Een voorbeeld van een traditionele constructieve maatregel is de plaatsing van een stalen damwand.

Idee daarbij is de berm niet kort en hoog maken, maar lang en laag of misschien met een flauwe helling (1:10 of 1:20). Dit kost meer ruimte (nadeel: aankoop grond van derden), maar wellicht minder ophoogmateriaal, omdat geometrie gunstiger is voor stabiliteit en hierbij misschien minder zetting optreedt.

3.2.7 Veen verwijderen en vervangen

Veen verwijderen en vervangen door ander materiaal. Kan wellicht alleen als het veen niet te diep ligt en niet te dik is. Uitvoeringstechnisch wellicht nog niet zo simpel; er moet in korte stukjes worden gewerkt of met een tijdelijke damwand. Dit drijft ongetwijfeld de uitvoeringskosten op. Hier is wel goed aan te rekenen met bestaande methoden: het is gewoon een cunet met bekende materialen.

3.2.8 Veen wegpersen
Veen wegpersen door snel grote ophoging/berm te maken. Dit is misschien uitvoeringstechnisch simpeler dan een cunet, maar wel een ongecontroleerd gebeuren, dus niet geschikt nabij bebouwing e.d. Het rekenen hieraan is minder gemakkelijk, omdat niet helemaal bekend is waar het ophoogmateriaal blijft.

3.2.9 Breuksteen in veen
Breuksteen (grote brokken) in het veen storten. Dit schijnt in Schotland te worden toegepast voor wegaanleg in veengebieden. Lijkt een beetje op veen wegpersen, maar wellicht kost het minder materiaal (volume), omdat het grote brokken zijn die misschien minder ver worden weggeperst. Breuksteen is misschien wel duurder dan zand, dus per saldo zijn veen verwijderen en veen wegpersen misschien even duur. Ook niet geschikt nabij bebouwing door ongecontroleerde deformatie. Het rekenen hieraan is ook niet zo gemakkelijk, omdat niet helder is waar het veen blijft en waar het breuksteen blijft.

3.2.10 Aanleg oeverdijk
Als de hoogte van de dijk te laag is kan als alternatief voor dijkverhoging gekozen worden voor de aanleg van een oeverdijk. Een oeverdijk wordt buitendijks aangelegd en heeft een flauw talud. Door het flauwe talud wordt de golfoploop afgeremd en komt minder hoog. Bij de eventuele versterking van de Markermeerdijk wordt een oeverdijk als volwaardig alternatief meegenomen. Een mogelijk voordeel van een oeverdijk kan de uitvoering zijn met zachte materialen waardoor natuurontwikkeling wordt gestimuleerd. Het verdient wel aanbeveling om het effect van golfoploop te bekijken op erosie van dit zachte materiaal (afkalving, afslag e.d.). Wellicht dat het gebruik van geotextiel of van versterkt sediment behulpzaam kan zijn bij het verhinderen van erosie.

3.2.11 Meervoudig ruimtegebruik
We leven in een druk bevolkt land. Naast de noodzaak om ons land te beschermen tegen overstromingen bestaan er uiteenlopende ambities die sterk regio gebonden zijn. Dat vraagt om het combineren van functies. Ambities kunnen zijn bebouwing integreren in de waterkering (woningen, kantoren of een parkeervoorziening) bijvoorbeeld door de aanleg van een deltadijk in stedelijk gebied, de aanleg van een waterrijke natuur achter de dijk bijvoorbeeld combineren met de aanleg van een overslagbestendige dijk in landelijk gebied of natuurontwikkeling buitendijks stimuleren door bijvoorbeeld de buitendijkse aanleg van een oeverdijk. Het uitvoeren van een oeverdijk in de vorm van een zandstrand kan een ambitie zijn vanuit recreatie.

3.3 Voorkomen van uitdroging

3.3.1 Herbevochtigen van veen
Na de dijkverschuivingen in Wilnis en Terbregge is er veel onderzoek gedaan naar het tegengaan van verdroging door middel van oppervlaktespanningverbrekende middelen. Deze middelen moeten er voor zorg dragen dat het herbevochtigen van veen vereenvoudigd worden. Om deze methodieken te toetsen zijn al verschillende pilots uitgevoerd in 2004.

Het herbevochtigen van veen kan ook middels goede infiltratietechnieken welke gekoppeld zijn aan monitoring, die het vochtgehalte in het veen kunnen meten. Hier is reeds een aantal concepten voor uitgedacht in de periode 2004-2006. Deze concepten zijn nooit verder uitgewerkt. Wanneer volumekrimp kan worden uitgesloten, is het mogelijk dat in sommige gevallen ook het risico op zogenaamde kortsluiting kan worden uitgesloten. Hierdoor zullen

de (geohydrologische) randvoorwaarden voor de macrostabiliteit toetsing minder zwaar worden.

Momenteel zijn de online monitoringstechnieken door initiatieven als IJkdijk verbeterd, waardoor het een heroverweging waard is om te onderzoeken of het met de huidige technieken wel kansrijk is.

3.3.2 Aanbrengen kleilaag
Voor het tegengaan van verdroging kan ook een kleilaag van voldoende dikte op de dijk / boezemkade worden aangebracht.

3.4 Bewezen sterkte concepten

3.4.1 Proef op de som
Bij de Markermeerdijk wordt momenteel een proef uitgevoerd om de bewezen sterkte van een dijk aan te tonen. Met behulp van containerproeven zal de werking van dit concept worden aangetoond. Deze methode wordt ook wel genoemd “proef op de som nemen”. Dit spoor zit momenteel meer in het beter in beeld krijgen van de sterkte van veen om onterecht afkeuren van dijkvakken te voorkomen. Het idee is om met een relatief eenvoudig proefconcept middels containerproeven, overal in Nederland “De proef op de som” te nemen aangaande de sterkte van veen (en zeer slappe kleilagen). Hierin past ook het gecontroleerd en beheerst uitvoeren van proefbelastingen op volledige geïnstrumenteerde boezemkaden. Hier hoort nog wel een rekenkundige vertaalslag van de proefuitkomsten naar een toetssituatie bij.

3.4.2 Analysemethode
Bewezen sterkte concepten zijn er op dit moment al in de vorm van een analyse waarmee de stabiliteit bij een overleefde hoge buitenwaterstand wordt geanalyseerd, inclusief alle bijbehorende omstandigheden, zoals: toenmalige geometrie van de dijk, freatisch vlak, stijghoogten, slootpeilen, etc. Vanuit deze analyse van de overleefde hoge waterstand wordt rekenkundig een vertaalslag gemaakt naar de situatie bij toetspeil. Zie hiervoor het TR Actuele Sterkte (TRAS). Omdat meestal onzekerheid bestaat over de precieze omstandigheden bij de overleefde buitenwaterstand blijven er ook onzekerheden over bij de vertaalslag naar de situatie bij toetspeil en die overblijvende onzekerheden (er moeten dan veilige schattingen worden gemaakt) zorgen er voor dat de bewezen sterkte analyse niet leidt tot goedkeuring van een dijk. Dit kan zelfs het geval zijn wanneer een overleefde waterstand nagenoeg net zo hoog is of zelfs hoger dan toetspeil. Verder kan het zo zijn dat een dijk vroeger zeedijk was en toen heel hoge waterstanden heeft gekeerd, en nu een veel lager toetspeil heeft, maar met veel langere tijdsduur. De lange tijdsduur van het hoge buitenwater kan er voor zorgen dat de huidige hydraulische randvoorwaarden ongunstiger zijn dan de overleefde hogere waterstanden. De bewezen sterkte analyse biedt dan ook geen soelaas.

