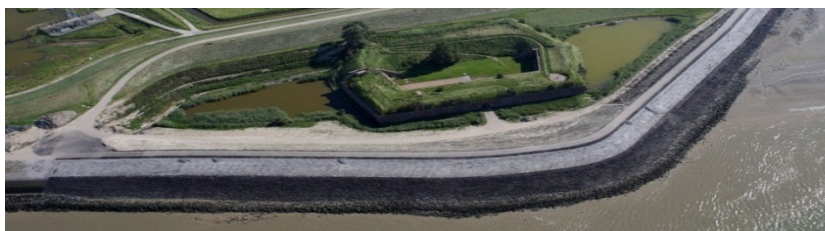


Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta

Kansen voor toepassing en meerwaarde ten opzichte van traditionele dijken in het kader van Beleidsondersteuning voor het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta.

M. Tangelder¹, A. Groot², C. van Sluis¹, J. van Loon-Steensma³, G. van Meurs⁴, H. Schelfhout⁴, T. Ysebaert¹, J. Luttik², G. Ellen⁴ en N. Eernink⁴

Rapportnummer C029/13



¹IMARES, ²Alterra, ³Wageningen Universiteit, Earth System Sciences Group, ⁴Deltares.

IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Oprichtgever: Ministerie van Economische Zaken
Postbus 20401
2500 EK DENHAAG

BO-11-015-021

Publicatiedatum: 26 februari 2013

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

P.O. Box 68

1970 AB IJmuiden

Phone: +31 (0)317 480900

Fax: +31 (0)317 48 73 26

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 77

4400 AB Yerseke

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 59

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 57

1780 AB Den Helder

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)223 63 06 87

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

P.O. Box 167

1790 AD Den Burg Texel

Phone: +31 (0)317 48 09 00

Fax: +31 (0)317 48 73 62

E-Mail: imares@wur.nl

www.imares.wur.nl

© 2011 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doel	8
1.3 Afbakening	9
1.4 Werkwijze.....	9
1.5 Leeswijzer	10
2 Gebiedsbeschrijving en maatschappelijke opgaven.....	11
2.1 Zuidwestelijke Delta en haar bekkens	11
2.2 Waterveiligheidsopgaven	14
2.3 Economische opgaven	16
2.4 Ecologische opgaven	18
3 Waterkeringen.....	20
3.1 Traditionele dijken	20
3.2 Innovatieve dijkconcepten.....	20
4 Meerwaardebepaling van innovatieve dijkconcepten	28
4.1 Enquête: bepalen relevante afwegingscriteria Zuidwestelijke Delta.....	28
4.2 Meerwaarde van innovatieve dijkconcepten en ecosysteemdiensten	32
4.3 Vergelijken van dijkconcepten: een kwalitatieve analyse.....	33
4.4 Van kwalitatief naar kwantitatief vergelijken	36
5 Kansen voor innovatieve dijkconcepten	39
5.1 Selectie per bekken op basis van fysische randvoorwaarden.....	39
5.2 Kansen voor innovatieve dijkconcepten volgens belanghebbenden	45
5.2.1 Kansen per dijkconcept.....	45
5.2.2 Bevindingen per bekken.....	46
5.2.3 Algemene boodschap van de belanghebbenden	49
6 Conclusie en aanbevelingen.....	50
6.1 Mogelijkheden en kansen voor innovatieve dijkconcepten	50
6.1.1 Mogelijkheden vanuit fysische randvoorwaarden.....	50
6.1.2 Kansen volgens belanghebbenden	51
6.2 Meerwaardebepaling van innovatieve dijkconcepten	51
6.2.1 Relevante afwegingscriteria	52
6.2.2 Bepaling van meerwaarde van innovatieve dijkconcepten met afwegingscriteria	52
6.3 Aanbevelingen.....	53
6.3.1 Vervolg verkennen toepassingsmogelijkheden innovatieve dijkconcepten.....	53
6.3.2 Waardering van innovatieve dijkconcepten	54
7 Dankwoord	55

8	Referenties	56
9	Kwaliteitsborging en Verantwoording	59
Bijlage A. Beschrijving voor waterveiligheid, economie en ecologie in de Zuidwestelijke Delta.....		
	9.1 Risico waterveiligheid	60
	9.2 Economie	60
	9.3 Ecologie	61
Bijlage B. Long list van dijkconcepten		
		63
Bijlage C. Beschrijving afwegingscriteria innovatieve dijkconcepten		
		68
Bijlage D. Aanwezigen workshop 5 december 2012		
		71
Bijlage E. Samenvatting van de stakeholder workshop.....		
	Bevindingen per dijkconcept.....	73
	Bevindingen Zuidelijke bekkens	74
	Bevindingen Noordelijke bekkens	75

Samenvatting

In het kader van Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (DP ZWD) heeft het ministerie van Economische Zaken aan IMARES, Alterra, Wageningen Universiteit (Earth System Science Group) en Deltares gevraagd onderzoek uit te voeren naar "innovatieve dijkconcepten" en het bepalen van meerwaarde en kansen voor toepassing van deze concepten in de Zuidwestelijke Delta.

Aanleiding en doel

Innovatieve dijkconcepten worden door het DP ZWD gezien als mogelijke maatregelen voor het optimaliseren van de huidige veiligheidsstrategie. De vraag die op tafel ligt is wat de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten is en hoe men deze kan bepalen. Daarnaast heeft het DP ZWD behoefte aan informatie en kennis of deze nieuwe typen dijken ook voor de lange termijn een integrale, kansrijke strategie vormen in de verschillende bekkens van de Zuidwestelijke Delta. In het kader van beleidsondersteuning 2012 DP ZWD (BO-11-015-021) voor het ministerie van Economische Zaken heeft deze studie daarom twee doelen:

1. het ontwikkelen en toepassen van een kwalitatieve vergelijkingsmethodiek om de mogelijke meerwaarde van innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta ten opzichte van een traditionele dijk te bepalen.
2. het verkennen van kansen voor toepassing van de verschillende dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta.

Deze studie bouwt verder op eerdere verkenningen en opgedane kennis in het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta, maar sluit ook aan bij ervaringen in het IJsselmeer gebied en Noordzee kustzone.

Werkwijze

Belanghebbenden zijn bevraagd middels een workshop naar de kansen voor innovatieve dijkconcepten in de verschillende bekkens van de Zuidwestelijke Delta. Daarnaast is ook een enquête uitgevoerd onder deze belanghebbenden om relevante criteria te definiëren voor het vergelijken van innovatieve dijkconcepten gebaseerd op de Vergelijkingsystematiek van het Deltaprogramma. Deze criteria dienden aangevuld met expert kennis en gedefinieerde baten vanuit "ecosysteem diensten" als basis voor de kwalitatieve meerwaardebepaling.

Innovatieve dijkconcepten

Innovatieve dijkconcepten worden in deze studie gedefinieerd als nieuwe typen waterkeringen of aanpassingen van bestaande waterkeringen die veiligheid bieden tegen overstromingen, of een bijdrage leveren aan de waterveiligheid, en tegelijkertijd ook mogelijkheden bieden voor multifunctioneel (mede)gebruik zoals voor recreatie en toerisme, natuur, visserij en aquacultuur, danwel de kwaliteit van het landschap verbeteren of een woonplek bieden. Onderzoek naar innovaties aan dijktafuds en/of de bekleding van een dijk behoort niet tot deze studie.

Op basis van eerdere inventarisaties en studies is een "long list" van innovatieve dijkconcepten opgesteld die een overzicht geeft van de verschillende concepten. Op basis hiervan is een selectie gemaakt uit deze long list van zeven representatieve innovatieve dijkconcepten die ieder verschillen in aard, werking en ruimtelijke inpassing: suppleties (zandige oplossingen), gebruik van ontwikkeling van planten en dieren zoals schorvegetatie of oesterriffen om voorlanden te stabiliseren en golven te dempen (zogenaamde biobouwers), over-gedimensioneerde dijken (robuuste keringen, ook wel Klimaatdijk of Deltadijk genoemd), een zandpakket tegen of op de dijk (hybride keringen), innovatieve technische versterking met bijvoorbeeld inside technieken of een waterdoorlatend scherm (technische oplossingen), dubbele of driedubbele parallelle dijken (dubbel/triple dijken) en het creëren van een nieuw intergetijdengebied door binnendijks gebied uit te dijken om een graduele verhoging te bewerkstelligen (sedimentatiegebieden). Deze concepten kunnen ruimtelijk gezoneerd worden in een vooroever, een dijkzone en eventuele binnendijkse toepassingen zoals weergegeven in onderstaande figuur. Binnendijkse innovatieve dijkconcepten waarbij (gecontroleerd) getij wordt toegestaan wordt als aparte categorie gezien vanwege de grote impact die het heeft op het binnendijkse gebied.



Meerwaarde

De meerwaarde bepaling is gericht op het analyseren van de kosten en baten van innovatieve dijkconcepten in vergelijking met traditionele dijken. Allereerst zijn de belangrijkste afwegingscriteria bepaald om deze afweging te kunnen maken. Als basis heeft daarbij gefungeerd de lijst met criteria uit de Vergelijkingsystematiek van het Deltaprogramma. Vervolgens is een enquête ontwikkeld om deze criteria te identificeren. De enquête is voorgelegd aan belanghebbenden van overheden en non-gouvernementele organisaties. Experts hebben tenslotte de belangrijkste criteria verder aangescherpt. Bij de aanscherping is ook gebruik gemaakt van het concept ecosysteemdiensten en de "TEEB"-methode (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) om de criteria te definiëren. Uiteindelijk zijn 21 criteria naar voren gekomen op basis waarvan de selectie van zeven innovatieve dijkconcepten kwalitatief zijn beoordeeld. Onderstaand wordt een beschrijving gegeven.

Meerwaarde van innovatieve dijkconcepten vertaalt zich voornamelijk in mogelijkheden voor multifunctioneel gebruik (voornamelijk recreatie, zoute landbouw en aquacultuur) en andere maatschappelijke baten zoals een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit en ecologische baten door ontwikkeling of behoud van waardevolle natuur. Daarnaast dragen ze bij aan de veiligheid van de dijk(zone) door bijvoorbeeld het verminderen van de golfaanval op de dijk en het beperken van de erosie van een vooroever / voorland. Ook zijn sommige innovatieve dijkconcepten makkelijker aan te passen dan traditionele dijken en vertegenwoordigen daardoor meer flexibiliteit. Naast deze meerwaarde komen ook de nadelen (kosten) duidelijk naar voren. Zo worden innovatieve dijkconcepten als duurder of veel duurder beschouwd dan traditionele dijken. Uit de positieve scores voor meekoppelkansen blijkt dat de kansen en uitdagingen liggen in het koppelen van innovatieve dijkconcepten aan verschillende belangen en functies (bijvoorbeeld recreatie, bedrijvigheid en wonen), maar vooral het vinden van kostendragers. Veel van deze aspecten winnen pas aan duidelijkheid als op een bepaalde plaats, gericht de uitwerking van een innovatief dijkconcept ter hand wordt genomen.

Kansen in de Zuidwestelijke Delta

Als belangrijk onderdeel van deze studie is een workshop gehouden op 5 december 2012. Deelnemers aan deze workshop zijn werkzaam bij voornamelijk overheden en belangenorganisaties en werkzaam in het gebied van de Zuidwestelijke Delta. Deze studie beschouwt een tweetal invalshoeken om de kansen voor innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta te beoordelen: vanuit de fysische randvoorwaarden in de verschillende bekkens (getij, zoutgehalte, sedimentlading) en vanuit kansen die worden gezien. Zo zijn deelnemers aan de workshop gevraagd welke kansen zij zien voor innovatieve dijkconcepten.

Mogelijke geschikte locaties worden bepaald door de fysische omstandigheden in de bekkens én zijn afhankelijk van het type dijkconcept. Zo wordt het Zuidelijk deel van de delta met de Oosterschelde en Westerschelde gekenmerkt door dynamische getijdebekken. Het Noordelijk deel met Haringvliet, Hollandsch Diep, Volkerak-Zoommeer en Grevelingen bestaat voornamelijk uit stilstaande open wateren met een beperkte waterbeweging.

Het merendeel van de selectie van de zeven innovatieve dijkconcepten zijn in principe in alle bekkens van de Zuidwestelijke Delta mogelijk, omdat ze niet afhankelijk zijn van bepaalde fysische systeemaspecten. Dit geldt voor concepten met gebruik van zandige oplossingen, robuuste keringen, hybride keringen, technische oplossingen en dubbel/triple dijken. Onder concepten die niet overal toepasbaar zijn, vallen de biobouwers. Deze zijn namelijk afhankelijk van een bepaald zoutgehalte (zoet of zout water) en al dan niet de aanwezigheid van een getij. Daarnaast werken sedimentatiegebieden alleen in zoute getijdewateren met voldoende getijslag en sedimentlading.

Tijdens de workshop is de deelnemers gevraagd welke innovatieve dijkconcepten volgens hen kansrijk zijn in welke bekkens en waarom. Wat opvalt, is dat geen enkel concept als "niet mogelijk" wordt gezien. Voornamelijk de buitendijkse concepten met het aanbrengen van zand (zoals suppleties) worden als kansrijk gezien. In de Oosterschelde kunnen suppleties eventueel in combinatie met biobouwers helpen om de erosie van intergetijdengebied ten gevolge van de zandhonger tegen te gaan. Toepassing van biobouwers moet wel nader worden onderzocht om de potentie van deze methode goed te kunnen beoordelen. Belanghebbenden benadrukken hierbij het belang van praktijkproeven en pilots. De Noordelijke bekkens zijn afgesloten bekkens waar op dit moment geen urgentie speelt voor de waterveiligheid. Behoud van voorlanden is in dit gebied wel van belang voor de dijkstabiliteit. Suppleties, al dan niet in combinatie met biobouwers (riet en wilgen), kunnen hier een bijdrage aan leveren. Mogelijke toekomstige ontwikkelingen zoals (gedempt) getij in het Haringvliet, de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer bieden weer nieuwe kansen voor bijvoorbeeld biobouwers. Robuuste dijken (ook wel Klimaatdijk of Deltadijk) bieden kansen op de lange termijn (50-100 jaar) om bij een stijgende zeespiegel en grotere afvoer van water via de rivieren aan de norm te blijven voldoen. Technische oplossingen zijn vooral interessant om een dijk sterker te maken op plaatsen waar sprake is van een ruimtetekort (bijvoorbeeld bij een dorps- of stadsfront). De binnendijkse concepten worden wel "mogelijk" geacht, maar leveren vaak maatschappelijke discussie op.

Conclusies en Aanbevelingen

De belangrijkste conclusies uit deze studie zijn dat kansen voor toepassing van innovatieve dijkconcepten op korte termijn vooral liggen op locaties waar een maatschappelijke of beleidsmatige wens of ambitie bestaat en waar fysische omstandigheden geschikt zijn. Bijvoorbeeld de wens voor economische ontplooiing of voor natuurontwikkeling rondom een dijkzone, biedt kansen voor het verder uitwerken en realiseren van de aanleg van innovatieve dijkconcepten. Voor een vervolg wordt daarom aanbevolen om een lokale, gebiedsgerichte en "bottom-up" uitwerking als pilot aan te pakken. Verder is in deze studie een kwalitatieve analyse uitgevoerd betreffende innovatieve dijkconcepten op basis van een meerwaardebeoordeling. Het zichtbaar maken van de meerwaarde van de toepassing van innovatieve dijkconcepten is van belang om in een vroeg stadium potentiële kostendragers te identificeren en te betrekken in het proces, maar ook ten behoeve van het ontwikkelen van een lange termijn perspectief. Een goede vervolgstap zal dan zijn het opstellen van een kwantitatieve vergelijking door middel van een maatschappelijke kostenbaten analyse of multicriteria analyse. Het identificeren, kwantificeren en valoriseren van ecosysteemdiensten kan hierbij helpen. Tevens moet via demonstratieprojecten en pilots de meerwaarde van de verschillende concepten, zowel wat betreft bijdrage aan veiligheid als aan medegebruik, verder onderzocht en aangetoond worden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Klimaatverandering en de daarmee samenhangende zeespiegelstijging, extremere stormen, hogere piekafvoeren van de rivieren, maar ook periodes van grotere droogte hebben gevolgen voor het gebruik en de inrichting van de Zuidwestelijke Delta. De bescherming tegen overstromingen en de huidige voorraadfunctie voor zoet water zal daaraan aangepast moeten worden. Wat precies de gevolgen van klimaatverandering zijn voor waterveiligheid en de beschikbaarheid van zoet water en welke strategieën mogelijk en kansrijk zijn om deze gevolgen op te vangen is het onderwerp van een lange termijn verkenning die wordt uitgevoerd door het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013).

Het afgelopen jaar heeft het Deltaprogramma vooral accent gelegd op het onderzoeken van *mogelijke* strategieën om de gevolgen van de verwachte en mogelijke klimaatverandering op waterveiligheid en zoetwater op te vangen (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta, 2012). Hierbij is vooral gekeken naar het optimaliseren van huidige waterveiligheid strategieën. Eind 2012 is een begin gemaakt met een volgende fase waarin mogelijke strategieën worden uitgewerkt in *kansrijke* strategieën. In deze uitwerking vormt het uiteindelijke streven naar een ecologisch veerkrachtige, economisch vitale en klimaatbestendig veilige delta een belangrijke ambitie.

'Innovatieve dijkconcepten' worden door het Deltaprogramma gezien als mogelijke maatregelen voor het optimaliseren van de huidige strategie (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013). Afgelopen jaar is een verkenning uitgevoerd naar nieuwe typen dijken in de Zuidwestelijke Delta en kansen voor de Oosterschelde (Tangelder en Ysebaert 2012). De uitdaging die nu op tafel ligt is om voor de lange termijn te bekijken of 'innovatieve dijken' ook een integrale, kansrijke strategie vormen voor zo'n ecologisch veerkrachtige, economisch vitale en klimaatbestendige veilig delta. Daarnaast zijn innovatieve dijkconcepten ook interessant door hun multifunctionele karakter en maatschappelijke meerwaarde ten opzichte van traditionele dijken. Ter ondersteuning van deze verkenning heeft het Deltaprogramma behoefte aan specifieke informatie zoals over de toepasbaarheid van innovatieve dijkconcepten in de verschillende bekkens in de Zuidwestelijke Delta en de voor- en nadelen van de concepten ten opzichte van traditionele kustverdediging. Tevens is het Deltaprogramma geïnteresseerd in een methode om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten t.o.v. traditionele dijken te kunnen bepalen. Het eind 2012 gestarte project *Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta* sluit goed aan bij deze behoeften.

1.2 Doel

Het project *Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta* heeft als doel de kansen te verkennen voor het toepassen van innovatieve dijkconcepten in de Delta. Daarnaast heeft het project als doel een methodiek te ontwikkelen om verschillende innovatieve dijkconcepten zowel onderling als met traditionele dijken te kunnen vergelijken. Hierbij worden 'innovatieve dijkconcepten' gezien als nieuwe typen waterkeringen of aanpassingen aan waterkeringen die veiligheid bieden tegen overstromingen of bijdragen hieraan maar ook mogelijkheden kunnen bieden voor multifunctioneel gebruik zoals recreatie, toerisme, natuur, visserij, aquacultuur, landschap en wonen. Het verbeteren of waarborgen van de veiligheid is een belangrijke randvoorwaarde waar een innovatief dijkconcept aan dient te voldoen.

In het project zijn vier vragen centraal gesteld:

- Welke innovatieve dijkconcepten zijn mogelijk in de bekkens van de Zuidwestelijke Delta?
- Welke innovatieve dijkconcepten zijn volgens belanghebbenden kansrijk in de Zuidwestelijke Delta?
- Wat zijn relevante criteria voor de ontwikkeling van een methodiek om de kwalitatieve meerwaarde van innovatieve dijkconcepten te bepalen?
- Wat is de kwalitatieve meerwaarde van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van een traditionele dijk?

1.3 Afbakening

Het project *Innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta* betreft een korte verkenning die in drie maanden is uitgevoerd. Het project heeft dan ook een schetsend karakter. Kansen voor innovatieve dijkconcepten worden aangegeven op bekkenniveau voor het noordelijke deel met de bekkens Haringvliet/Hollandsch Diep, Volkerak-Zoommeer en Grevelingen en het zuidelijke deel met de Oosterschelde en Westerschelde als bekkens. Hiermee vormen de resultaten van het project een belangrijke opstap voor vervolgstappen op lokaal niveau om de kansen voor innovatieve dijkconcepten gezamenlijk met relevante belanghebbenden nader uit te werken.

1.4 Werkwijze

Om de kernvragen te verkennen zijn binnen het project een vijftal stappen gevolgd

- 1) *Long list van innovatieve dijkconcepten*: Een long list van innovatieve dijkconcepten die kansrijk zouden kunnen zijn voor de bekkens in de Zuidwestelijke delta is ontwikkeld. Hierbij is niet het uitgangspunt geweest om een volledige lijst te verkrijgen, maar wel om een breed beeld te krijgen van concepten die mogelijk kansrijk zijn voor toepassing in de Zuidwestelijke Delta.
- 2) *Ontwikkelen en uitzetten van de enquête 'vergelijkssystematiek innovatieve dijken'*. Het doel van deze enquête is dat belanghebbenden aangeven welke criteria en indicatoren zij belangrijk vinden om de voor- en nadelen van de verschillende innovatieve dijkconcepten ten opzichte van het nul-alternatief (een traditionele versterking) te bepalen. Als uitgangspunt voor de te ontwikkelen afwegingsystematiek is gekozen om zoveel mogelijk aan te sluiten bij de systematiek die binnen het nationale Deltaprogramma is ontwikkeld voor het vergelijken van de diverse strategieën voor kustverdediging (Staf Deltacommissaris 2012).
- 3) *Belanghebbenden workshop*: Een workshop met belanghebbenden is georganiseerd met als doel om per bekken tot een lijst van kansrijke innovatieve dijkconcepten te komen en deze kansen weer te geven op kaarten. Voor de betrokkenen is een dijkconcept kansrijk gezien de afwezigheid van specifieke fysische randvoorwaarden, maar ook omdat het concept interessant is voor het gebied door bepaalde lokale omstandigheden of ontwikkelingen en vanwege de bijdrage aan een of meerdere maatschappelijke functies. Tevens zijn de afwegingscriteria die naar voren gekomen uit de enquête besproken.
- 4) *Bepalen mogelijkheden per bekken door expert judgement*: Niet alle concepten zijn mogelijk in ieder bekken, dit is afhankelijk van de systeemeigenschappen in ieder bekken, die verschillen per bekken en de randvoorwaarden (getij, zoutgehalte, sedimentlading) die voor sommige innovatieve dijkconcepten nodig zijn om te kunnen werken. Ook is aangegeven welke dijkconcepten met name interessant zijn voor welk bekken.
- 5) *Vergelijking innovatieve dijkconcepten*: Op basis van de criteria die belanghebbenden hebben aangegeven belangrijk te vinden voor het vergelijken van innovatieve dijkconcepten, heeft een team van experts een vergelijking gemaakt van deze innovatieve dijkconcepten ten opzichte van een traditioneel dijkconcept. Ook zijn enkele criteria op basis van expert judgement toegevoegd.

Verder is gebruik gemaakt van de ervaringen met het verkennen van kansen voor innovatieve dijken in vergelijkbare projecten zoals de pilot Innovatieve dijken Lauwersoog (van Loon-Steensma & Schelhout, 2012) en 'Ecodynamische visie IJsselmeer in 2100' (Groot, Lenselink et al. 2012) (zie Tekstbox).

Tekstbox: Pilot Innovatieve dijken Lauwersoog uit Van Loon-Steensma & Schelhout (2012)

In een pilotstudie voor het Deltaprogramma Waddengebied is ervaring opgedaan met het bepalen van de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van traditionele dijken. Uit de studie blijkt dat een aantal innovatieve concepten beter aansluiten bij de plannen voor Lauwersoog dan traditionele dijken. Naar voren kwam dat het belangrijk is dat afwegingscriteria locatie specifiek zijn en afgestemd zijn op zowel de kenmerken en fysische randvoorwaarden als de opgaven, plannen en wensen voor het gebied. Ook heeft de ervaring geleerd dat het belangrijk is dat zowel belanghebbenden als experts worden betrokken in het proces van afweging. Op basis van de ervaringen in de pilotstudie is als aanbeveling de werkwijze voor het bepalen van meerwaarde van innovatieve dijken geschematiseerd. Het Deltaprogramma Waddengebied wil de ervaringen gebruiken in brede gebiedsbijeenkomsten, waarin samen met lokale belanghebbenden wordt gezocht naar geschikte waterveiligheidsstrategieën in het Waddengebied die zich naast waterveiligheid ook richten op doelstellingen voor natuur en voor de ruimtelijke kwaliteit.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving van het gebied gegeven met nadruk op de fysieke eigenschappen. Ook worden in dit hoofdstuk de maatschappelijke opgaven voor waterveiligheid, ecologie en economie beschreven. In hoofdstuk 3 wordt ingezoomd op de traditionele dijken en een beschrijving gegeven van innovatieve dijkconcepten. Hoofdstuk 4 beschrijft de ontwikkeling van de systematiek om de voor- en nadelen van de verschillende innovatieve dijkconcepten ten opzichte van het nul-alternatief (een traditionele versterking) te kunnen bepalen. Ook worden de uitkomsten van de enquête in dit hoofdstuk behandeld. Hoofdstuk 5 geeft de resultaten van een analyse naar fysische mogelijkheden van innovatieve dijkconcepten in de bekkens en gaat in op de resultaten van de workshop en bediscussieert de mogelijkheden en kansen voor innovatieve dijkconcepten volgens belanghebbenden en experts.

2 Gebiedsbeschrijving en maatschappelijke opgaven

Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van het studiegebied de Zuidwestelijke Delta en bespreekt kort de maatschappelijke opgaven op het vlak van waterveiligheid, economie en ecologie. Een uitgebreide beschrijving voor waterveiligheid, economie en ecologie in de Zuidwestelijke Delta is te vinden in Bijlage A.

2.1 Zuidwestelijke Delta en haar bekken

De Zuidwestelijke Delta (Figuur 1) vormt het studiegebied van het project 'Innovatieve Dijkconcepten'. Dit gebied wordt gevormd door de deltawateren, verschillende (schier)eilanden en de kusten van Zuidwest Nederland. Bestuurlijk gezien beslaat het gebied de hele provincie Zeeland, het westelijk deel van de provincie Noord-Brabant en de Zuid-Hollandse eilanden. De verkenning van kansen voor Innovatieve dijkconcepten is met name gericht op de bekken van de Zuidwestelijke Delta met uitzondering van de Nieuwe Waterweg. Verder is ook geen uitgebreide aandacht geschonken aan het Veerse Meer en het Markiezaatsmeer, maar deze worden wel kort besproken. Hieronder volgen korte systeembeschrijvingen van de bekken.



Figuur 1: de bekken van de Zuidwestelijke Delta en Deltawerken: 1. Grevelingendam, 2. Volkerakdam, 3. Haringvlietsluizen, 4. Brouwersdam, 5. Oesterdam, 6. Markiezaatkade, 7. Zandkreekdam, 8. Philipsdam, 9. Bathse Spuisluis, 10. Oosterscheldekering, 11. Veerse Gatdam.

Bekken in het noordelijk deel: Haringvliet/Hollandsch Diep, Grevelingen en Volkerak-Zoommeer
Het noordelijke deel van de Zuidwestelijke Delta wordt gekenmerkt door stilstaande, open wateren die behoren tot het "passieve deel" van de delta. De bekken in dit noordelijk deel zijn weinig dynamisch omdat ze grotendeels omsloten zijn door dammen. Doordat de bekken zijn afgesneden van de zee is er geen marien sedimenttransport en ontvangt alleen het Haringvliet en Hollandsch Diep nog een beperkt sedimentaanbod vanuit de rivieren (Mulder, Taal et al. 2012). Dit is minder dan voor de afsluiting omdat na de afdamming van het Haringvliet het merendeel van het rivierwater bij normale afvoer via de Nieuwe Waterweg naar zee stroomt. Bij afwezigheid van getij vindt sedimenttransport hoofdzakelijk plaats door golven.

Na de aanleg van de Haringvlietdam hebben het **Haringvliet en Hollandsch Diep** zich ontwikkeld tot stilstaande zoete wateren. De oeverzones zijn drooggevallen en op meerdere plaatsen versterkt met stort- en zetsteen (Rijkswaterstaat 2011). Er is nog een beperkt getij aanwezig van 20 cm via de verbinding met de Nieuwe Waterweg via het Spui en de Dordtse Kil. De inwerkingstelling van het geplande Kierbesluit in 2014 ten behoeve van vismigratie zal zorgen voor een geringe zoutinvloed bij de monding (Hop en Vriese 2011). Op de bodem van voornamelijk het Hollandsch Diep is een met zware metalen vervuilde sliblaag aanwezig die een erfenis is van de vervuiling vanuit de rivieren in de jaren '70. Deze sliblaag is inmiddels afgedekt door een schonere sliblaag uit de latere jaren (Mulder, Cleveringa et al. 2010).

Het Deltaprogramma onderzoekt de mogelijkheid om de Haringvlietsluizen te beheren als stormvloedkering en kijkt naar mogelijkheden om het estuariën karakter (zoet-zout overgang en beperkt getij) van het Haringvliet en Hollandsch Diep deels te herstellen.

Het **Grevelingenmeer** is het grootste zoutwater meer in Europa en vormt een uniek ecologisch systeem. Na afsluiting door de Brouwersdam is het getij weggevallen. Het meer bleef echter wel zout door de aanleg van een verbinding met de Noordzee in 1978 waardoor geringe uitwisseling van water met de Noordzee mogelijk is. De aanwezige eilanden raakten snel begroeid en oeververdedigingen met stortstenen werden aangebracht om erosie door golven te beperken. Enkele jaren geleden is vastgesteld dat het meer te maken heeft met zuurstofloosheid van de bodem. Dit probleem speelt met name in de zomer en wordt veroorzaakt doordat de onderste koude waterlaag niet goed mengt met de bovenste waterlaag en organisch materiaal dat hier neerdaalt gaat rotten. Dit zorgt voor een tekort aan zuurstof wat leidt tot sterfte van bodemleven (Lengkeek, Bouma et al. 2007).

Om dit probleem het hoofd te kunnen bieden onderzoekt het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta of het mogelijk is om een beperkt getij (0.3-0.5m getijslag) in te voeren via een doorlaat in de Brouwersdam. Tevens wordt er gekeken of het Grevelingenmeer kan worden aangewezen als waterbergingsgebied. Men onderzoekt of er met waterberging op de Grevelingen maatregelen ter versterking van de waterveiligheid langs het Haringvliet en Hollandsch Diep en in Rijnmond-Drechtsteden voor lange termijn waterveiligheid uit te stellen zijn of in omvang te verminderen.

Het **Volkerak-Zoommeer** is na de aanleg van de Deltawerken door aanvoer van zoetwater vanuit Brabantse rivieren, afwatering vanuit Flakkee en inlaat van Hollands Diep water, relatief snel verzoet. De eilanden en oevers raakten snel begroeid met zoet minnende vegetatie en er zijn oeververdedigingen aangebracht om erosie te beperken. Door het stagnante water, beperkte verversing en aanvoer van nutriëntenrijk rivier- en landbouwwater, heeft het meer sinds 1994 in de zomer te kampen met algenbloei van toxische blauwalgen (*Microcystis*) (Verspagen, Passarge et al. 2006). Dit heeft ernstige gevolgen voor de fauna in en om het meer, maar vormt ook een probleem voor recreanten en omwonenden.

Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta onderzoekt of het toelaten van zout water een oplossing is voor de hierboven beschreven problemen. Tevens is het meer aangewezen als waterbergingsgebied. Deze berging zal incidenteel nodig zijn; 1/1400 jaar tot 2050 en 1/230 jaar in de opvolgende jaren; (Rijkswaterstaat 2009), dit zorgt ervoor dat dijkverzwaringen langs het Haringvliet en Hollandsch Diep en in Rijnmond-Drechtsteden uitgesteld kunnen worden of in omvang verminderen.