3.4.3 Monitoring
Bij bewezen sterkte kan ook monitoring worden genoemd. Het moet mogelijk zijn een relatie te leggen tussen buitenwaterstand, stabiliteitsfactor en deformatie(snelheid) van een dijk of boezemkade (komen in de literatuur wel voor in relatie tot uitvoeringsstabiliteit). De buitenwaterstand is meestal wel bekend. Monitoring van de deformatie of liever deformatiesnelheid kan via satellietbeelden en/of hellingmeetbuizen. Door deze gegevens met elkaar te combineren ontstaat inzicht in het vervormingsgedrag. De relatie tussen buitenwaterstand en vervorming is uiteraard voor elke locatie specifiek vanwege de wisselende grondopbouw. Door ook stabiliteitsberekeningen uit te voeren (liefst met zoveel

mogelijk feitelijke informatie over grondopbouw en waterspanningen) kan aan de relatie buitenwaterstand - deformatie ook een stabiliteitsfactor worden gekoppeld. Op basis van deze gegevens wordt na enige tijd steeds duidelijker welke buitenwaterstand welke deformatie(snelheid) veroorzaakt (bewezen sterkte). Dit is een niet-lineair verband of zelfs een discontinue verband, zodat extrapolatie gevaarlijk is (bijvoorbeeld wanneer opdrijven speelt). Bovendien is er spreiding in deze relatie, omdat er meer relevante omstandigheden zijn die steeds wisselen, zoals regenval en verdamping, slootpeil, etc. Boezemkaden lijken het meest geschikt om hiermee aan de slag te gaan. Het te beschermen gebied is meestal kleiner en de schade als het mis gaat dus ook en de inundatiediepte is meestal ook kleiner dan bij rivieren. Bovendien varieert de buitenwaterstand bij kaden in een smalle bandbreedte en treden de extremen vaker op dan bij rivierdijken. Daardoor is het gemakkelijker en sneller om de relatie tussen buitenwaterstand, deformatie en stabiliteitsfactor op te bouwen. Misschien is het mogelijk (bestuurlijk en juridisch) om de aan de norm gerelateerde stabiliteitsfactor te verlagen voor dijken waar monitoring plaats vindt. Dan kan dijkverbetering worden uitgesteld. Er moet misschien wel een terugvaloptie mogelijk zijn: bijvoorbeeld snel stabiliseren van een kritische locatie als het mis dreigt te gaan of het afdammen van een compartiment van een boezem bij een kritisch deformerende kade.

3.5 Samenvatting bestaande versterkingsmaatregelen

Bovenstaande inventarisatie levert de volgende maatregelen op:

<u>Versterken van het materiaal (veen) in de ondergrond of aanwezig in de dijk</u>

- Bioveen;
- MIP.

<u>Versterken van de dijk als geheel (stabiliteit, hoogte en gedrag)</u>

- Dijkdeuvels;
- Dijkvernageling;
- Palenwand;
- Licht ophoogmateriaal;
- Consolidatie versnellende technieken;
- Traditionele dijkversterking;
- Veen verwijderen of vervangen;
- Veen wegpersen;
- Breuksteen in veen;
- Aanleg oeverdijk;
- Meervoudig ruimtegebruik.

<u>Voorkomen van uitdroging</u>

- Herbevochtigen veen;
- Aanbrengen kleilaag.

<u>Bewezen sterkte concepten</u>

- Proef op de som;
- Analyse methode;
- Monitoring.

4 Stap 2: Interviewronde

Naar aanleiding van de inventarisatie van maatregelen is aan diverse expert werkzaam bij marktpartijen een aantal vragen voorgelegd. Dit om te inventariseren wat bij deze experts de belemmeringen zijn en welke kansen zij zien voor het toepassen van innovatieve maatregelen bij veendijken.

4.1 Signalen interviewronde

Kostenbesparende alternatieve innovaties voor het aanpakken van de (veen)dijken problematiek is in het huidige klimaat niet mogelijk. Dat is de uitkomst van diverse interviews die zijn gehouden in de markt. Er is sprake van een innovatie impasse.

Signalen uit de markt zijn:

- Innovatie in veendijken problematiek schreeuwt om projectinnovatie;
- Aan RAW bestekken is weinig eer te behalen, alles is omschreven, weinig ruimte en gaat niet om kennis en beste eindproduct;
- Er is nu een terughoudend bij de inbreng van kennis vanuit aannemers en zijn te laat in het proces betrokken;
- Innovatie vraagt om een andere manier van denken, niet in regeltjes maar in concepten en betrouwbaarheid. Geen doemdenkers maar kansenpakkers.

Deze signalen verdienen actie. Er ligt een grote noodzaak om deze innovatie impasse te doorbreken. Het sterk veranderende klimaat en omgeving bieden kansen.

Signalen uit de markt zijn:

- Bestaande technieken zijn zeker niet aan het einde van de ontwikkeling, de markt staat open;
- Innovatie is maatwerk;
- Alliantievorming (kosten en risicoverdeling) is de toekomst;
- Zeker bij veendijken is innovatie op deze manier mogelijk, omdat de onzekerheden groot zijn.

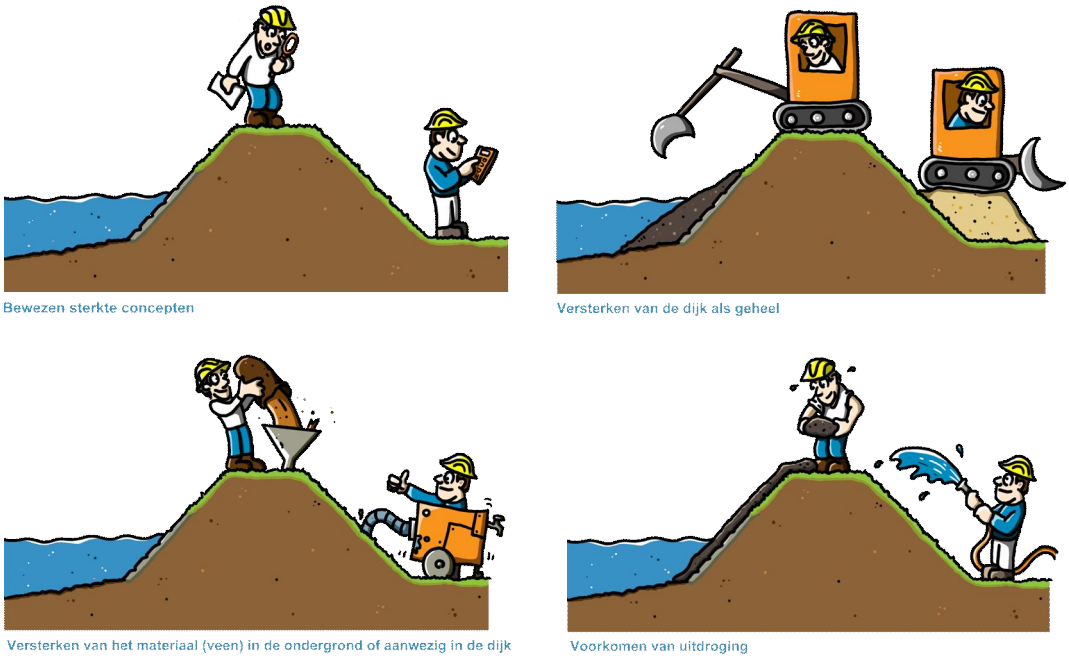
Zeker nu, in een veranderend klimaat en een sterk veranderende omgeving, is het een noodzaak om de innovatie impasse (projectinnovatie) te doorbreken. Alleen zo staan we garant voor de technische uitdagingen die komen.

De genoemde innovatie impasse, het signaal uit de markt, wordt in navolgende paragraaf nader toegelicht.

4.2 Innovatie impasse

Momenteel wordt meer onderzoek gedaan naar het gedrag van veen om zo rekenmodellen te verbeteren. Vooruitlopend op alle resultaten, uiteindelijk resulterend in een scherpere toetsing en verbeterde ontwerprichtlijnen, wordt voor vele veendijken op dit moment een versterkingsontwerp en dijkverbeteringsplan gemaakt. Dit moet worden opgepakt en uitgevoerd, met behulp van de vigerende leidraden en kennis van nu. Deze plannen omvatten voor de veendijken vaak traditionele versterkingsmaatregelen, die vaak leiden tot grote maatregelen en ontwerpen. Een voorbeeld daarvan zijn stabiliteitsbermen die oplopen tot lokaal meer dan 20 meter. Dit zorgt voor een groot ruimtebeslag en heeft een grote impact op het landschap, wat de maatschappelijke acceptatie niet ten goede komt.

Innovaties in de uitvoeringspraktijk zijn nodig!



Figuur 4.1 Overzicht innovatieve versterkingsmaatregelen

Zeker wanneer de periode tussen de landelijke toetsrondes wordt verlengd tot twaalf jaar. De nadruk komt minder te liggen op de toetsingen, maar des te meer op de uitvoering van de versterkingsmaatregelen / verbeterwerken en de afstemming tussen beiden.

Aspecten als flexibiliteit, duurzaamheid en uitbreidbaarheid worden des te belangrijker.

In de leidraden worden aanbevelingen voor maatregelen gegeven die met zekerheid een veilige situatie creëren, maar vaak zijn deze ook heel conservatief. Men volgt vaak te letterlijk de richtlijnen en durft hier niet van af te wijken, zelfs als er in de leidraden ruimte voor eigen invulling is toegestaan. Dit kan in sommige gevallen tot absurde ontwerpen leiden die alleen voor een bepaald onderdeel van het te versterken tracé echt nodig zijn en daardoor onnodig hoge kosten veroorzaken. Het dient daarom te worden voorkomen dat men te strikt naar de regels in de leidraden kijkt en deze als de enige goede oplossing begrijpt.

Bij het beter geaccepteerd krijgen van innovatieve alternatiefconcepten spelen garanties, m.b.t. functionaliteit en veiligheid, een cruciale rol.

Hiervoor dient dan ook een duidelijk beoordelings- en aanbestedingskader te worden ontwikkeld. Dit is een vooruitstrevende ambitie, want op het gebied van waterbeheer en waterkeringen wordt nog maar weinig gebruik gemaakt van innovatieve contracten.

De huidige wijze van contracteren draagt niet bij tot innovatieve oplossingen.

Dat deze sector op dit gebied niet vooroploopt, komt mogelijk ondermeer door:

Cultuur: het waterschap is gewend om veel invloed te hebben op exacte invulling en uitvoering van projecten en minder gewend om te werken met zaken als outputspecificaties, variabele beloningen en sturing op enige afstand.
Wet- en regelgeving: Vanuit de Waterwet wordt aangegeven dat een projectplan o.a. een beschrijving van het werk, de activiteiten, uitvoeringswijze en te treffen voorzieningen in het kader van risicobeheersing dient te omvatten. Dit wringt mogelijk met de vrijheidsgraad die typisch gezocht wordt in innovatieve contracten.
Resultaatmeting*:* een meerwaarde van een innovatief contract is dat de markt zijn innovatiekracht aanwendt om zo kostenefficiënt mogelijk te voldoen aan een gesteld doel, veelal op basis van functionele eisen (output). De veiligheid van het achterland moet gegarandeerd worden. Juist bij een waterkering is het moeilijk om functioneel te specificeren: meting van effecten is immers moeilijk.
Publieke taak*:* Waterveiligheid is een publieke taak. Gevoelsmatig staat dit dicht bij de kerntaken van de overheid. Dichterbij dan het beheer van een weg of het onderhouden van een kantoorgebouw. Er is een enige terughoudendheid bij bestuurders van waterschappen om de private sector een rol te geven die niet vooraf zeer helder is afgebakend.

4.3 Doorkijk naar workshop

Naar aanleiding van de interviewronde en daarbij de signalen uit de markt is een workshop georganiseerd . Het doel was om gezamenlijk de knelpunten en mogelijk oplossingen vast te stellen en kennis / stand van zaken met elkaar te delen m.b.t. veendijken.

Vragen die ter discussie zijn gesteld zijn:

- Welke innovatie projecten voor veendijken lopen er momenteel?
- Wat zijn de knelpunten die deze innovatie tegenhoud?
- Hoe kunnen we deze knelpunten wegnemen?
- Wat is hier voor nodig, en door wie?

In het beantwoorden van de ze vragen zijn twee categorieën gehanteerd:

- Inhoudelijk / technisch;
- Proces en contractueel.

De uitkomsten van de workshop worden in het volgende hoofdstuk behandeld.

5 Stap 3: Workshop en marktsessie

5.1 Inleiding workshop en marktsessie

Op 6 december 2011 is de workshop gehouden. De locatie van de gehouden workshop was bij Deltares in Delft. In de volgende paragraaf zal een verslag worden gedaan van de workshop. De driehoek kennisinstellingen – markt – overheid was goed vertegenwoordigd onder de deelnemers van de workshop.

5.2 Inhoudelijk programma

Het programma van de workshop bestond uit de volgende onderdelen:

1) Opening (13:00 – 13:15)
   Door de dagvoorzitter
2) Omvang van het probleem (13:15 – 13:30)
   Door Ruud Termaat
3) Achterliggende theorie en huidige ontwikkelingen (13:30 – 13:50)
   Door Cor Zwanenburg
4) Productontwikkeling markt (13:50 – 14:10)
   Door Bartho Admiraal
5) Innovatieve processen (Stage Gate) (14:10 – 14:30)
   Door Mike Woning
6) Opsplitsen in groepjes voor discussie (14:30 – 15:30)
7) Terugkoppeling discussies, hoe verder? (15:30 – 16:00)
   Door de dagvoorzitter
8) Afsluiting (16:00)

5.2.1 Omvang van het probleem – Ruud Termaat, RWS Corporate Innovatieprogramma

Ruud Termaat gaf een korte introductie over waterkeringen aangelegd op veengrond. Het belang van een goede toets en ontwerpmethode wordt benadrukt. Er zijn vele dijken en boezemkades aangelegd op een slappe bodem, waaronder de Markermeer en Eemmeer dijken. Deze dienen voor het HWBP verbeterd te worden wat hoge kosten met zich mee brengt. Hiervoor zijn innovaties gewenst.