Het **Markiezaat** bij Bergen op Zoom vormt de overgang tussen het Zeeuwse getijdlandschap en de Brabantse zandgrond. Na de aanleg van de Markiezaatkade (1980-1983) viel een groot deel van de zuidelijke schorren permanent droog en ontstond een brak, stagnant meer.

Bekkens in het zuidelijk deel: Oosterschelde en Westerschelde

Het zuidelijk deel wordt gekenmerkt door dynamische getijde bekkens met de Westerschelde als enige natuurlijke estuarium met een open verbinding naar zee en de Oosterschelde als zoute baai die onder invloed staat van het getij via de stormvloedkering.

De **Oosterschelde** is een relatief helder getijdewater met een getijslag die varieert van 2,5 meter bij de monding tot 4 meter in het oosten. Door de bouw van compartimenteringsdammen ontvangt het bekken nog een zeer beperkte aanvoer van zoet water ($25\text{m}^3/\text{s}$) via sluizen en afwatering (Nienhuis en Smaal 1994). Het vormt een belangrijk gebied voor de schelpdiervisserij (mosselen, oesters) en herbergt tevens waardevolle natuurwaarden. Als gevolg van de bouw van de stormvloedkering namen het getij volume, de getij slag en de stroomsnelheden af. Door deze afname, zijn de geulen te groot geworden voor de kleinere hoeveelheid water die er doorstroomt, waardoor het sediment van de slikken en platen erodeert en in de geulen belandt, dit proces heet "zandhonger". De voorspelling is dat hierdoor in 2045 circa 50% van de slikken en platen zullen zijn verdwenen (Van Zanten en Adriaanse 2008). Het interne zandtekort van de geulen wordt geschat op 400 – 600 miljoen m^3 en zal bij een zeespiegelstijging van $2\text{mm}/\text{jaar}$ nog eens met $0,75\text{Mm}^3/\text{jaar}$ toenemen wat het effect van de zandhonger versterkt (Mulder, Taal et al. 2012). Op dit moment wordt een MIRT Verkenning Zandhonger uitgevoerd om oplossingsrichtingen te verkennen. Het sedimentaanbod in de Oosterschelde is zeer beperkt. Door de Oosterscheldekering komt vrijwel geen sediment naar binnen (Mulder, Taal et al. 2012) waardoor er een zeer beperkt aanbod bestaat voor opslibbing van voorlanden en schorren. Hoe groot dit aanbod precies is, is onduidelijk. Deze ontwikkeling in samenspel met de erosie als gevolg van de zandhonger leidt ertoe dat deze gebieden de zeespiegelstijging niet kunnen bijhouden.

Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta voorziet in onderzoek naar de mogelijkheden om de plaaterosie in de Oosterschelde tegen te gaan (MIRT Verkenning Zandhonger). Er zijn inmiddels verschillende experimenten met suppleties en versterking van plaatranden in uitvoering (suppletie Galgeplaat en Schelphoek, pilot Oesterriffen en suppletie Oesterdam (in voorbereiding)).

Het **Veerse Meer** was het eerste bekken dat is afgedamd door de Zandkreekdam in het oosten (1960) en de Veerse Gatdam in het westen (1961). Het meer ontwikkelde zich tot een brakwater meer. Door het stilstaande water en overslag van voedselrijk polderwater ontstonden problemen met een overmatige groei aan Zeesla en een teruggang van de waterkwaliteit (Nolte 2002). Om deze problemen het hoofd te kunnen bieden werd in 2004 de "Katse Heule" in de Zandkreekdam geopend. Deze doorlaat zorgde ervoor dat er meer doorstroming en ca. 20 cm getij ontstond en de waterkwaliteit verbeterde.

De **Westerschelde** vormt een zeer dynamisch systeem met een getijslag van circa 3,5-4m bij de monding . De Westerschelde wordt gevoed door de rivier de Schelde en vormt het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium. De Westerschelde is samen met de Eems-Dollard het enige deltatwater van Nederland waar sprake is van een open verbinding en een natuurlijke overgang van rivier naar zee. Het estuarium wordt dan ook gekenmerkt door een geleidelijke zout-brak-zoet overgang. De Westerschelde is tevens een meergeulensysteem dat gevormd wordt door een stelsel van vloed- en ebgeulen en kortsluitgeulen die een complex van droogvallende zandbanken, slikken en schorren doorsnijden. Dit estuarium is qua aard en omvang uniek voor Europa. De Westerschelde is van groot belang voor de scheepvaart o.a. naar de haven van Antwerpen en wordt sinds tientallen jaren op diepte gehouden om toegang voor zeeschepen te kunnen garanderen. Door het intensieve bagger en stortbeleid zijn veranderingen in het morfologisch systeem opgetreden waarbij zand uit de geulen op de platen en slikken beland en het doorstroomoppervlak toeneemt (Mulder, Taal et al. 2012). Het gevolg hiervan is dat platen en slikken steeds hoger komen te liggen en ook dat de getijgolf dieper in het estuarium doordringt. De Westerschelde heeft een hoge sedimentlading van het water (ca. 50mg.l^{-1} gemiddeld, maximaal enkele 100den g.l^{-1} , (Vroom, Van Gils et al. 2012). Sediment wordt vanuit het westen meegevoerd vanaf de Noordzee met het getij en komt vanuit het oosten binnen via de rivier de Schelde.

Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta verkent een optimalisatie van het bagger en stortbeleid voor de Westerschelde (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013 in voorbereiding).

2.2 Waterveiligheidsopgaven

Aparte strategieën worden gehanteerd voor de verschillende gebieden van de Zuidwestelijke Delta (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013) voor het waarborgen van de waterveiligheid.

Noordelijk deel

De huidige strategie voor het Noordelijke deel bestaat uit een combinatie van uitwerkingen; het op orde houden van de dijken, het handhaven van de verkorting van de kustlijn met dammen die de bekkens afsluiten van de Noordzee, de inzet van compartimeringsdammen en het faciliteren van waterberging op het Volkerak-Zoommeer en mogelijk in de toekomst ook op het Grevelingenmeer. Het Deltaprogramma onderzoekt een strategie voor bescherming tegen overstroming van de Rijn-Maas Delta (Deltabeslissing Rijn-Maas Delta). Wijziging in de verdeling van de Rijnafvoer over Lek, Waal en IJssel kan mogelijk de veiligheidsopgave in de Zuidwestelijke Delta beïnvloeden. Ook speelt het onderzoek voor het verbeteren van de sedimenthuishouding rondom het Haringvliet/Hollandsch Diep door een ander beheerregime van de Haringvlietkering als stormvloedkering. Ook speelt de discussie rond de wijziging van de stormopzet duur 29 uur naar 35 uur, waarbij de Haringvlietsluizen en Maeslantkering in tijden van stormvloed langer gesloten moeten kunnen blijven en meer rivierwater opzet zal optreden. Het gevolg hiervan is dat dijken en keringen getoetst gaan worden op zwaardere omstandigheden en dus eerder afgekeurd kunnen worden

Zuidelijk deel

Voor het zuidelijke deel bestaat de huidige strategie voor de Oosterschelde uit verkorting van de kustlijn door de stormvloedkering, die sluit bij een waterstand hoger dan NAP+3 m, en bescherming van het gebied door dijken. De huidige strategie voor de Westerschelde bestaat uit het ophogen en versterken van de dijken. De volgende ontwikkelingen zijn voorzien om de huidige strategie te optimaliseren. Voor zowel de Ooster- als Westerschelde wordt de ontwikkeling van innovatieve dijkconcepten gezien als kansrijk (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013). Voor de Oosterschelde speelt dan nog het vertragen van de erosie van de intergetijdengebieden (zandhonger).

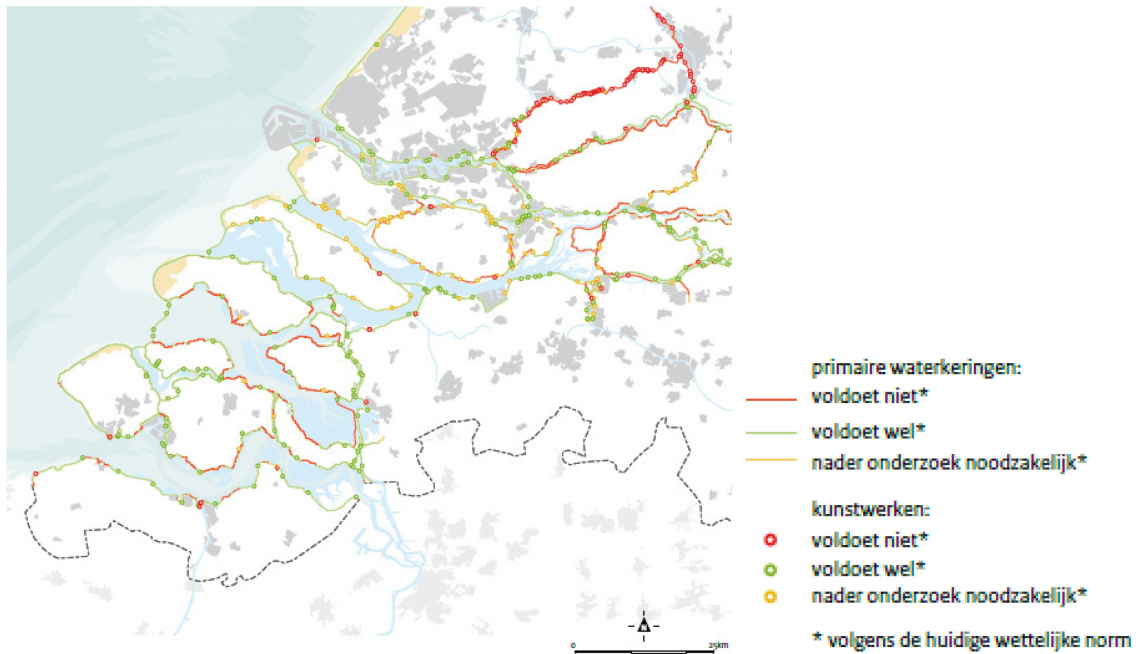
Noordzeekust

Bij de Noordzeekust wordt gedacht aan het optimaliseren van de zandsuppleties van de vooroever. Bij het opstellen van uitwerkingen is het van belang te kijken naar potenties voor mee koppelen met een verbetering van de ecologie, een stimulans voor de economie en een verbetering van de kwaliteit van de ruimtelijke ordening.

Vanuit het perspectief van de waterveiligheid speelt een aantal opgaven. Bij de opgaven kan onderscheid gemaakt worden tussen de korte en de lange termijn.

Opgaven korte termijn

Uitkomsten van de toetsing conform het Hoogwaterbeschermingsprogramma (2006), de zogenaamde 'derde toetsronde' (Figuur 2). De uitkomsten van de derde toets ronde laten zien dat verschillende dijkvakken niet aan de huidige veiligheidsnormen voldoen. Wel wordt een deel van de dijkvakken rondom de Ooster- en Westerschelde al opgepakt in lopende versterkingsprojecten (www.zeeweringen.nl). Deze versterkingsronde loopt tot 2012 en betreft voornamelijk het vernieuwen van steenbekleding.



Figuur 2, resultaten van de derde toetsingsronde waterkeringen (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013).

Opgaven lange termijn

Opvangen van zeespiegelstijging en het accommoderen van een hogere rivierafvoer als gevolg van klimaatverandering. Een belangrijke ontwikkeling die speelt is het onderzoek van het Deltaprogramma dat kijkt in hoeverre de huidige veiligheidsnormen toereikend zijn (Deltabeslissingen Waterveiligheid en Ruimtelijke Adaptatie). Een keuze voor nieuwe veiligheidsnormen kan leiden tot een grotere veiligheidsopgave. Ook de keuze voor een nieuwe benadering 'meerlaagsveiligheid' kan grote invloed hebben op de veiligheidsopgave in de Delta. Meerlaagsveiligheid betreft een risicobenadering voor waterveiligheid (Bijlage A) waarbij onderscheid gemaakt wordt in de lagen "preventie", "duurzame ruimtelijke inrichting" en "rampenbeheersing" (bv. evacuatie). Alleen voor de preventieve laag bestaan er wettelijke normen. Voor de lagen inrichting en rampenbeheersing bestaan er geen wettelijke resultaatseisen, wel zijn er enkele procesmatige eisen gedefinieerd waarvan de uitkomst niet vastligt. Het Deltaprogramma onderzoekt hoe normering voor de tweede en derde laag kan worden vormgegeven

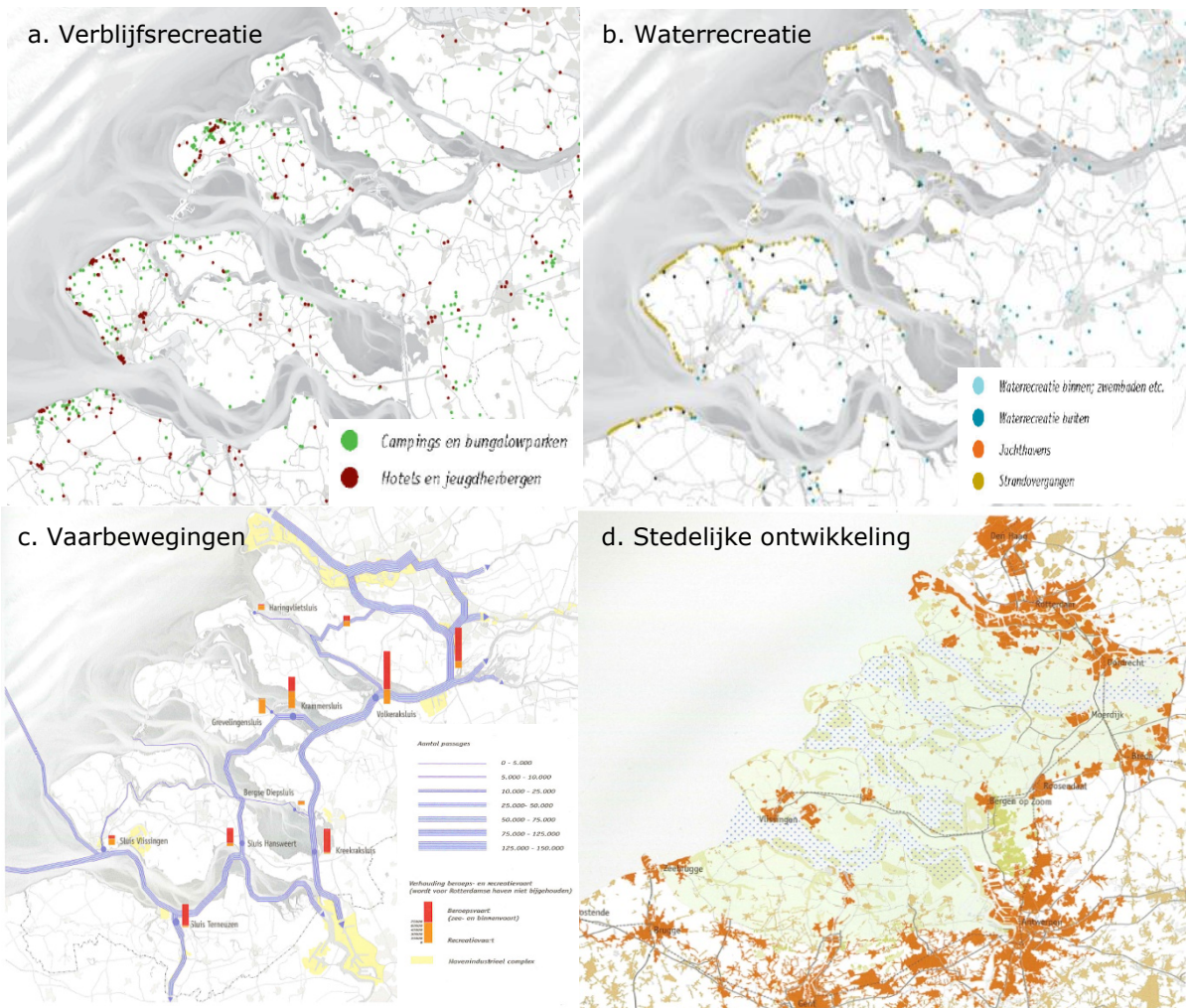
2.3 Economische opgaven

Naast de ecologische waarde vormt de Zuidwestelijke Delta ook economisch gezien een belangrijk gebied. De Zuidwestelijke Delta, inclusief aangrenzende gebieden vormt de Europese havenregio met Nederlandse havens als Rotterdam, Moerdijk, Terneuzen en Vlissingen en de Vlaamse havens Antwerpen, Gent en Zeebrugge. Via een intensief netwerk van infrastructuur zoals vaarwegen, pijpleidingen, spoorwegen en wegen zijn deze havens met elkaar verbonden. Een deel van de economische activiteiten die samenhangen met havens, vervoer en opslag zijn van belang voor de lokale economie, maar de economische waarde van de infrastructuur in de Zuidwestelijke delta reikt dus verder dan de economie in de Zuidwestelijke Delta zelf. Voor de Zuidwestelijke Delta zelf is de dag- en verblijfsrecreatie (inclusief watersport) een belangrijke economische drager. De accenten liggen daarbij met name op de koppen van de eilanden en op en rond de Grevelingen, de Oosterschelde en het Veerse Meer (Kenniscentrum Recreatie 2011). Figuur 3 geeft een indruk van de economische activiteiten en ontwikkelingen in de Zuidwestelijke Delta voor recreatie, scheepvaart en de "stedenband" van Nederland en België en het groenblauwe hart van de Delta.