5.2.2 Achterliggende theorie en huidige ontwikkelingen – Cor Zwanenburg, Deltares

Een beter en nauwkeuriger model voor de beoordeling van de sterkte en stabiliteit van veendijken is nodig. De kennis over het sterkte gedrag van veen loopt achter in vergelijking met andere materialen.

Onderwerpen die onder andere besproken zijn, zijn model vs. werkelijkheid, onderzoek naar de (in)heterogeniteit en de sterkte van veen, sterkte proeven en de interactie van stijve dijk op een slappe ondergrond.

Figuur 5.1 Impressie presentatie workshop

Conclusies van de presentatie:

- Standaard modellen voldoen niet voor de beschrijving van veen;
- Theoretische onderbouwing sterkte gedrag veen loopt achter bij andere materialen;
- Heterogeniteit van veen maakt kennisontwikkeling lastig;
- Ervaring eenduidig vastleggen m.b.v. proeftuinen en veldmetingen;
- Belangrijk hierbij is het gedrag van het hele systeem, stijve dijk op slappe grond;
- Stap naar EEM mogelijk en noodzakelijk voor goede samenhang sterkte – stijfheid.

5.2.3 Productieontwikkeling markt – Bartho Admiraal, Volker Stevin

Bekende technische oplossingen voor het versterken van veendijken zijn het plaatsen van dam- en diepwanden. Innovatieve oplossingen zijn:

- MIP (mixed in place): het veen versterken door er cement doorheen te mengen. Pilots hebben wisselende resultaten. Sterkte in verloop van tijd is nog onbekend;
- Dijkdeuvels en dijknagels: toepassen van groutankers in en onder de dijk ter hoogte van de glijvlakken;
- Waterontspanners: concept waarbij achter de dijk in het veld drainage wordt toegepast.

Problemen op pilots van de grond te krijgen voor innovatieve oplossingen zijn niet technisch van aard, maar procesmatig:

- Er is een grote groep van initiatiefnemers, onderzoek, voorbereiding en goedkeuring tot uitvoering duren relatief lang en het uitvoeringsseizoen is relatief kort. Goedkeuring en budget dienen dan ook een jaar van te voren aanwezig te zijn.
- Wanneer acceptatie plaats vindt van de methode is onduidelijk en gebeurt vaak niet. Nieuwe dijkversterkingsmethoden dienen toetsbaar te zijn, terwijl de toetsregels weinig ruimte laat voor innovatieve methoden.
- Coördinatie en sturing mist en er is een achterstand in kennis bij de opdrachtgever. Hierdoor zijn er verschillende verwachtingen (van de verschillende initiatiefnemers / actoren).

In de presentatie wordt dan ook gepleit voor het vormen van allianties. Hierdoor kan een lang proces stand houden, vindt er kennisoverdracht in een vroeg stadium plaats en lopen de verwachtingen beter in de pas.

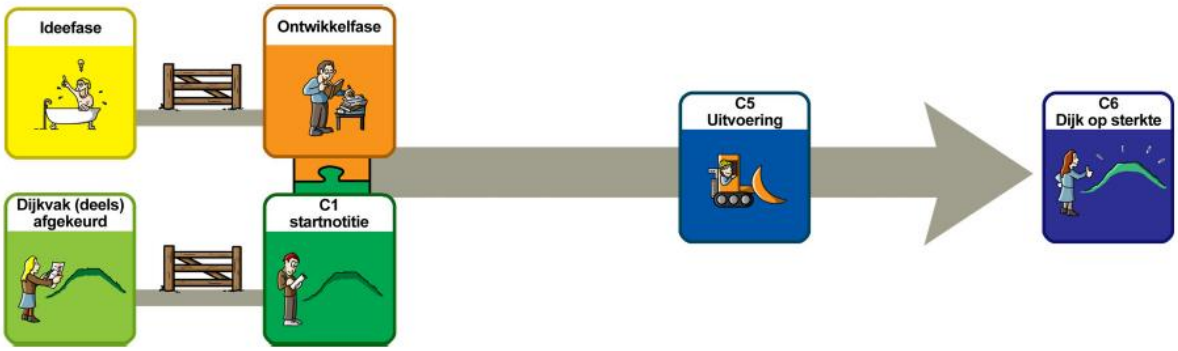
5.2.4 Innovatieve processen (StageGate) – Mike Woning, Deltares

Deze presentatie richt zich geheel op het proces van innovatieve dijkversterkingen van idee tot en met afgeronde dijkversterking. Het verbeteren van dit proces heeft als doel het beter beheersen van innovatieprojecten en vergroten van het innovatievermogen. De twee pijlers voor het proces zijn: stagegate (faseren met go-no-go momenten) en projectorganisatie bestaande uit een (vast) projectteam, stuurgroep en projectondersteuning.

Hiernaast is de contractvorm van groot belang. In een traditioneel RAW bestek is er praktisch geen innovatie mogelijk, terwijl dit veel wordt gebruikt bij dijkversterking. Kansen liggen in het gezamenlijk ontwikkelen van innovatieve dijkversterkingen. Dit kan het best binnen een Alliantie- of Design&Construct contract.

Contractvorm Alliantie: Een vroege koppeling van aannemer en opdrachtgever. Naast het gedeelde belang moeten de verschillende baten en risico's van alle partijen voor iedereen duidelijk zijn. Hierdoor er ontstaat er een 'gun-factor' voor elkaar en ontstaat er motivatie en creativiteit. Gezamenlijk uitwerken vraagt expertise van alle betrokkenen.

Contractvorm Design&Construct: Een latere koppeling van aannemer en opdrachtgever. Baten exclusiever voor marktpartij en risico's in aanneemsom van de aannemer. Er is een minder gedeeld belang en de innovatiekracht is lager. Voor deze contractvorm is minder kennis nodig bij de opdrachtgever.



Figuur 5.2 Samenhang innovatie (geel/oranje) en dijkversterkingsproces (groen) bij een alliantie

Conclusie is dat het vormen van een alliantie de motivatie maximaliseert waardoor de innovatiekracht groter is, meer kans van slagen heeft en mogelijk goedkoper is.

5.3 Groepsdiscussie

Het groepswerk bracht de belemmeringen voor innovatie in veendijken en slappe ondergrond in kaart, en vervolgens is er bediscussieerd hoe deze opgelost kunnen worden.

De aanwezigen zijn opgesplitst in twee groepen waarbij groep 1 zich richtte op de technische kant en groep 2 op het proces en de contractvorm. De resultaten van beide groepen zijn vervolgens plenair besproken. Hieronder zijn de resultaten van beide groepen gezamenlijk gepresenteerd.

Figuur 5.3 Groepssessie

5.3.1 Gesignaleerde knelpunten

De volgende knelpunten werden door beide groepen geconstateerd:

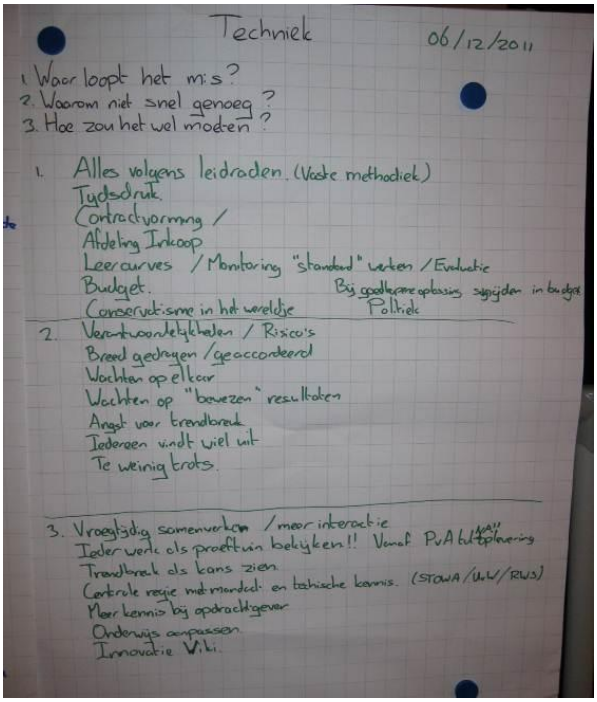
- De waterbouwwereld is een vrij conservatieve wereld. Alles dient volgens leidraden te gebeuren waarin weinig ruimte is voor innovatie. Er blijkt enige angst voor een trendbreuk (zoals toepassen innovatie) te zijn;
- Er wordt door de betrokkenen (overheid en markt) gewacht op elkaar en gewacht op bewezen resultaten;
- Kennis over slappe bodems en veendijken is niet toereikend voor een verbeterde toetsingsmethode. Het huidige inkoopbeleid stelt kwaliteit niet voorop en contractvormen met vroege samen werking zoals een alliantie bemoeilijkt;
- Kennis verloopt bij overheden/opdrachtgevers, maar ook bij ingenieursbureaus.

5.3.2 Oplossingsrichtingen

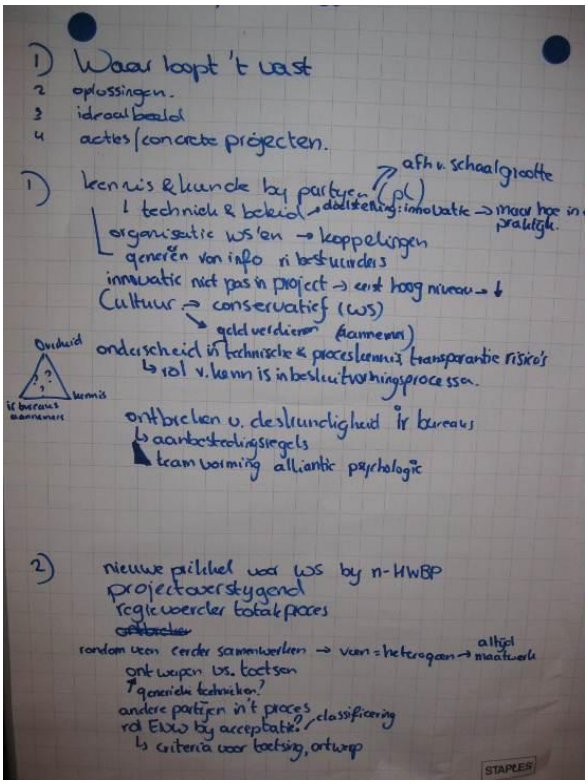
De oplossingen worden gezocht in een proactieve houding en vroegtijdig samenwerken door het vormen van allianties en ingenieursbureaus aansturen op regie. Hiernaast dient een duidelijke regie voor innovatieprojecten/pilots aanwezig te zijn. Maar ook een project overstijgende regievoerder voor het totaalproces. Hierbij is het delen van kennis van groot belang.

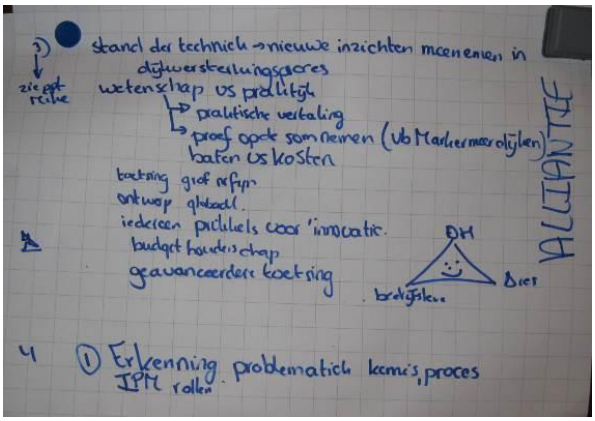
Verdere conclusies zijn dat er meer kennis aanwezig dient te zijn bij de opdrachtgever en dat ENW mogelijk een rol kan spelen bij het (op tijd) accepteren van innovatieve dijkversterkingsmethode. Ook wordt voorgesteld om elk verbeteringsplan moet als een proeftuin gezien worden waar metingen en monitoren wordt opgenomen is het uit te voeren ontwerp. Dit komt de (praktische)kennis en ervaring ten goede. Hiernaast is het mogelijk dat er financiering vanuit het HWBP komt om een innovatieve versterking toe te passen.

Innovatie dient ook beloond te worden. Zo moet het mogelijk zijn dat als de innovatie een succes is om de aannemer / ingenieursbureau op voorhand werk te gunnen voor één of een aantal vergelijkbare dijkversterkingsprojecten. De alliantie partner neemt immers ook risico’s op zich. Inkoop van de opdrachtgever moet dit wel mogelijk maken. Huidige weg is om dergelijke projecten een pilot te noemen. Maar de status en acceptatie van een dergelijk dijkverbeteringstraject is dan onzeker.



Figuur 5.4 Uitkomsten discussie techniek





Figuur 5.5 Uitkomsten discussie proces en contractvormen

5.4 Afsluiting en conclusie workshop

De workshop wordt door de dagvoorzitter en aanwezigen positief beoordeeld. De belangrijkste conclusies zijn:

- De contractvorm alliantie perspectief biedt voor het stimuleren van innovatie en dijkversterkingsprojecten;
- Vroege participatie van kennisinstellingen – markt (aannemer en ingenieursbureaus – overheid in het hele proces is noodzakelijk;
- Trendbreuk binnen de sector moet als kans worden gezien, niet als belemmering;
- Centrale regierol is gewenst;
- Het “nieuwe HWBP” biedt kansen voor innovatie, vanwege de veranderende rollen.

Concreet actiepunt is dat in het Corporate Innovatieprogramma volgend jaar zal worden gekeken naar mogelijke pilots om het concept van versterkt veen bij dijkversterkingsprojecten toe te gaan passen.