Voor economie ontbreken concrete normen. Het Deltaprogramma onderzoekt met name de effecten van strategieën op de marktkansen van diverse water-gerelateerde sectoren. Voor elke sector worden voorbeelden van mogelijke aandachtspunten genoemd (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2013 in voorbereiding). De volgende aandachtspunten en kansen geïdentificeerd:

- Logistiek: maritieme toegang en binnenvaartverbindingen (diepgang, sluisen en bruggen).
- Industrie: beschikbaarheid koel- en proceswater.
- Energie: beschikbaarheid koelwater, scherpe zoet-zoutovergangen, groot getijverschil/verval.
- Landbouw & visserij (inclusief schaal/schelpdieren en aquacultuur): beschikbaarheid van zoetwater (landbouw) en juiste waterkwaliteit met voldoende voedingstoffen (visserij). Hoewel de perspectieven voor de traditionele vormen van landbouw (met name akkerbouw) somber zijn, liggen er kansen op het gebied van veeteelt, bloembollen, glastuinbouw, nicheproducten als meekrap, vlas en biodiesel, de biologische landbouw en in de dimensie die het landelijk gebied kan toevoegen aan sectoren als wonen en toerisme in Zeeland (Provincie Zeeland 2009). Daarnaast biedt aquacultuur op land de mogelijkheid landbouw te bedrijven in gebieden met een toenemende invloed van zout grondwater als gevolg van de stijging van de zeespiegel. Aquacultuur op land omvat de teelt van vissen, schelp- en schaaldieren, zaggers en zilte groenten, algen en wieren in binnendijks land, in getijddevlakten en getijde-wetlands. De combinatie van deze teelten kan resulteren in een efficiënt en ecologisch duurzaam systeem, waarin geen visvoer wordt gebruikt, omdat er een gesloten kringloop ontstaat (Verzandvoort, Smit et al. 2012)
- Recreatie: gebruiksmogelijkheden oevers, bereikbaarheid, toegankelijkheid natuurgebieden, "gezond" en aantrekkelijk water.
- Ruimte: impact op gebruiksmogelijkheden voor diverse sectoren en woonbebouwing. Het aantrekken van jonge gezinnen en actieve ouderen brengt een eigen economie met zich mee: de 'wooneconomie'. Met name de zorgsector, met 20% van de werkgelegenheid de grootste werkgever in de provincie Zeeland, kan hiervan profiteren. Het streven van de provincie Zeeland is om nieuwe bewoners aan te trekken door het creëren van voldoende, kwalitatief goede woningen voor jong en oud, waaronder woon-zorgcomplexen. Dit is een aantrekkelijke, gezonde woonomgeving, waar ook goede recreatieve mogelijkheden, toegankelijke natuurgebieden en aantrekkelijk water deel van uitmaken. De ontwikkeling van strand en binnen- en buitendijks

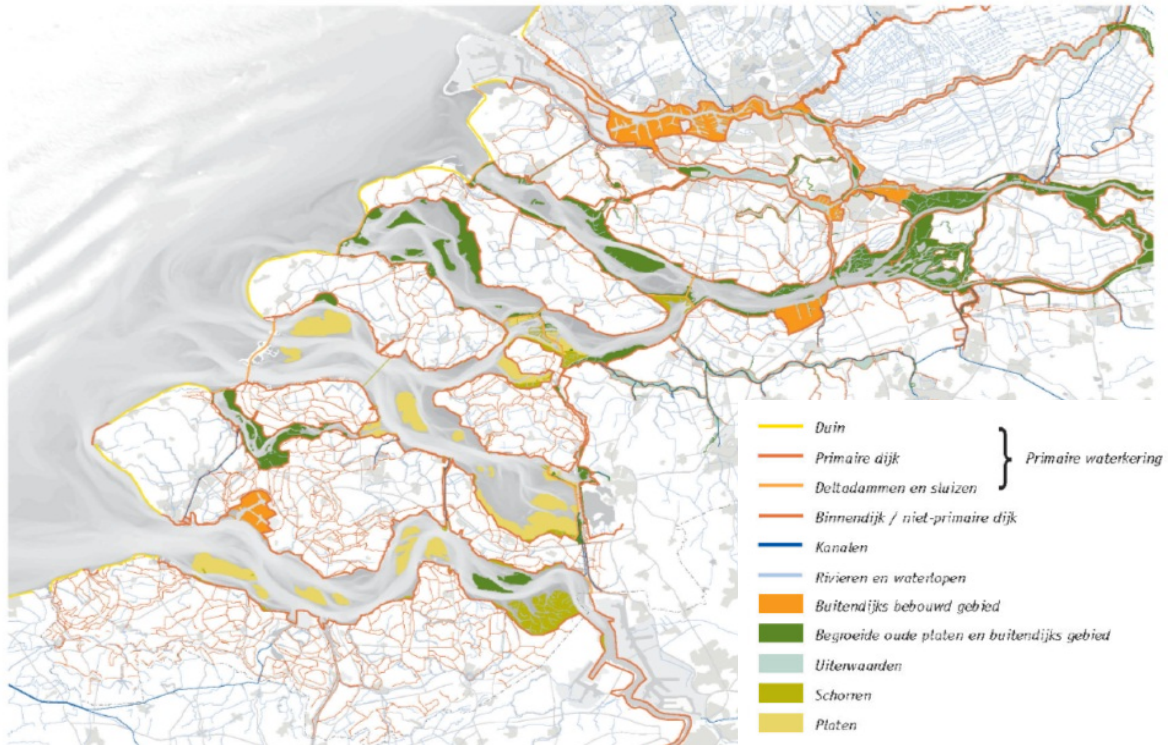
land om de veiligheid tegen overstromingen te vergroten biedt kansen voor het inpassen van wonen en recreatie in dijk- en duingebieden, zoals wonen op klimaatdijken (Verzandvoort, Smit et al. 2012).



Figuur 3, een indruk van de economische activiteiten en ontwikkeling in het gebied: a. verblifsrecreatie, b. waterrecreatie, c. vaarbewegingen, d. stedelijke ontwikkeling van de Vlaams-Nederlandse stedenring rondom het deltagebied (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2009).

2.4 Ecologische opgaven

De dynamische processen (zoals getij, stroming, erosie/sedimentatie) in de getijddebekken, maar ook een variatie aan stagnante systeemtypen in de Zuidwestelijke Delta zorgen voor een grote variatie in habitats (Figuur 4) en maken dit gebied ecologisch zeer waardevol zowel op nationaal als internationaal niveau.



Figuur 4, buitendijkse natuurtypen in de Zuidwestelijke Delta (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta 2009).

De ecologische opgaven zoals gedefinieerd door het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta van het Noordelijk deel zijn hoofdzakelijk gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit, natuurwaarden en (vis)migratiemogelijkheden en gedeeltelijk herstel van estuariene dynamiek (Zuidwestelijke Delta 2010). De opgaven worden op dit moment onderzocht en uitgewerkt. Voor het Haringvliet is inmiddels besloten dat in 2014 het Kierbesluit in werking zal worden gesteld.

Voor het Zuidelijk Deel zijn door het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta diverse ecologische opgaven gedefinieerd die onder andere zijn gericht op het aanpakken van de zandhonger in de Oosterschelde en het herstellen van de estuariene natuur in de Westerschelde (Zuidwestelijke Delta 2010) die over de laatste decennia is afgenomen. Specifiek staat voor de Oosterschelde benoemd dat verkend moet worden welke innovaties in dijkbekleding een ecologische meerwaarde kunnen opleveren.

De opgaven voor zowel het noordelijke als zuidelijke deel zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1, Ecologische doelstellingen en activiteiten om de "ecologische veerkracht" te vergroten per gebied gebaseerd op het Uitvoeringsprogramma van het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (2010) en de ambities voor 2010-2015.

Gebiedsprogramma	Doelstellingen en activiteiten
Haringvliet/Hollands Diep/Biesbosch	<ul style="list-style-type: none"> • mogelijkheden onderzoeken om migratie van vis tussen zee en rivier te verbeteren. • verbeteren van de (water)natuur via project Deltanatuur.
Volkerak, West-Brabant, Oostflakkee	<ul style="list-style-type: none"> • toelaten zout water en beperkt getij in Volkerak-Zoommeer.
Grevelingen en Brouwersdam	<ul style="list-style-type: none"> • besluiten over wel of niet verbinden van Grevelingen met Volkerak-Zoommeer. • besluit over voorkeursalternatief voor toelaten getij.
Oosterschelde en Veerse Meer	<ul style="list-style-type: none"> • besluit over voorkeursalternatief aanpak zandhonger. • actualiseren beheer- en inrichtingsplan Oosterschelde. • benutten innovaties dijkbekleding voor ecologie en gebruik. • uitvoeren peilbesluit Veerse Meer
Westerschelde	<ul style="list-style-type: none"> • herstellen estuariumnatuur in combinatie met toerisme en wonen. • ontwikkelen visie op samenhang met andere deltawateren.
Kust en Voordelta	<ul style="list-style-type: none"> • benutten natuurlijke processen voor nieuwe vormen van kustbeheer

3 Waterkeringen

Dit hoofdstuk gaat zowel in op traditionele dijken als de afbakening van innovatieve dijkconcepten als waterkeringen.

3.1 Traditionele dijken

Een dijk is een aangelegde verhoging, die het achterliggende land beschermt tegen hoogwater en golven (www.rijkswaterstaat.nl), ook wel waterkering genoemd. Op dit moment kent Zeeland de grootste lengte aan "primaire waterkeringen" van alle provincies, namelijk 579 kilometer. Primaire waterkeringen zijn dijken of keringen die beschermen tegen het buitenwater zoals de zee, grote rivieren of grote meren en de Deltawateren.

De Deltawerken bestaan uit de verschillende dammen, waaronder de Oosterscheldekering, dijken en duinen. Naast de primaire waterkeringen is er in de Zuidwestelijke Delta een enorme lengte aan zogenaamde secundaire waterkeringen als overblijfsel van de voormalige zeedijken die nu, door verdere inpolderingen, in het binnenland liggen.

De Zuidwestelijke Delta kent een lange geschiedenis van bedijkingen. Al in de 11^e eeuw vonden de eerste bedijkingen plaats, waar mensen poogden de vruchtbare, laaggelegen gronden te bebouwen en droog te houden. In die tijd waren de dijken niet meer dan bescheiden kaden, voldoende om hoogtij tegen te houden maar onvoldoende om een storm te doorstaan. Over de eeuwen heen, zijn de technieken voor dijkbouw verbeterd. Daarnaast is dijkbeheer ook beter georganiseerd en is dit niet meer aan de boeren maar vormt het een kerntaak van Rijkswaterstaat en de waterschappen.

Het standaard dijkontwerp voor zeedijken bestaat nu uit een zand en kleilichaam met een combinatie van steen- of asfaltbekleding en een grasmat. In deze studie verwijst de benaming "traditionele dijken" naar dit standaard dijkontwerp. De uitvoering van de Deltawerken zorgde voor een verkorting van de Noordzee kustlijn van ca. 700 km. Het huidige overstromingsrisico is gereduceerd tot 1/4.000 jaar voor het grootste deel van de Zuidwestelijke Delta en 1/2.000 jaar voor het gebied rondom de Biesbosch. Het deltagebied is daarmee vanuit internationaal perspectief gezien relatief veilig.

Zeespiegelstijging, extremere stormen en hogere piekafvoeren van de rivieren Rijn en Maas als gevolg van klimaatverandering zijn ontwikkelingen en leiden echter tot grotere opgaven voor kustverdediging in de Zuidwestelijke Delta. De verwachting is dat de zeespiegel komende eeuw 35-85 cm gaat stijgen (KNMI 2009). Naast zeespiegelstijging hebben we te maken met bodemdaling. Dit vraagt om herhaaldelijk ophogen en verbreden van dijken om het vereiste veiligheidsniveau te handhaven. Het overstromingsrisico wordt daarbij niet alleen bepaald door de kans op een overstroming, maar ook door de gevolgen die een overstroming zou hebben als het gaat om mensenlevens en materiële schade (Ministerie van Verkeer en Waterstaat 2007). De toename aan economische waarde en inwoners maakt het gebied kwetsbaar ook al is het goed beschermd.

3.2 Innovatieve dijkconcepten

Wat zijn innovatieve dijkconcepten?

Innovatieve dijkconcepten worden in deze studie gezien als nieuwe typen waterkeringen of aanpassingen aan waterkeringen die veiligheid bieden tegen overstromingen of bijdragen hieraan maar ook mogelijkheden kunnen bieden voor multifunctioneel gebruik zoals recreatie, toerisme, natuur, visserij, aquacultuur, landschap en wonen. Andere benamingen zoals benoemd in verschillende studies als "innovatieve dijken" (Van Loon-Steensma, Schelfhout et al. 2012), "natuurlijke keringen" (Fiselier, Jaarsma et al. 2011) en "alternatieve waterkeringen" (Tangelder en Ysebaert 2012) betekenen in essentie hetzelfde. Innovatieve dijkconcepten variëren van concrete initiatieven die al zijn uitgevoerd of concepten die nog slechts een idee zijn. Innovatieve dijkconcepten dient daarbij als verzamelnaam. Het hoeft echter niet altijd te gaan om een baanbrekend of nieuw concept, maar voornamelijk om alternatieven die anders zijn dan traditionele dijken, maar wel bijdragen aan veiligheid en een maatschappelijke meerwaarde kunnen bieden.

Waarom innovatieve dijkconcepten?

Innovatieve dijkconcepten zijn interessant omdat ze een aantal voordelen bieden ten opzichte van traditionele dijken. Zo dragen ze bij aan een robuuste, veilige dijkzone en zijn sommige innovatieve ontwerpen zelfs veiliger dan een traditionele dijk door overdimensionering waarmee het restrisico beperkt wordt. Zo zijn Klimaatdijken (Hartog, Van Loon-Steensma et al. 2009) of Deltadijken (Knoeff en Ellen 2011) een type dijk met een ontwerp dat zo breed is, dat een doorbraak nagenoeg uitgesloten is. Innovatieve dijkconcepten kunnen ook goedkoper zijn en dus financiële voordelen bieden, bijvoorbeeld door toepassing van zandsuppletie tegen de dijk waardoor de golfbelasting vermindert en dure onderhoudswerkzaamheden aan de dijkbekleding kunnen worden uitgesteld. Sommige concepten zijn juist zeer duur (zoals Klimaatdijk/Deltadijk) en hebben kostendragers nodig. Ook bieden innovatieve dijkconcepten mogelijkheden voor multifunctioneel gebruik van de waterkering zoals recreatie, aquacultuur maar ook wonen en bedrijvigheid. Naast deze maatschappelijke en economische meerwaarde komen innovatieve dijkconcepten beter tegemoet aan ruimte voor sociaaleconomische ontwikkeling, natuurontwikkeling en ecologische processen op de grens van land en water dan traditionele dijken. Tot slot zijn innovatieve dijkconcepten ook vanuit een ruimtelijke en meer esthetisch perspectief interessant door een betere, meer graduele verbinding te vormen tussen binnendijks- en buitendijks gebied en door veel mensen als mooier landschap wordt beschouwd. Uiteraard verschillen de mogelijkheden van het bovenstaande per concept.