Figuur 5.6 Afsluiting workshop

6 Slimmere constructies: haalbaarheidsonderzoek en perspectief

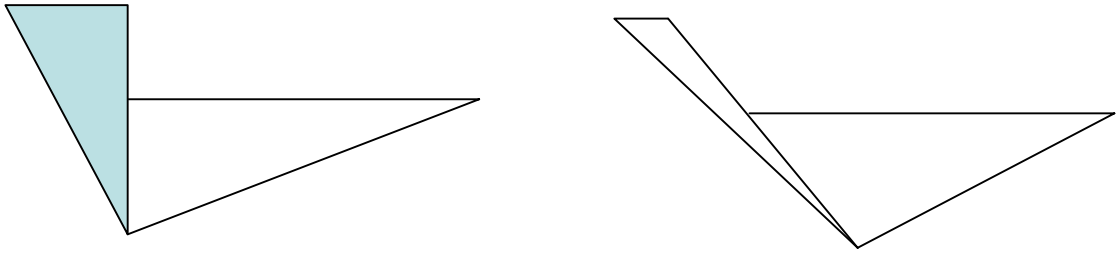
6.1 Achtergrond

Bij de inventarisatie naar mogelijk maatregelen t.b.v. de veendijken is naast de opsomming in hoofdstuk 3, besloten een haalbaarheidsonderzoek te doen naar “slimmere constructies”. Dit naar aanleiding van een idee dat ontstaan is bij de WG Evaluatie INSIDE. Petar Lubking, Jan Blinde en Theo Stoutjesdijk (allen Deltares) hebben dit nader uitgewerkt. De resultaten en aanbevelingen worden in navolgende paragrafen besproken.

6.2 Inleiding

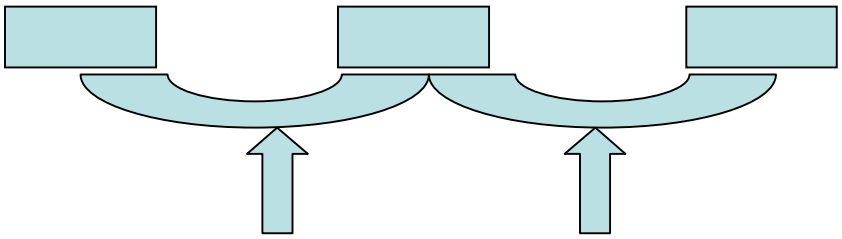
Bij dijkversterkingen wordt vanwege de toenemende druk op de ruimte (bebouwing, beplanting, natuurgebied) in toenemende mate gebruik gemaakt van constructies om ruimte en LNC waarden te sparen. Gebruikelijk is om deze constructies verticaal en aaneengesloten te plaatsen. Dit wordt vaak ook aangeduid als ‘functiescheidend scherm’, hoewel met deze term vaak erosieschermen worden aangeduid.

Met de term “functiescheidend” wordt aangeduid dat de constructie de waterkerende functie overneemt van het grondlichaam. Dit geeft ook een belangrijk bezwaar aan: er wordt niet of in beperkte mate gebruik gemaakt van de aanwezige sterkte van het dijklichaam. De werkhypothese voor deze haalbaarheidsstudie is dat dit slimmer kan. Gezocht wordt naar een vorm waarin constructie en grondlichaam zo goed mogelijk samenwerken, dus waarin optimaal gebruik gemaakt wordt van de aanwezige sterkte van het grondlichaam en waarin de constructie alleen het tekort aan sterkte moet compenseren (en dus niet de volledige waterkerende functie overneemt). Dit kan bijvoorbeeld door de damwand niet recht maar schuin te plaatsen. In onderstaande figuur is het verschil in actieve en passieve wig bij een rechte en bij een schuine damwand schematisch weergegeven.



Figuur 6.1 Schematisch verschil actieve en passieve wig bij een rechte en schuine damwand

Een minimum aan materiaalgebruik nodig is (kostenbesparend). Het voorbeeld van de dijkdeuvels laat zien dat een onderbroken constructie mogelijkerwijs voldoende kan zijn als er in 3D wordt gerekend, terwijl alle beschouwingen met doorlopende damwanden gebaseerd zijn op 2D beschouwingen. In onderstaande figuur is schematisch aangegeven dat de grond via boogwerking krachten aan een constructie af kan dragen. Uit berekeningen ten behoeve van een coupure tussen twee damwandrijen bleek dat een coupure van 20 meter mogelijk was mits de uiteinden van de damwandrijen verstevigd werden uitgevoerd.



Figuur 6.2 Schematische weergave afdracht krachten grond via boogwerking aan een constructie

De werkhypothese ten aanzien van de schuin geplaatste damwanden wordt getoetst door een redelijk eenvoudige analyse met PLAXIS. Aan de hand van de resultaten hiervan is het doel om een beeld te kunnen geven van de potentie van dit idee, de mogelijke opbrengsten en daarmee antwoord te kunnen geven op de vraag of de potentie zo hoog wordt ingeschat dat verdere exploratie een kans verdiend. Binnen dit oriënterende onderzoek was er niet de mogelijkheid om 3D berekeningen te doen.

6.3 Resultaten PLAXIS-analyse

Aan de hand van een beschikbare PLAXIS-schematisatie van een verticale verankerde damwand (een veel gebruikte constructievariant) in een opdrijfsituatie is een berekening gemaakt met een schuine damwand. De aanleiding hiervoor was dat in een 3D PLAXIS analyse van dijkdeuvels bleek dat de stabiliteit van een afgekeurd stuk dijk door alleen het plaatsen van de stalen palen van de dijkdeuvels (dus zonder opgeblazen groutlichaam hieromheen) al bijna voldoende was. Het idee was dat dit ook met een (onderbroken) rij damwanden zou moeten kunnen.

In PLAXIS is dit nagebootst door in de teen, halverwege het talud en in de kruin verankerde damwanden zowel verticaal als schuin te modelleren. Om hierbij een eerlijke vergelijking mogelijk te maken is voor iedere situatie een ontwerp gemaakt waarbij de damwand precies voldoet en is van dat ontwerp een schatting gemaakt van de kosten.

De resultaten zijn gegeven in onderstaande tabel. Enkel het schuin plaatsen van de damwand levert niet het beoogde voordeel op volgens de berekeningen.

	Verticaal	Schuin
Teen	7108	7623
Talud	6215	6774
Kruin	7846	7339

Tabel 6.1 Prijs van de damwand per strekkende meter

6.4 Nadere beschouwing resultaten

De PLAXIS-berekeningen geven niet de verwachte winst te zien, maar vergroten wel het inzicht. De mindere resultaten zijn voor een belangrijk deel toe te schrijven aan de interface tussen damwand en grond. Hier is de wrijving minder dan de hoek van inwendige wrijving van de grond (er is gerekend met tweederde phi). De grond schuift daarom af langs de damwand. Een tweede punt is dat het mogelijk ook niet meewerkt dat het een opdrijfsituatie betreft: de passieve wig doet dan te weinig om optimaal effect op de uitkomsten te hebben.

De vraag is nu gerechtvaardigd of de som het juiste antwoord geeft (en er dus weinig potentie in dit idee zit) of dat de schematisatie niet overeen komt met het werkelijke fysische gedrag. Hierin moet in ieder geval onderscheid gemaakt worden in twee situaties:

- er is alleen in 2D gerekend: hiermee is evident sprake van een doorlopende rij damwanden. Hierin zou in ieder geval onderzocht moeten worden wat een juiste maat voor de wrijving tussen grond en damwandplank is, maar zou ook nagedacht kunnen worden of deze met ruwheid of ribbels vergroot zou kunnen worden;
- bij onderbroken damwandschermen (bijvoorbeeld: er wordt maar één op de drie damwandplanken daadwerkelijk geplaatst) is de 2D schematisatie evident onvoldoende.

6.5 Conclusies over voordelen en potentie

- De oriënterende studie is vooralsnog onvoldoende om de voordelen en potentie van een schuin geplaatste constructie aan te tonen. Het is echter ook nog te vroeg om het idee af te schrijven.
- De focus in een vervolg op deze studie zou op de onderbroken constructie als alternatief voor een doorlopend scherm moeten liggen. Dit is nog niet onderzocht, maar als bijvoorbeeld slechts één op de drie damwandplanken geplaatst hoeft te worden scheelt dit misschien niet tweederde van de kosten, maar waarschijnlijk wel de helft.
- Minder constructie en minder zware constructie kan leiden tot een mindere hinder voor de omgeving. In de aanwezigheid van bebouwing is dat een belangrijk verschil.
- Nadat is gekeken naar onderbroken constructies kan in tweede instantie gekeken worden of schuin plaatsen aanvullend voordelen biedt. Aanbevolen wordt om dit ook in 3D analyses te doen, om de werking op een correctere manier te schematiseren dan tot nu toe in de 2D analyses mogelijk was.

6.6 Nadelen en onderzoeksvragen

- 3D analyses zijn specialistisch, bewerkelijk en dus duur. Voor praktijktoepassing is een eenvoudiger ontwerptool wenselijk.
- De wijze van uitvoeren moet nader worden onderzocht. De onderdelen van een onderbroken constructie moeten misschien wel worden gekoppeld middels een gording of iets dergelijks.
- Het is (nog) niet mogelijk de elementen schuin in te trillen. Er zal dus geheid moeten worden, wat voor de aanwezige panden bezwaarlijk kan zijn, of er moeten bijvoorbeeld geboorde palen worden gebruikt, of de afstand tot de panden moet groter worden aangehouden.
- De beste plaats voor de constructie en de meest optimale helling zijn nog niet onderzocht.
- Er is niet gekeken naar een onderbroken constructie in plaats van een doorlopende constructie.
- Er is niet gekeken naar de meest optimale constructievorm (damwand, buispaal, wel of niet verankerde constructie)

7 Laatste stap: conclusies en vervolgactiviteiten

7.1 Conclusies

Naar aanleiding van de overschrijdingen van het tweede HWBP is door de commissie onder leiding van Professor Ten Heuvelhof geconstateerd dat deze kostenoverschrijding binnen het HWBP te wijten is aan een combinatie van de 100% rijkssubsidie en de tijdsdruk. Dit leidde onder andere tot conservatief ontwerp en een stapeling van technische eisen.

Voor het nieuwe HWBP wordt daarom gezocht naar de mogelijkheden om innovaties toe te passen. Deze kunnen door de schaalbaarheid (binnen dijkversterkingsprogramma's bijvoorbeeld) leiden tot kostenbesparingen. Vanuit deze achtergrond is dit project uitgevoerd.

In 2011 is een proces gevolgd waarbij eerst de problematiek rondom de veendijken is neergezet met daarbij een eerste inventarisatie van bestaande versterkingsmaatregelen. Vervolgens is de focus geweest op de markt, met de bijbehorende interviewronde. Daarin zijn belemmeringen en kansen naar boven gekomen. Dit is verder opgepakt en uitgewerkt in een workshop, waarbij ingegaan is op technologische innovaties en procesinnovaties.

Dit alles met als doel fase 1 van de doelstelling af te ronden, te weten:

Fase 1: Meer inzicht krijgen in mogelijke oplossingen bij de versterking van veendijken en fase 2: een versnelling van het handelingsperspectief in de vorm van een mogelijke toepassing van deze oplossingen tot stand te brengen.

Hieronder staan per stap de conclusies beschreven. In de paragraaf vervolgactiviteiten zal met name ingegaan worden hoe het vervolg, fase 2, op basis van de ervaringen van fase 1 kan worden opgepakt en uitgevoerd.

7.1.1 Bestaande versterkingsmaatregelen

De inventarisatie van de bestaande versterkingsmaatregelen toegespitst op veendijken heeft de volgende maatregelen opgeleverd.

<u>Versterken van het materiaal (veen) in de ondergrond of aanwezig in de dijk</u>

- Bioveen;
- MIP.

<u>Versterken van de dijk als geheel (stabiliteit, hoogte en gedrag)</u>

- Dijkdeuvels;
- Dijkvernageling;
- Palenwand;
- Licht ophoogmateriaal;
- Consolidatie versnellende technieken;
- Traditionele dijkversterking;
- Veen verwijderen of vervangen;
- Veen wegpersen;
- Breuksteen in veen;
- Aanleg oeverdijk;
- Meervoudig ruimtegebruik.

Voorkomen van uitdroging
- Herbevochtigen veen;
- Aanbrengen kleilaag.

Bewezen sterkte concepten
- Proef op de som;
- Analyse methode;
- Monitoring.

7.1.2 Interviewronde

Kostenbesparende alternatieve innovaties voor het aanpakken van de (veen)dijken problematiek is in het huidige klimaat niet mogelijk. Dat is de uitkomst van diverse interviews die zijn gehouden in de markt. Er is sprake van een innovatie impasse. Signalen uit de markt zijn:

- Innovatie in veendijken problematiek schreeuwt om projectinnovatie;
- Aan RAW bestekken is weinig eer te behalen, alles is omschreven, weinig ruimte en gaat niet om kennis en beste eindproduct;
- Er is nu een terughoudend bij de inbreng van kennis vanuit aannemers en zijn te laat in het proces betrokken;
- Innovatie vraagt om een andere manier van denken, niet in regeltjes maar in concepten en betrouwbaarheid. Geen doemdenkers maar kansenpakkers.

Deze signalen verdienen actie. Er ligt een grote noodzaak om deze innovatie impasse te doorbreken. Het sterk veranderende klimaat en omgeving biedt kansen. Signalen uit de markt zijn:

- Bestaande technieken zijn zeker niet aan het einde van de ontwikkeling, de markt staat open;
- Innovatie is maatwerk;
- Alliantievorming (kosten en risicoverdeling) is de toekomst;
- Zeker bij veendijken is innovatie op deze manier mogelijk, omdat de onzekerheden groot zijn.

7.1.3 Workshop en marktsessie

De belangrijkste conclusies uit de gehouden workshop zijn:

- De contractvorm alliantie perspectief biedt voor het stimuleren van innovatie en dijkversterkingsprojecten;
- Vroege participatie van kennisinstellingen – markt (aannemer en ingenieursbureaus – overheid in het hele proces is noodzakelijk;
- Trendbreuk binnen de sector moet als kans worden gezien, niet als belemmering;
- Centrale regierol is gewenst;
- Het “nieuwe HWBP” biedt kansen voor innovatie, vanwege de veranderende rollen.