Welke innovatieve dijkconcepten zijn er?

Op basis van meerdere inventarisaties en studies is een "long list" van innovatieve dijkconcepten ontwikkeld. In een studie, uitgevoerd door Van Loon-Steensma et al. (2012) naar innovatieve dijken in het Waddengebied, is een long list van dijkconcepten ontwikkeld die hiervoor als basis heeft gediend en is aangevuld met kennis vanuit meerdere bronnen zoals het *Building with Nature* innovatieprogramma en een studie naar innovatieve dijkconcepten voor de Zuidwestelijke Delta van afgelopen jaar (Tangelder and Ysebaert 2012). De beschrijvingen van innovatieve dijkconcepten op deze long list is te vinden in Bijlage B. Met deze lijst wordt niet gestreefd naar volledigheid, maar naar het geven van een globaal inzicht van de mogelijkheden. De lijst is een groeidocument omdat er steeds weer nieuwe concepten worden ontwikkeld. Innovaties aan dijk taluds en/of bekleding behoren niet tot de focus van deze studie. Voor deze studie is een representatieve selectie gemaakt van zeven innovatieve dijkconcepten die ieder verschillen in aard en werking:

- Zandige oplossingen
- Biobouwers
- Robuuste keringen
- Hybride keringen
- Technische oplossingen
- Dubbel/Trippele dijken
- Sedimentatiegebieden

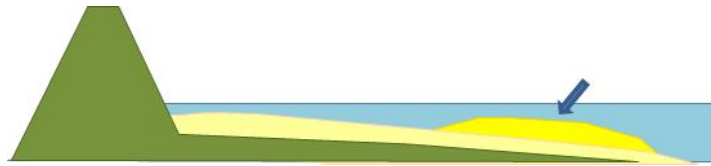
Alle zeven innovatieve dijkconcepten kunnen ruimtelijk gezien gezoneerd worden in vooroever, dijkzone en binnendijkse toepassingen zoals weergegeven in Figuur 5. Binnendijkse innovatieve dijkconcepten waarbij gecontroleerd getij wordt toegestaan wordt als aparte categorie gezien vanwege een grote impact op het binnendijks gebied. Alle zeven geselecteerde innovatieve dijkconcepten worden kort besproken en indien mogelijk met een voorbeeld toegelicht



Figuur 5, ruimtelijke indeling voor toepassing van innovatieve dijkconcepten op de vooroever (buitendijks), in de dijkzone, binnendijks of binnendijks met toelating van getijde invloed.

VOOROEVER

Zandige oplossingen



Zandige oplossingen hebben betrekking op het (strategisch) suppleren van zand zodanig dat de dynamiek van getij, stroming, golven en wind benut kan worden voor transport van zand om het kustfundament te verstevigen. Voorbeelden van methoden zijn:

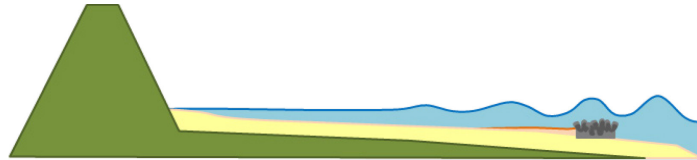
- voorland suppletie: volledige voorland ophogen
- zandmotor: heel veel op een plek

VOORBEELD

De Zandmotor, een megasuppletie die is uitgevoerd langs de Delflandse kust nabij Ter Heijde (Westland). Het zand van de suppletie verspreidt zich geleidelijk langs de kust waardoor minder vaak gesuppleerd hoeft te worden waardoor het lokale ecosysteem zowel op de stort als win locatie een langere hersteltijd heeft. Daarnaast zijn er mogelijkheden voor recreatie (Building with Nature 2012).



Biobouwers



Biobouwers (ook wel "ecosystem engineers" genoemd) zijn planten en dieren die een sterke invloed uitoefenen op hun omgeving. Zo zijn de vegetatie op de schorren en het helmgras in de duinen verantwoordelijk voor de opbouw van een groot deel van Nederland. De laatste jaren heeft de interesse in inzet van deze biobouwers in kustverdediging een vlucht genomen: ten eerste is er behoefte aan duurzame, kosteneffectieve methoden in het licht van klimaatverandering en zeespiegelstijging en ten tweede is er ook behoefte aan methoden van kustverdediging die een geringe impact hebben op het ecosysteem en misschien zelfs wel kansen bieden om ecologische processen te bevorderen (Day, Psuty et al. 2000). De inzet van 'biobouwers' biedt mogelijkheden om bescherming van de kust te realiseren met behulp van ecologische functies. Voorbeelden van 'biobouwers' voor een dijk zijn:

- Stimuleren schorontwikkeling of schorbehoud
- Kunstmatige oesterriffen
- Rietontwikkeling
- Ontwikkeling wilgen

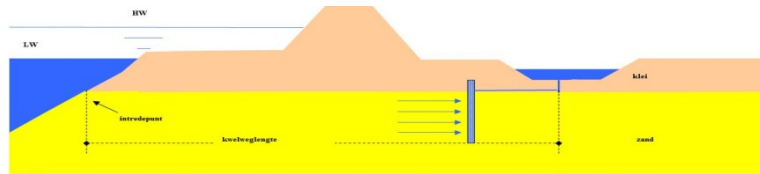
Voor het ontwikkelen van 'biobouwers' is het van belang om de juiste omgevingsvariabelen te creëren die vestiging en groei mogelijk maken. Schorren komen voor in een brak tot zoute getijde omgeving evenals de Japanse Oester. Riet en wilgen zijn meer soorten van zoete systemen.

VOORBEELD

Het gebruik van kunstmatige oesterriffen op voorlanden voor de dijk wordt momenteel onderzocht om de gevolgen van zandhonger in de Oosterschelde te verminderen. Het doel is om golfenergie te beperken, erosie af te remmen en de ontwikkeling van een natuurlijk oesterriff te stimuleren (Building with Nature 2012).



Innovatief technische oplossingen

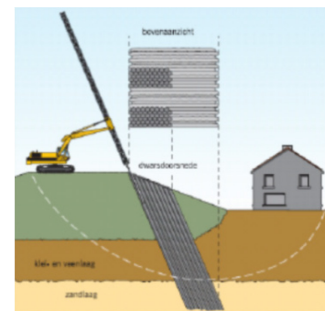


Als onvoldoende ruimte achter de dijk beschikbaar is om dijkversterking uit te voeren, dan kan gedacht worden aan de toepassing van een zogenaamde technische oplossing. Traditioneel wordt dan gedacht aan het plaatsen van een stalen damwand in de dijk. Er zijn echter ook innovatieve technische oplossingen beschikbaar. De voorbeelden die worden gegeven, zijn ten eerste om de binnenwaartse stabiliteit te bevorderen en ten tweede voor het tegengaan van piping.

Bevorderen binnendijkse stabiliteit: Als een dijk van klei ligt op een zandige ondergrond dan kan de stabiliteit verbeterd worden door zogenaamde "inside technieken" toe te passen. Voorbeelden van "inside technieken" zijn dijkvernageling, toepassen van dijkdeuvels en "mixed in place". Deze drie technieken beogen de sterkte van de dijk te vergroten zonder dat de dijk zwaarder, lees breder, moet worden uitgevoerd. Onderstaande figuur geeft een voorbeeld van "mixed in place".

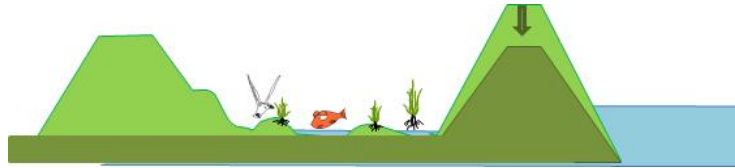
VOORBEELD

Tegengaan van piping: Het ondervangen van het faalmechanisme piping wordt vaak gedaan door binnendijks een steunberm aan te leggen. Als de ruimte echter ontbreekt, dan kan gekozen worden voor het plaatsen van een verticaal erosiescherm in de grond. Het scherm laat wel het water door, maar niet de zandkorrels. In figuur (rechts) is dat geïllustreerd. Het scherm moet overigens wel in de teen van de dijk worden geplaatst.



BINNENDIJKS

Dubbel dijk / tripple dijk

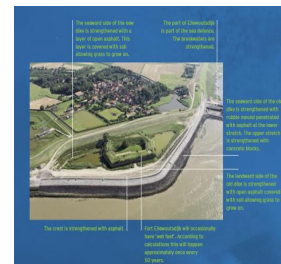


De dubbele dijk of triple dijk bestaat uit een parallelsysteem van twee of drie dijken achter elkaar. Door de aanwezigheid van een tweede (en eventueel derde) dijk kunnen de veiligheidseisen van de eerste dijk in principe aangepast worden, bijvoorbeeld door het accepteren van een lagere kruinhoogte en door de dijk overslagbestendig te maken waarbij het binnen talud van de dijk wordt aangepast met een harde bekleding zodat deze bestendig is tegen golfoverloop. Hierdoor ontstaat een zonering van omstandigheden. In het gebied tussen de dijken wordt meer wateroverlast toegelaten dan in het land daarachter. Dit concept kan toegepast worden op plekken waar al dubbele dijken aanwezig zijn (bijvoorbeeld bij inlagen). Het gebied tussen de dijken biedt mogelijkheden voor natuur of vormen van aquacultuur en zeeteelt. Het Zeeuws Overleg Waterkeringen heeft kansen verkend voor toepassing van dit concept (Waterkeringen 2010).



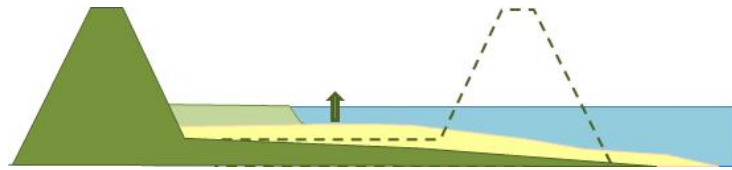
VOORBEELD

Bij fort Ellewoutsdijk aan de Westerschelde is een nieuwe dijkbeheerstrategie uitgevoerd in het kader van het ComCoast project. Het fort is gelegen tussen twee dijken. Het talud van de binnenzijde van de primaire waterkering is zodanig aangepast dat deze overloop van zeewater aan kan. Ook de secundaire dijk is voorzien van een nieuwe bekleding. In het geval dat de primaire dijk overloopt, zal de secundaire dijk het water keren en hoeft de primaire dijk niet opgehoogd te worden (www.comcoast.org).



BINNENDIJKS met getij

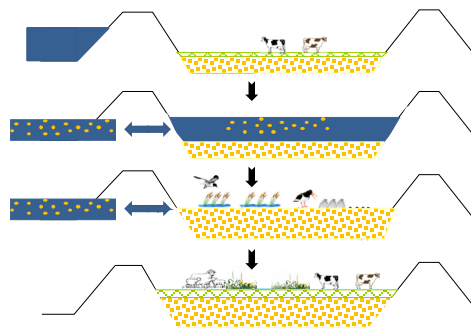
Sedimentatiegebieden



Het concept Sedimentatiegebieden is erop gericht om de kustzone te laten meestijgen met de zeespiegelstijging. Bij toepassing van Sedimentatiegebieden wordt binnendijs gebied onder invloed van het getij gezet. Hierbij wordt een tweede dijk landinwaarts aangelegd of een bestaande dijk wordt verstevigd. Vervolgens worden een of meerdere openingen in de primaire dijk aangebracht, waardoor zeewater in en uit kan stromen. Onder de juiste omstandigheden treedt schorvorming op waardoor het gebied kan opslibben en kan meegroeien met de zeespiegelstijging. Laagje voor laagje sedimenteert zand en slib dat met het getij wordt meegevoerd waardoor het gebied steeds hoger komt te liggen. Dit draagt bij aan een robuuste kustzone. Een mooi voorbeeld van een gebied dat door deze opslibbende werking van het getij hoger is komen te liggen is Verdrongen land van Saefinghe. Het concept Sedimentatiegebieden is ook wel bekend als "Wisselpolders" (De Mesel, Ysebaert et al. 2013), waarbij het gebied na opslibbing weer wordt ingepolderd. Zo kan over een lange periode, stapsgewijs de kustzone opgehoogd worden.

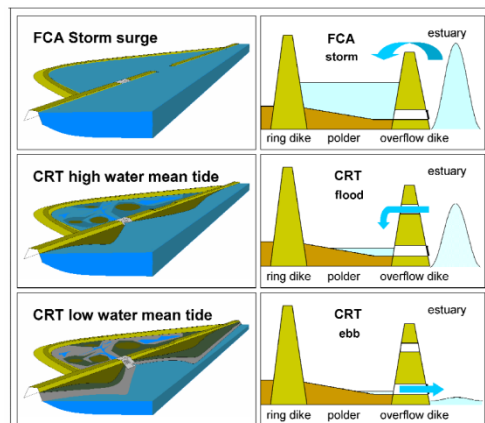
Belangrijke aandachtspunten bij dit concept zijn:

- Dit concept werkt alleen bij voldoende getij en sedimentlading van het water. Alleen in de Westerschelde is dit voldoende aanwezig (Vroom, Van Gils et al. 2012).
- Functieverandering van binnendijs gebied en draagvlak bij belanghebbenden.



VOORBEELD

In maart 2006 is het Lippenbroek langs de Schelde in Vlaanderen als pilotproject in gebruik genomen als een gecontroleerd overstromingsgebied met gecontroleerd gereduceerd getij in het kader van het Sigmoplan. Via een sluisconstructie staat het gebied in contact met de Schelde, zodat er bij elk hoogtij water in het gebied stroomt, dat er bij laagtij weer uit vloeit. De sluisen zijn ontworpen om een waterregime in het gebied te krijgen dat streeft naar het verkrijgen van zo natuurlijk mogelijke slikken en schorren. Het Lippenbroek krijgt op deze manier zowel een veiligheidsfunctie als een natuurontwikkelingsfunctie. Momenteel wordt het veel grotere overstromingsgebied Kruibekke-Bazel-Rupelmonde aangelegd (60 ha), waar bijna de helft zal ingericht worden als gecontroleerd gereduceerd getijdegebied (Peeters, Claeys et al. 2009).



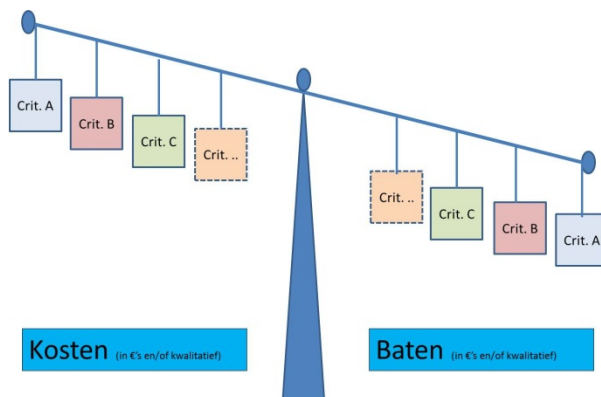
4 Meerwaardebepaling van innovatieve dijkconcepten

Innovatieve dijkconcepten zijn niet alleen interessant vanuit een waterveiligheidsoogpunt, maar juist ook door de maatschappelijke meerwaarde die ze kunnen leveren. Zo bieden de verschillende concepten mogelijkheden voor recreatie, natuurwaarden, aquacultuur of zelfs wonen en bedrijvigheid op of nabij de waterkering en voor meer esthetische waarden zoals landschappelijke- en ruimtelijke kwaliteit. Om deze meerwaarde te inventariseren is een analyse uitgevoerd in een drietal stappen:

1. het bepalen van geschikte criteria voor het vergelijken van dijkconcepten middels een enquête met als basis de 'Vergelijkingsystematiek van het Deltaprogramma' (paragraaf 4.1). Deze methode is gebaseerd op een verkenning naar de meerwaarde van innovatieve dijken in het Waddengebied (Van Loon-Steensma and Schelfhout 2012; Van Loon-Steensma, Schelfhout et al. 2012).
2. het gebruik van het concept 'ecosysteemdiensten' en de "TEEB-methode" als analysekader en meerwaardebepaling (paragraaf 4.2).
3. een kwalitatieve meerwaardebepaling met een uitgebreide set van criteria op basis van 'expert judgement' (paragraaf 4.3).