7.1.4 Haalbaarheidsonderzoek “slimmere constructies”

Ten aanzien van het schuin plaatsen van constructie onderdelen geeft de oriënterende studie geen uitsluitsel. Wel lijkt het voor de hand liggend de focus in eerste instantie te leggen op (verticale) onderbroken constructies, die potentieel grote voordelen lijken te bieden (halvering van de kosten), en in tweede instantie te kijken of een gunstige constructievorm (bijvoorbeeld buispalen) kan worden geoptimaliseerd door deze niet verticaal doch onder een helling te

plaatsen. In beide gevallen dient er een 3D schematisering te worden toegepast om de fysische werkelijkheid beter te benaderen dan met een 2D schematisatie mogelijk is. Aangezien constructies in waterkeringen de duurste oplossingsvariant voor dijkversterking zijn levert iedere optimalisatie hierin behoorlijk veel voordeel op.

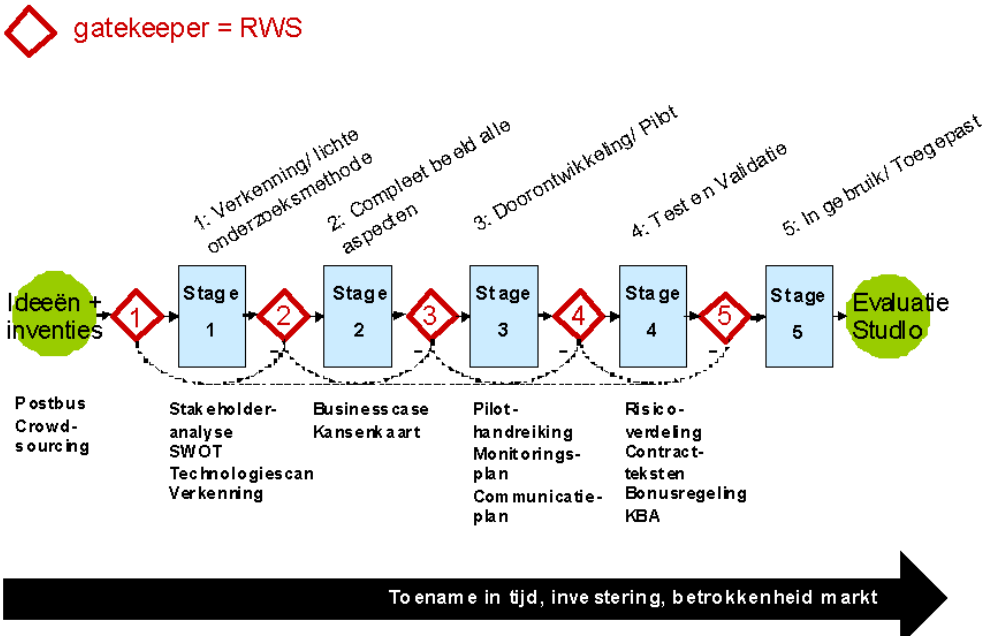
7.2 Overall conclusie

In 2011 is de doelstelling in fase 1 van dit project behaald. Er is meer inzicht verkregen in de mogelijke oplossingen bij de versterking van veendijken. Deze oplossingen zijn technisch van aard, maar ook procesmatige oplossingen zijn geboden. Daarnaast zijn kennisinstellingen, marktpartijen en de overheid betrokken bij het onderwerp. Er is draagvlak gecreëerd voor het vervolgproces. Na deze fase is het zaak om in 2012 de stap te maken en fase 2 aan te pakken, een versnelling van het handelingsperspectief in de vorm van een mogelijke toepassing van een oplossing tot stand te brengen. Welke activiteiten daartoe moeten worden genomen wordt in de volgende paragraaf beschreven.

7.3 Vervolgactiviteiten

De volgende activiteiten voor 2012 worden voorzien:

1) Nadere uitwerking via stage gate benadering. Binnen het CIP is een nieuwe werkwijze ontwikkeld / toepasbaar, de stage gate benadering. Het project innovaties voor het aanpakken van de veendijken problematiek bevindt zich nu nog in stage 1 (zie onderstaande afbeelding).



Figuur 7.1 Stage gate model

In 2012 zal de stap naar stage 2 en 3 worden gemaakt. Daartoe wordt conform bovenstaande werkwijze allereerst een businesscase en kansenkaart opgezet. Bovendien zal er een stormsessie worden ingepland. Zo wordt er een compleet beeld gemaakt van alle aspecten.

2) Het voorbereiden van een mogelijke pilot. Kort gezegd houdt dit in dat er aangestuurd moet worden op een pilot / gidsproject en nog meer aansluiting met het (nieuw)HWBP moet worden gevonden. Volgend jaar zal ook in nauw overleg met het

Hoogwaterbeschermingsprogramma, de relevante waterschappen en bedrijfsleven en kennisinstellingen worden gekeken naar mogelijkheden om de kansrijke innovatieve oplossingen toe te passen bij de nog lopende dijkversterkingsprojecten. Hierbij dient gekeken te worden naar de fase waarin het dijkversterkingsproces zich bevindt en welke samenwerkingsvormen op basis hiervan nog mogelijk zijn. Uit de workshops is af te leiden dat de voorkeur uitgaat naar de alliantievorm. In de workshops is gesproken om onder meer met versterkt veen te kijken naar opschalingsmogelijkheden.

3) Onderzoeken van de meest kansrijke innovatieve versterkingsvarianten. Mogelijk kan vooruitlopend op de pilot (en het vinden van een locatie) een hypothetische casus worden doorgerekend. Tijdens een aantal workshops kunnen onduidelijkheden en onzekerheden van de verschillende methoden/ technieken worden geïdentificeerd. Om een duidelijk beeld te verkrijgen van de werkelijke potentie van deze methodieken/ technieken dienen de onduidelijkheden en onzekerheden weggenomen te worden. Dit dient vanaf de start gedaan te worden door participatie van kennisinstellingen – markt (aannemer en ingenieursbureaus – overheid.

4) (Financieel) haalbaarheidsonderzoek nader uitwerken voor de “slimmere constructies”. Ten aanzien van het schuin plaatsen van constructie onderdelen geeft de oriënterende studie geen uitsluitsel. Wel lijkt het voor de hand te liggen om de focus in eerste instantie te leggen op (verticale) onderbroken constructies, die potentieel grote voordelen lijken te bieden (halvering van de kosten), en in tweede instantie te kijken of een gunstige constructievorm (bijvoorbeeld buispalen) kan worden geoptimaliseerd door deze niet verticaal doch onder een helling te plaatsen. Aangezien constructies in waterkeringen de duurste oplossingsvariant voor dijkversterking zijn levert iedere optimalisatie hierin behoorlijk veel voordeel op. Het haalbaarheidsonderzoek en perspectief voor slimmere constructies in hoofdstuk 6 leveren een aantal onderzoeksvragen en aanbevelingen op. Deze worden nader uitgewerkt in 2012.