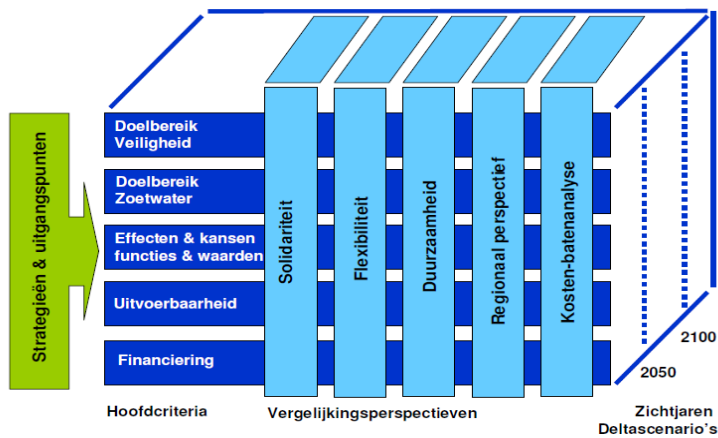
4.1 Enquête: bepalen relevante afwegingscriteria Zuidwestelijke Delta

De keuze van afwegingscriteria, de waardering van deze criteria, en het gewicht dat aan elk criterium wordt toegekend zijn belangrijk (Van Loon-Steensma et al. 2012) voor een goede vergelijking tussen innovatieve dijkconcepten en het nul-alternatief (een traditionele dijk) (Figuur 6). Meestal spelen zowel experts als lokale belanghebbende een rol in de keuze van relevante afwegingscriteria in het afwegingsproces. Binnen deze studie zijn de afwegingscriteria gekozen en gewaardeerd, maar is nog geen gewicht toegekend aan de afwegingscriteria.



Figuur 6, om een afweging te maken zijn belangrijk i) de afwegingscriteria (A, B, C, etc.), ii) de waardering van de criteria, iii) en het gewicht dat aan elk criterium (plaats op de weegschaal) wordt toegekend (Van Loon-Steensma et al. 2012).

Om relevante afwegingscriteria voor de Zuidwestelijke Delta te identificeren, is een groep belanghebbenden gevraagd om in een enquête het belang aan te geven van de criteria uit de Vergelijkingssystematiek Deltaprogramma. De groep belanghebbenden is door zowel het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta als de onderzoekers geselecteerd, en bestaat vooral uit vertegenwoordigers van overheden en belangenorganisaties. De Vergelijkingssystematiek Deltaprogramma bestaat uit een structuur van vijf hoofdcriteria en vijf vergelijkingsperspectieven (Figuur 7), een overzicht van 33 criteria (met daarin sub criteria) en een toelichting op de manier waarop de systematiek kan worden toegepast (Staf Deltacommissaris 2012). De vergelijkingssystematiek is opgesteld om effecten van strategieën in beeld te brengen en om verschillende strategieën onderling te vergelijken. De criteria en de systematiek zijn afgestemd op de wensen vanuit het beleid. De resultaten van de enquête zijn met de belanghebbenden in een werksessie op 5 december 2012 besproken.



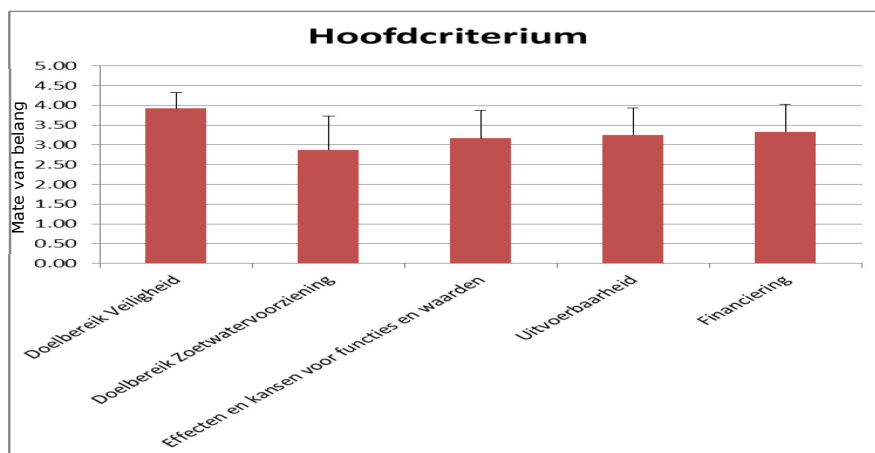
Figuur 7, Hoofdstructuur van de Vergelijkingssystematiek Deltaprogramma (Staf Deltacommissaris 2012).

De resultaten van de enquête laten zien dat de respondenten veel belang hechten aan 'veiligheid', maar ook de overige hoofdcriteria scoren hoog (Figuur 8). Door de belanghebbenden werd opgemerkt dat:

- Dezelfde criteria van belang zijn voor het noordelijk deel als het zuidelijk deel van de delta (behalve voor zoetwatervoorziening);
- Innovatieve dijkconcepten zijn maatwerk, dit betekent dat de weging van de criteria per bekken kan verschillen.
- De toelichting op de criteria van de 'Vergelijkingssystematiek Deltaprogramma' soms wat te algemeen en te breed is.

Hoofdcriteria die volgens de belanghebbenden missen:

- Toetsbaarheid, beheer en onderhoud zijn heel belangrijk bij innovatieve dijken;
- Maatschappelijk draagvlak zou een hoofdcriterium moeten zijn;
- Recreatie zou in Zeeland een hoofdcriterium moeten zijn;
- Effecten en kansen voor natuurversterking en biodiversiteit zouden zichtbaar moeten zijn in de hoofdcriteria voor Zeeland.



Figuur 8, Gemiddelde score voor het belang van de vijf hoofdcriteria van de hoofdcriteria door de belanghebbenden (met eenzijdige standaardafwijking; (n=24), waarbij 1= niet belangrijk en 4= heel belangrijk).

De enquête laat onder andere zien dat naast het belang van veiligheid ook bredere belangen spelen voor medegebruik van de waterkering. Zo vindt 50% van de respondenten de criteria recreatie, natuur, kansen voor bedrijfsleven en ruimtelijke kwaliteit belangrijk. De door de belanghebbenden als meest relevant geachte criteria zijn weergegeven in tabel X. Deze lijst met criteria dient dan ook als basis voor de meerwaardebepaling van dijkconcepten.

Tabel 2, Afwegingscriteria die als belangrijkste uit de enquête zijn gekomen (>50%)

Hoofdcriteria	Criteria
Doelbereik Veiligheid	Kans op overstroming
	Slachtoffers binnendijks
	Schade binnendijks
	Slachtofferrisico's
Doelbereik Zoetwatervoorziening	Beschikbaarheid en condities voor landbouw
	Beschikbaarheid en condities voor drinkwaterwinning huishoudens en industrie
Effecten en kansen voor functies en waarden	Ruimtelijke kwaliteit (aanvullende kwaliteiten)
	Recreatie en toerisme (land- en waterrecreatie)
	Natuur
Uitvoerbaarheid	Risico's
	Kansen
	Aanpassingsvermogen
Financiering	Investeringskosten
	Kosten van beheer, onderhoud en organisatie
	Financieringsmogelijkheden

4.2 Meerwaarde van innovatieve dijkconcepten en ecosysteemdiensten

Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta richt zich op de pijlers veiligheid, economie en ecologie. Na de watersnoodramp in 1953 is de focus logischerwijs op veiligheid komen te liggen. Sinds de aanleg van de Deltawerken, is echter gebleken dat de Zuidwestelijke Delta zich op economisch en ecologisch vlak zou kunnen verbeteren. Het Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta onderzoekt hoe een nieuwe balans gevonden kan worden tussen de drie pijlers (Zuidwestelijke Delta 2010). Naast veiligheid lenen innovatieve dijkconcepten zich goed voor een koppeling met economie en ecologie. Om juist deze aspecten voor innovatieve waterkeringen goed in beeld te brengen, biedt het concept "ecosysteemdiensten" interessante handvatten. Hieronder wordt ingegaan op het begrip ecosysteemdiensten en gebruik van de TEEB methode als meerwaardebepaling

In 2005 plaatste de Millenium Ecosystem Assesment (MEA) van de Verenigde Naties het begrip 'ecosysteemdiensten' op de internationale beleidsagenda. Ecosysteemdiensten zijn door de natuur aan mensen geleverde diensten. Dit kan direct zijn, door de productie van voedsel, of indirect zoals de bescherming tegen overstromingen door duinen. De Europese Unie heeft in een vervolg hierop sinds 2007 een programma gestart ten einde ecosysteemdiensten mee te nemen in een (economische) trade-off analyse die ten grondslag ligt aan beleidsbeslissingen: The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Het TEEB programma heeft ecosysteemdiensten onderverdeeld in vier categorieën: (1) bevoorradende diensten, (2) regulerende diensten, (3) habitat en ondersteunende diensten en (4) culturele diensten (Tabel 3). Voor het leveren van deze diensten zijn de biota en de ecologische processen binnen de ecosystemen (en daarmee de bescherming van natuurlijke ecosystemen en hun biodiversiteit) belangrijk.

Tabel 3, Vier categorieën van de TEEB benadering en bijbehorende ecosysteemdiensten (bron: www.teebweb.org)

Productie diensten	Voedsel (bv. vis, wild, fruit)
	Biomassa (bv. vezels, constructiehout, brandhout, veevoer, meststof)
	Water (bv. drinkwater, irrigatie, koeling)
	Geneeskundige bronnen (bv. biochemische producten)
Regulerende diensten	Luchtzuivering (bv. invang fijn stof en chemicaliën)
	Klimaatregulatie (bv. vastleggen CO ₂ , invloed vegetatie op regenval)
	Verstoringsbescherming (bv. bescherming tegen storm en overstroming)
	Waterregulatie (bv. natuurlijke drainage, irrigatie, voorkomen droogte)
	Afval zuivering (bv. water- bodemzuivering)
	Erosiebescherming (bv. voorkomen afspoelen van sediment)
	Bestuiving
Habitat diensten	Natuurlijke regulatie (bv. zaadverspreiding, plaagregulatie)
	Habitatfuncties
Culturele diensten	Genetische diversiteit
	Recreatie en toerisme
	Estetische informatie
	Spirituele informatie

De TEEB benadering met zijn ecosysteemdiensten stelt ons in staat om een meer integrale afweging te maken van de voor- en nadelen van dijkconcepten, in plaats van een eenzijdige, sectorale benadering vanuit veiligheid. Bijvoorbeeld, een brede waterveiligheidszone levert naast het beschermen tegen overstromingen ook nog producten en diensten zoals het reinigen van water, productie van biomassa (en daarmee het vastleggen van broeikasgassen). Ook het bieden van landschappelijke waarden kun je als ecosysteemdienst aanmerken, evenals het bieden van een aantrekkelijke plek om te recreëren of te verblijven. Daarnaast heeft zo'n zone een natuurwaarde en is belangrijk voor de biodiversiteit.

Het benoemen en identificeren van ecosysteemdiensten die relevant zijn voor een bepaald dijkconcept is een eerste stap. Deze stap moet gevolgd worden door het kwantificeren en waar mogelijk ook waarderen en moneteriseren van de verschillende ecosysteemdiensten. Het blootleggen en evalueren van ecosysteemdiensten laat toe om meer onderbouwde keuzes te maken over dijkconcepten in relatie tot het streven naar een duurzame ontwikkeling. De bijdrage van de ecosysteemdiensten aan de welvaart van de maatschappij kan worden bepaald door middel van een (maatschappelijke) kostenbatenanalyse. Daarbij wordt de huidige socio-economische waarde van alle toekomstige baten en kosten (incl. verlies landbouw) geschat, rekening houdende met onder meer de tijdschhorizon van de verschillende effecten.

4.3 Vergelijken van dijkconcepten: een kwalitatieve analyse

Om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten te identificeren, worden de voor- en nadelen van deze concepten vergeleken met het nul-alternatief (een traditionele dijk). Deze vergelijking vindt plaats op basis van een aantal afwegingscriteria. De criteria die tijdens de enquête als meest relevant naar voren kwamen dienen als basis hiervoor. Daarnaast is gebruik gemaakt van de resultaten die naar voren kwamen bij de pilotstudie Lauwersoog (Van Loon-Steensma en Schelfhout 2012) en zijn op basis van 'expert judgement' criteria vanuit de TEEB-methodiek (ecosysteemdiensten) toegevoegd. Dit heeft geleid tot een set van 21 relevante afwegingscriteria voor innovatieve dijkconcepten (Tabel 4). Niet alle afwegingscriteria uit deze bronnen zijn overgenomen.

Vanuit de Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma (Staf Deltacommissaris 2012) zijn de afwegingscriteria opgenomen die als belangrijkste naar voren kwamen uit de enquête. De enquête vormt hiermee de basis set waardoor ook de structuur van de Vergelijkingsystematiek van het Deltaprogramma in stand is gehouden. De afwegingscriteria uit de basis set zijn vervolgens naast de TEEB ecosysteem diensten gelegd, die ook als afwegingscriteria gezien kunnen worden. Wanneer ecosysteem diensten niet onder de genoemde afwegingscriteria vielen, zijn zij toegevoegd. Zo is bijvoorbeeld de ecosysteem dienst voedsel niet opgenomen omdat deze valt onder de afwegingscriteria, zoete landbouw, zoute landbouw, visserij, en habitat en biodiversiteit op bekken niveau om dubbeltelling te voorkomen. Als laatste stap is gekeken naar de Vergelijkings systematiek die in het kader van het Deltaprogramma Waddengebied is toegepast. Op grond daarvan zijn nog enkele afwegingscriteria toegevoegd.

Om te komen tot een algemene analyse van innovatieve dijkconcepten zijn deze in Tabel 4 voor alle relevante afwegingscriteria vergeleken met een traditionele dijk. Tijdens het waarderen van de concepten, viel echter op dat er soms verschillen zijn in de beoordeling die experts aan de concepten toekennen. De oorzaak van deze verschillen ligt deels in verschillen in interpretatie van de afwegingscriteria tussen experts en deels in de individuele argumentatie van experts. Onderstaande omschrijving van de afwegingscriteria moeten verschillen in interpretatie voorkomen. Als experts dezelfde omschrijvingen hanteren zouden verschillen in waardering komen door verschillen in de individuele argumentatie. Met individuele argumentatie is rekening gehouden door experts hun waardering te laten beargumenteren in een extra kolom. Wanneer de waardering en bijbehorende argumentatie afweken, zijn deze nogmaals met de betreffende experts besproken. Zo is gekomen tot de uiteindelijke beoordelingstabel van innovatieve dijkconcepten (Tabel 4). Er zijn een aantal belangrijke noten bij Tabel 4:

- 1) Zandige oplossingen, biobouwers, hybride keringen en constructieve oplossingen worden gezien als aanvulling op een traditionele dijk terwijl de andere innovatieve dijkconcepten een traditionele dijk vervangen.
- 2) De selectie van afwegingscriteria in de tabel kan daarom niet gezien worden als algemeen geldend voor de Zuidwestelijke Delta. In specifieke gevallen moet altijd rekening gehouden worden met aanvullende of overbodige afwegingscriteria. Dit komt omdat tijdens het waarderen van de afwegingscriteria duidelijk werd dat de waardering van afwegingscriteria vaak sterk afhankelijk is van lokale omstandigheden. De waarderingen die momenteel per innovatief dijkconcept aan de afwegingscriteria in Tabel 4 zijn toegekend, moeten om deze reden ook als algemene 'expert judgement' worden opgevat.
- 3) De baten van innovatieve dijkconcepten zijn deels minder zichtbaar geworden doordat ecosysteem diensten zijn ondergebracht onder andere afwegingscriteria. Om ecosysteem diensten, en dus de baten van innovatieve dijkconcepten op natuurlijk vlak weer beter zichtbaar te maken, moeten in een vervolgstudie alle afwegingscriteria uit TEEB zichtbaar ondergebracht worden onder de nu geselecteerde afwegingscriteria.
- 4) Een beschrijving van alle afwegingscriteria is te vinden in Bijlage C.

Op basis van de tabel kunnen de volgende algemene zaken worden opgemerkt:

- Alle innovatieve dijkconcepten verlagen de kans op overstroming, maar doen relatief weinig aan de gevolgen van een overstroming.
- De grootste knelpunten voor het toepassen van innovatieve dijkconcepten zijn de risico's en onzekerheden (maatschappelijk, bestuurlijk en juridisch) en de investeringskosten. Daarnaast zijn er bij dubbele en triple dijken (parallele systemen) en sedimentatiegebieden minder kansen voor wonen.
- Onderzoek is nodig naar het effect van biobouwers en dubbel en triple dijken op de beschikbaarheid van zoet water.
- Bij zandige keringen, biobouwers en sedimentatiegebieden valt op dat deze een goed aanpassingsvermogen hebben en relatief veel meekoppelkansen bieden. Bij zandige oplossingen en biobouwers is echter op sommige vlakken nog aanvullend onderzoek vereist.
- Biobouwers, hybride keringen, dubbel en triple dijken en sedimentatiegebieden dragen vooral bij aan zoute landbouw en aquacultuur, graduele overgangen van voorland en dijkzone, habitats en biodiversiteit op bekken niveau, reguleren water en luchtkwaliteit, vastlegging CO₂, recreatie en toerisme en de ruimtelijke kwaliteit.

Tabel 4, Geselecteerde afwegingscriteria en algemene beoordeling innovatieve dijkconcepten binnen de Zuidwestelijke Delta ten opzichte van een traditionele dijk. Zandige oplossingen, biobouwers, hybride keringen en constructieve oplossingen worden gezien als aanvulling op een traditionele dijk terwijl de andere innovatieve dijkconcepten dienen als primaire kering. Waardering t.o.v nul alternatief (traditionele dijk): ++ veel beter; + beter; 0 geen verandering; - slechter; - - Veel slechter; * nader onderzoek vereist.

Hoofdcriterium	Afwegingscriteria	Traditionele dijk	Aanvulling op de waterkering				Primaire waterkering			
			Vooroever		Dijkzone		Robuuste keringen	Binnendijks		
			Zandige oplossingen	Biobouwers	Hybride keringen	Technische oplossingen		Dubbel / Triple dijk	Sedimentatie gebieden	
Veiligheid	Voldoet aan huidige veiligheidsnorm (kans)	0	+	*0/+	+ / ++	+ / ++		++	+	+
	Schade binnendijks en of tussendijks (gevolg)	0	0	0	0	0		0	+	0
	Golfdempende werking en erosie bescherming	0	+	*0/+	+	0/+		0	0	+
	Beschikbaarheid zoet water	0	0	*0/+	0	+		+	*	-
Zoetwatervoorziening	Zoete landbouw (binnendijks)	0	0	*0/+	0	+		+	*	-
Effecten en kansen voor functies en waarden	Zoute landbouw/ aquacultuur (buitendijks)	0	*	+	0	*0/+		0	+ / ++	+ / ++
	Visserij (zout)	0	*0/+	+	0	0		0	0/*	+
	Industrie, havens	0	0	0	0	*		*	0	0
	Graduele overgangen van voorland en dijkzone	0	+	+	+	0		0	0/+	++
	Habitats en biodiversiteit op bekken niveau	0	0/+	+	+	0		-	+	++
	Reguleren water en luchtkwaliteit	0	0	+	+	0		0	+	++
	Recreatie en toerisme (land- en waterrecreatie)	0	0/+	0/+	0/+	0		+	++	+
	Ruimtelijke kwaliteit (beleving en landschap)	0	0/+	+	+	0		*	+	0/+
	Wonen	0	0	0	0	0		+	-	-
	Aanpassingsvermogen	0	+	+	0	0/-		- -	-	+
Uitvoerbaarheid	Risico's (maatschappelijk, bestuurlijk, juridisch)	0	0	-	-0	-		- - -	-	- - -
	Meekoppel kansen	0	+	+	0/+	0/+		0/+	0/+	0/+
	Investeringskosten	0	-	-	-	- - -		- -	-	- - -
Financiering	Kosten beheer en onderhoud	0	+	*	-	-		0/+	0/-	0/+

4.4 Van kwalitatief naar kwantitatief vergelijken

De afwegingssystematiek zoals beschreven in dit rapport kan dienen als het startpunt voor een afweging tussen verschillende vormen van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van de voortzetting van het huidige beleid ('traditionele' dijkversterking) op zowel beleidsniveau als op (gebiedsontwikkelings) projectniveau. Op dit moment is de afwegingssystematiek vooral gericht op een kwalitatieve analyse. Een verdere ontwikkeling van de methodiek kan liggen in een nadere kwantitatieve analyse en een monetaire vergelijking van concepten door middel van een Maatschappelijke Kosten- en Baten Analyse (MKBA) (zie Tekstbox) en is daarom ook in het projectplan als mogelijke optie benoemd. Tegelijkertijd kwam uit de workshop naar voren dat belanghebbenden een lokale insteek bepleiten. De vraag voor dit hoofdstuk is daarom:

- Is een MKBA een geschikt middel voor een kwantitatieve vergelijking van innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta?

Tekstbox: Maatschappelijke Kosten- en Baten Analyse

De maatschappelijke kostenbatenanalyse (MKBA) is een afwegingsinstrument dat alle huidige en toekomstige maatschappelijke voor- en nadelen van maatregelen afweegt ten opzichte het nulalternatief: de meest waarschijnlijke ontwikkeling zonder nieuwe ingrepen, door de mogelijke effecten van maatregelen zoveel mogelijk in geld uit te drukken (te monetariseren). Een MKBA brengt in principe alle kosten en baten van alle belanghebbenden – overheid, bedrijven en burgers – in beeld, en niet alleen van de initiatiefnemer. Hierdoor is de MKBA sectoroverschrijdend. Zo kunnen bijvoorbeeld bestuurders een zo objectief mogelijk besluit nemen over het project en hun besluit beter uitleggen aan anderen (Ministerie van EL&I 2012).

Een uitdaging bij het opstellen van een MKBA is de vraag hoe zichtbaar kan worden gemaakt welk belang mensen hechten aan (veranderingen in) natuur en milieu, landschap, cultuurhistorie en sociale cohesie (Planbureau voor de Leefomgeving 2009). Indien effecten niet uit te drukken zijn in geld worden deze als P.M. post opgenomen in een MKBA.

In Nederland is de MKBA sterk ingebed in beleids- en besluitvorming. Voor projecten in het Meerjarenprogramma Infrastructuur Ruimte en Transport (MIRT) dient bijvoorbeeld verplicht, conform de spelregels van het MIRT, een MKBA te worden gemaakt, waarbij het "Kader OEI (Overzicht Effecten Investerings) bij MIRT-verkenningen" wordt gevolgd. Ook voor projecten die het kabinet aanwijst als 'speciale rijksprojecten' dient een MKBA te worden gemaakt (Ministerie van EL&I, 2012, p. 8).

Belangrijke afwegingen voor een MKBA

Welke kosten en baten?

Dit hangt af van perspectief en doelstelling van de MKBA. Zo focust de MKBA Waterveiligheid 21e eeuw vooral op de investeringskosten van dijkmaatregelen, die worden afgezet tegen de baten die ontstaan als gevolg van vermeden slachtoffers en schade. De MKBA voor de MIRT Verkenning Grevelingen (W+B, 2012) vergelijkt vijf alternatieven die ontwikkeld zijn om antwoord te geven op vijf opgaven waarvoor het gebied van de Grevelingen gesteld staat: klimaatveiligheid vergroten, waterkwaliteit verbeteren, getijdencentrale ontwikkelen, de regionaal-economische (toeristische) structuur verbeteren, getijdenatuur ontwikkelen. In lijn met het doel, neemt deze MKBA veel meer verschillende kosten en baten mee dan de MKBA Waterveiligheid 21^e eeuw.

Welk schaalniveau?

De keuze voor een bepaald dijkconcept heeft consequenties voor het gebied zelf, maar doorgaans ook voor gebieden "in het achterland". Een lokale of regionale MKBA zal dan een deel van de (positieve of negatieve) baten missen. Ten tweede, hoe kleiner het gebied, hoe kleiner de doorwerking in de economie, hoe kleiner het welvaartseffect dat je meet met de MKBA. Er zit dus om twee redenen een spanningsveld tussen de wens om de afweging op lokaal niveau te maken en de aard van het instrument MKBA.

Lokale partijen betrekken en laten waarderen?

Het is mogelijk om partijen bij de MKBA te betrekken bij het kiezen van de mee te nemen kosten en baten en bij het waarderen van de kosten en baten. Kenmerkend voor het gehele MKBA-proces zijn in zo'n geval interactieve sessies met actoren. In deze sessies worden de effecten van maatregelen geïnventariseerd en berekeningen teruggekoppeld. Dergelijke sessies zijn nuttig om afstemming te krijgen tussen verschillende belanghebbende partijen en in de communicatie met belanghebbenden.

Welke diepgang en inspanningen zijn vereist?

Het opstellen van een MKBA is geen tijdsbesteding voor een achternamiddag. Het vereist een goed begrip van het instrument en het denkkader waarop dergelijke analyses gebaseerd zijn. Voor MKBA's wordt doorgaans dan ook specialistische ondersteuning ingeschakeld.

Het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2012) geeft aan dat het ook belangrijk is om de volgende onderwerpen in overweging te nemen:

- Omvang van de maatregel en de verwachte omvang van effecten
- Kosten van het laten uitvoeren van een MKBA
- De 'beleidsruimte' voor alternatieve maatregelen
 - De mate van informatiebehoefte vanuit politici/bestuurders
 - Risico's en onzekerheden verboden aan het beleid
- Informatie beschikbaarheid ten aanzien van kosten en baten rond het onderwerp van de MKBA
- Beschikbaarheid van tijd

MKBA voor innovatieve dijkconcepten

Zoals uit het voorgaande blijkt zijn er de nodige aandachtspunten en kansen voor het inzetten van een MKBA voor innovatieve dijkconcepten. Hieronder worden een aantal mogelijkheden voor gebruik en kansen voor de toekomst beschreven:

- Innovatieve dijkconcepten rijken verder dan het veiligheidsbelang en bieden kansen voor lokale economie, natuurontwikkeling en landschap. Daaruit volgt dat het nuttig is om de baten breder in beeld te brengen dan enkel de baat veiligheid. Het meten van de (positieve en negatieve) baten voor de omgevingskwaliteit is een onderwerp dat heel veel aandacht heeft gekregen de laatste jaren.
- Het concept Ecosysteemdiensten is een ingang die kan helpen om deze baten in kaart te brengen en monetair te waarderen (zie ook par. 4.2). Net als voor MKBA's in het algemeen geldt, geldt ook voor het monetair waarderen van ecosysteemdiensten als onderdeel van een MKBA dat dit via een diepgaande studie ter plekke, via kentallen of via een quick scan kan worden aangepakt. Er zijn diverse tools in omloop die geschikt zijn voor het uitvoeren van een quick scan (WECAN tool, Green Infrastructure Toolkit). Aan de hand van deze tools kan met belanghebbenden een selectie gemaakt worden van welke ecosysteemdiensten ertoe doen en een eerste inschatting van de orde van grootte van de baten gemaakt worden.
- Voor innovatieve dijkconcepten is belangrijk om na te gaan hoe en wanneer de belanghebbenden bij het uitvoeren van de MKBA te betrekken, en op welk schaalniveau deze moet worden uitgevoerd. Uit de workshop met belanghebbenden op 5 december kwam naar voren dat "maatschappelijk draagvlak" voor innovatieve dijkconcepten als zeer belangrijk wordt gezien. Dit vraagt om een interactieve MKBA, waarbij lokale belanghebbenden betrokken zijn, die meepraten over de verschillende alternatieven, de mee te nemen kosten en baten. Het uitvoeren van de MKBA op lokaal schaalniveau ligt dan voor de hand. Insteek op een iets hoger schaalniveau, bijvoorbeeld het bekkenniveau, heeft bij een MKBA de voorkeur, gezien de bovenlokale reikwijdte van veiligheidsmaatregelen, en het effect op de economie; bij een te laag schaalniveau mis je het welvaartseffect als gevolg van doorwerking van de investering in de economie.

- Ook worden toetsbaarheid, beheerbaarheid en verantwoordelijkheid voor financiering en onderhoud als belangrijke afwegingscriteria gezien door belanghebbenden. Dit zijn aspecten die niet of nauwelijks bij een MKBA onder te brengen zijn. Het strekt dan ook zeer tot aanbeveling om naast een MKBA ook de in dit project ontwikkelde afwegingsystematiek te gebruiken in combinatie met een interactieve Multi Criteria Analyse (MCA).

Samenvattend

Uit bovenstaande uiteenzetting komt naar voren dat een MKBA een hulpmiddel is om kosten en baten van innovatieve dijkconcepten helder in beeld te krijgen en een kwantitatieve, monetaire vergelijking te maken. Een MKBA kost veel tijd en geld en is met name waardevol in een proces waarbij lokale belanghebbenden betrokken zijn, die meepraten over de verschillende alternatieven en over welke kosten en baten worden meegenomen. Het uitvoeren van de MKBA op lokaal schaalniveau ligt dan voor de hand. Insteek op een iets hoger schaalniveau, bijvoorbeeld het bekkenniveau, heeft bij een MKBA de voorkeur, gezien de bovenlokale reikwijdte van veiligheidsmaatregelen, en het effect op de economie. Omdat voornamelijk het zichtbaar maken van de batenkant van innovatieve dijkconcepten (multifunctioneel karakter en uitstralingseffecten naar de omgeving) van belang is, is het raadzaam om het concept ecosysteem diensten en de TEEB benadering (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) daarvoor als kader te gebruiken (zie paragraaf 4.2). Deze benadering is niet alleen gericht op directe baten, maar vooral ook op indirecte, minder zichtbare baten zoals een mooier landschap, luchtkwaliteit en biodiversiteit.

Sommige belangrijke afwegingsaspecten (toetsbaarheid, beheerbaarheid en verantwoordelijkheid voor financiering en onderhoud) zijn volgens belanghebbenden niet of nauwelijks bij een MKBA onder te brengen. Het zou dan ook zeer tot aanbeveling strekken om naast een MKBA ook de in dit project ontwikkelde afwegingsystematiek te gebruiken eventueel in combinatie met een interactieve multicriteria analyse.

5 Kansen voor innovatieve dijkconcepten

5.1 Selectie per bekken op basis van fysische randvoorwaarden

Innovatieve dijkconcepten verschillen in aard en werking. Niet alle concepten zijn mogelijk in ieder bekken van de Zuidwestelijke Delta. Dit is afhankelijk van de systeemeigenschappen in ieder bekken.

Toelichting tabellen

Deze systeemeigenschappen van de verschillende bekkens staan weergegeven in Tabel 5. De belangrijkste randvoorwaarden voor dijkconcepten die onderzocht zijn, zijn getij, zoutgehalte en sedimentlading. Zo zijn Sedimentatiegebieden er op gericht om sediment in te vangen en zo geleidelijk op te hogen, daarvoor is periodieke overspoeling, en dus getijdewerking, en een bepaalde sedimentlading van het water noodzakelijk. In de noordelijke bekkens met geen of minimaal getij, zal dit concept daarom niet kunnen bijdragen aan waterveiligheid. In Tabel 6 staat een overzicht van de randvoorwaarden die dijkconcepten nodig hebben om te kunnen functioneren. Door de systeemeigenschappen van de bekkens en de benodigde morfologische en hydrologische randvoorwaarden van de dijkconcepten over elkaar te leggen wordt duidelijk welke concepten mogelijk zijn in de bekkens. Tabel 7 geeft een selectie van mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten per bekken op basis van systeemeigenschappen. Ook is aangegeven welke dijkconcepten met name interessant zijn voor welk bekken. Dit laatste is gedaan op basis van 'expert judgement'. Het betreft een grove selectie die er enkel op gericht is om aan te geven of een concept zou kunnen werken op basis van de systeemeigenschappen in een bekken. Daarbij is niet gekeken naar maatschappelijke opgaven als waterveiligheid of ecologie. Ook zijn in dit stadium de wensen van lokale belanghebbenden en specifieke lokale omstandigheden niet meegenomen.

Toelichting kaarten

De kansen vanuit fysische randvoorwaarden voor toepassing van innovatieve dijkconcepten zoals weergegeven in Tabel 7 zijn tevens vertaald naar potentiekaarten. Figuur 9 t/m 11 verbeelden de potentiële toepassingsmogelijkheden voor:

- Zoet- en zoutwater biobouwers (Figuur 9): Zoutwater biobouwers, op voorland wat voldoende breed is (vanaf 100m) en bij een minimale hoogteligging van -1,5m NAP. Zoetwater biobouwers, op voorland wat voldoende breed is (vanaf 100m) en bij een maximale waterdiepte van 1m ten opzichte van het zomerpeil.
- Zandige oplossingen/hybride keringen (Figuur 10): op voorland wat voldoende breed is (vanaf 100m)
- Dubbele/tripple dijken / sedimentatiegebieden (Figuur 11): Dubbel/tripple dijken, daar waar een tweede (of derde) dijk nabij (500m) de waterkering aanwezig is. Sedimentatiegebieden, mogelijk in de bekkens met getij (Oosterschelde en Westerschelde). Potentie voor deze gebieden valt samen met die van de (drie)dubbele dijken.
- Robuuste dijken en technische oplossingen zijn in potentie overal mogelijk en staan daarom niet op kaart aangegeven.

Tabel 5, Systeemeigenschappen van de bekkens in de Zuidwestelijke Delta voor wat betreft getij, zoutgehalte en sedimentlading.

Dijkconcept	Systeemeigenschappen				
	Getij	Zoutgehalte ¹			Sedimentlading ²
		zoet	brak	zout	
Oosterschelde	•			•	? ⁴
Veerse Meer				•	
Westerschelde	•		•	•	•
Haringvliet /Hollandsch Diep		•			
Grevelingen				•	
Volkerak-Zoommeer		•			
Markiezaat			•		

¹Zoutgehalte (g/l): zoetwater, < 0,5 , brakwater 0.5-18, zoutwater >18.

²Sedimentlading voor groei van schorren: 10 mg/l overleving, >10mg/l groei (Temmerman, Govers et al. 2004; Li and Yang 2009; Borsje, Van Wesenbeeck et al. 2011).

³Getijslag van >100 cm.

⁴Het is onduidelijk of in de Oosterschelde voldoende sedimentlading aanwezig is om schorren te laten groeien.

Tabel 6, systeem randvoorwaarden dijkconcepten

Dijkconcept	Randvoorwaarden				
	Getij	Zoutgehalte ¹			Sedimentlading ²
		zoet	brak	zout	
Biobouwers					
• Zoutwaterschorren	•		•	•	•
• Oesterriffen				• ³	
• Wilgen / grienden		•			
• Riet		•	• ⁴		
Zandige oplossingen					
Hybride keringen					
• Oeverdijk		•	? ⁵	? ⁵	
• Duindijk		•	•	•	
Technische oplossingen		•	•	•	
Dubbel dijk / Tripple dijk		•	•	•	
Sedimentatiegebieden	•	•	•	•	•

¹Zoutgehalte (g/l): zoetwater, < 0,5 , brakwater 0.5-18, zoutwater >18 .

²Groei van het schor bij sedimentlading: 1-10mg/l = overleving afhankelijk van de zeespiegelstijging, 10-100mg/l = groei (Temmerman, Govers et al. 2004; Li and Yang 2009; Borsje, Van Wesenbeeck et al. 2011).

³Oesters zijn brak tolerant maar hebben een groei optimum bij zout water (Schuiling and Smaal 1998).

⁴Riet (*Phragmatis australis*) is zout tolerant maar heeft een groei optimum bij zoet-brak water (De Lange, Paulissen et al. 2012).

⁵Het is onduidelijk of in brakke en zoute systemen al dan niet met getijdewerking de vegetatievorming voldoende tot ontwikkeling kan komen om het sediment vast te houden en de golf dynamiek aan te kunnen.

Tabel 7, **mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten op basis van de fysische randvoorwaarden** (zoutgehalte, getij, sediment voorradigheid) in de Zuidwestelijke Delta (uitgaande van de huidige situatie) die nodig zijn voor deze concepten om waterveiligheid te kunnen bieden of hier aan bij te dragen.

- = mogelijk op basis van de aanwezigheid van bepaalde systeemeigenschappen in een bekken die een concept nodig heeft om waterveiligheid te kunnen bieden of hier aan bij te dragen.
- = mogelijk op basis van de fysische randvoorwaarden en op basis van expert judgement is bepaald dat dit concept potentie heeft door de aanwezigheid van bepaalde systeemeigenschappen of lokale omstandigheden.
- = nader onderzoek noodzakelijk om de werking van het concept aan te tonen.
- = niet mogelijk op basis van de fysische randvoorwaarden die een concept nodig heeft om waterveiligheid te kunnen bieden of hier aan bij te dragen.

	Oosterschelde	Veerse Meer	Westerschelde	Haringvliet/ Hollandsch Diep	Grevelingen	Volkerak- Zoommeer	Markiezaat
<u>Biobouwers</u>							
- Zoutwater schorren	■	■	 ¹	■	■	■	■
- Oesterriffen	■	■	■	■	■	■	■
- Wilgen / grienden	■	■	■	■	■	■	■
- Riet	■	■	■	■	■	■	■
<u>Zandige oplossingen</u>	■	■	■	■	■	■	■
<u>Robuuste keringen</u>	■	■	■	■	■	■	■
<u>Hybride keringen:</u>							
Oeverdijk	■ ²	■ ²	■ ²	 ⁴	■	 ⁴	■
Duindijk	 ³	■	 ³	■	■	■	■
<u>Technische oplossingen</u>	■	■	■	■	■	■	■
<u>Dubbele dijk/⁷</u>	 ⁵	■	 ⁶	■	■	■	■
<u>Triple dijk</u>							
<u>Sedimentatiegebieden</u>	■ ⁷	■	 ¹	■	■	■	■

¹ Deze toepassing heeft potentie door de aanwezigheid van een hoge sedimentlading van het water (ca. 50mg.l-1 gemiddeld, maximaal enkele 100den g.l-1, (Vroom et al., 2012) waardoor slikken en schorren relatief snel kunnen opslibben en meegroeiën met de zeespiegelstijging.

² Voor het concept oeverdijk is onbekend of deze kan werken in zoute bekkens met golf- of getijde dynamiek en een onbegroeid talud.

³ Deze toepassing heeft potentie bij de aanwezigheid van getijdendynamiek die helpt bij het verspreiden van de suppletie en duinvorming.

⁴ Deze toepassing heeft potentie vanwege de aanwezigheid van een (semi-)stagnant zoetwater systeemtype, waardoor vegetatie kan ontwikkelen op het flauwe talud die de stabiliteit van de vooroever ten goede komt.

⁵ Deze toepassing heeft potentie door de aanwezigheid van inlaagdijken. Een inlaagdijk is een secundaire dijk nabij en parallel lopend aan de primaire waterkering.

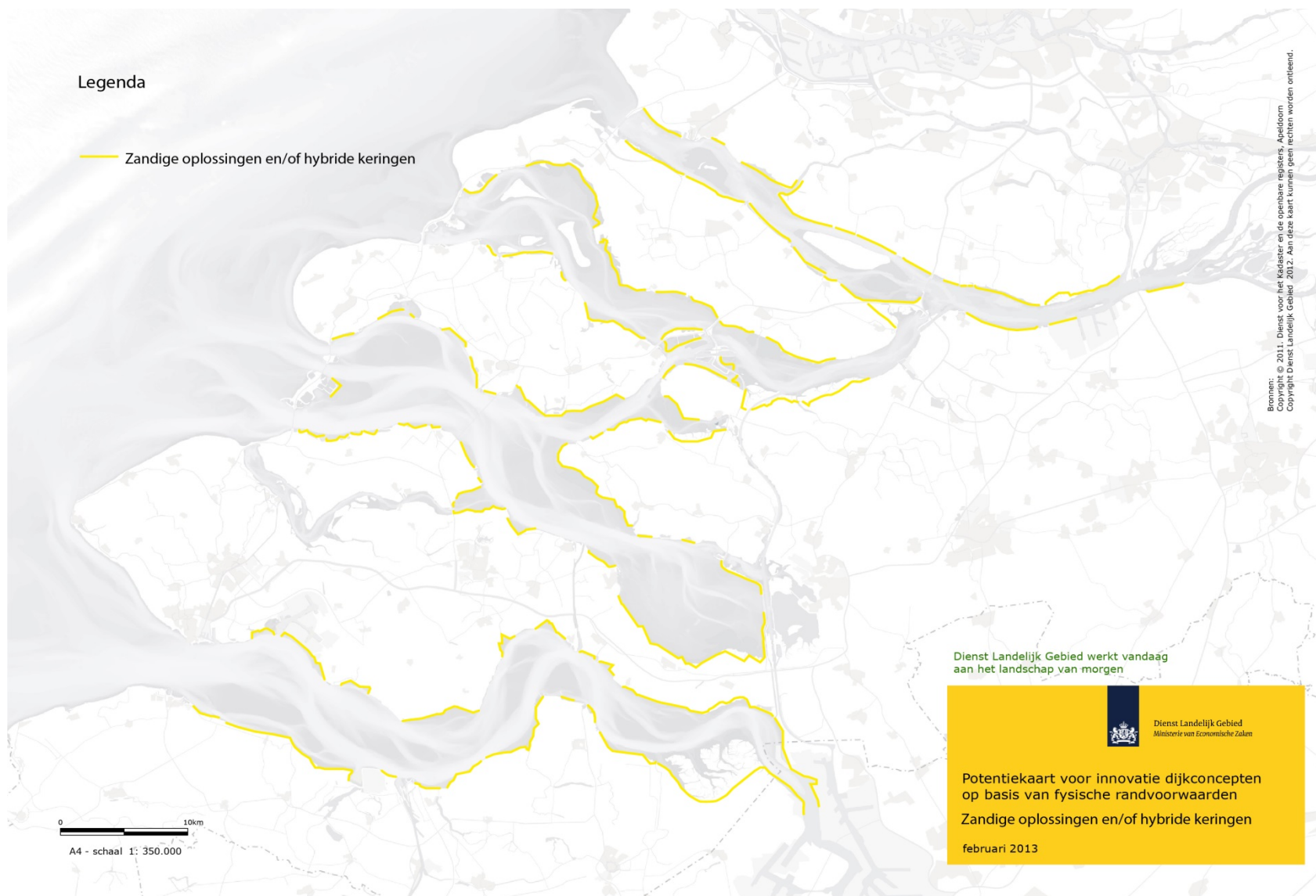
⁶ Deze toepassing heeft potentie door de (lokale) aanwezigheid van secundaire dijken nabij en parallel lopend aan de primaire waterkering.

⁷ Het is onbekend of de Oosterschelde voldoende sedimentlading bevat om zodanige opslibbing te bewerkstellingen dat het Sedimentatiegebied de zeespiegelstijging kan bijhouden.

Figuur 9, Verbeelding van de mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten op basis van de fysische randvoorwaarden (zoutgehalte, getij, sediment voorradigheid) in de Zuidwestelijke Delta (uitgaande van de huidige situatie: **Zoet- en zoutwater biobouwers**).



Figuur 10, Verbeelding van de mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten op basis van de fysische randvoorwaarden (zoutgehalte, getij, sediment voorradigheid) in de Zuidwestelijke Delta (uitgaande van de huidige situatie: **Zandige oplossingen en Hybride keringen**).



Figuur 11, Verbeelding van de mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten op basis van de fysische randvoorwaarden (zoutgehalte, getij, sediment voorradigheid) in de Zuidwestelijke Delta (uitgaande van de huidige situatie: **Dubbel/tripple dijken en Sedimentatiegebieden**).



5.2 Kansen voor innovatieve dijkconcepten volgens belanghebbenden

De vorige paragraaf ging in op de mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten beredeneerd vanuit de fysische randvoorwaarden. In de praktijk blijkt dat het niet de fysische randvoorwaarden zijn die de potentie van een dijkconcept bepalen, maar voornamelijk de lokale maatschappelijke ontwikkelingen in het betreffende gebied. Dit kwam naar voren tijdens de workshop gehouden op 5 december 2012. Met belanghebbenden van waterschappen, Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta, gemeenten, Rijkswaterstaat, visserij en de recreatie sector is gediscussieerd over de potentie van innovatieve dijkconcepten in de verschillende bekkens van de Zuidwestelijke Delta. Een deelnemerslijst is te vinden in Bijlage D. In Bijlage E is een uitgebreide samenvatting van de workshop resultaten opgenomen.

5.2.1 Kansen per dijkconcept

Tijdens de workshop is belanghebbenden gevraagd welke dijkconcepten potentie hebben in de Zuidwestelijke Delta zowel voor de korte als de lange termijn. Tabel 8 geeft een globale indeling voor potentie van dijkconcepten zoals deze tijdens de workshop naar voren is gekomen. Deze resultaten zijn vertaald uit een momentopname met bepaalde belanghebbenden en dus niet absoluut te noemen.

Tabel 8 **kansrijke innovatieve dijkconcepten volgens deelnemers van de workshop** in de Zuidwestelijke Delta die aanwezig waren tijdens de workshop op 5 december zowel voor de korte (KT) als de lange termijn (LT).

- = kansrijk volgens belanghebbenden.
- = mogelijk volgens belanghebbenden, maar weinig urgentie en/of maatschappelijk draagvlak aanwezig.
- = niet kansrijk volgens belanghebbenden.
- = nader onderzoek noodzakelijk volgens belanghebbenden om de werking van het concept aan te tonen.

Dijkconcept	KT	LT	Opmerkingen
Traditionele dijk	●	●	• Succesvol in het borgen van waterveiligheid echter is de aanwezigheid van voorland van belang voor dijkstabiliteit en het beperken van kans op piping (belangrijke toetsingscriteria). Dit komt voort uit de laatste toetsingsronde.
Biobouwers	●	●	• Concepten in ontwikkeling. Kennis en ervaring is momenteel nog onvoldoende om groei en overleving te kunnen beoordelen en de betekenis voor kustverdediging, ecologie en gebruik concreet te maken.
Zandige oplossingen	●	●	• Zinvol daar waar geulen niet dicht tegen de dijk liggen om voorland te versterken. • Ontwikkeling voorland draagt bij aan een ecologisch waardevolle oeverzone.
Robuuste dijk	●	●	• Interessant over 50-100 jaar om aan de norm te kunnen voldoen. • Aanleg is zeer duur, daar waar maatschappelijke dynamiek aanwezig is kunnen kostendragers worden gevonden. • Goede kansen voor koppeling multifunctioneel gebruik.
Hybride dijk	●	●	• Wordt op sommige plaatsen al toegepast: het Sophiastrand op Noord-Beveland waar een suppletie tegen de dijk wordt aangelegd in plaats van een dijkversterking.
Technische oplossingen	●	●	• Met name interessant op plaatsen waar ruimte tekort is zoals dorps- en stadsfronten.
Dubbele dijk/triple dijk	●	●	• Fysisch/ technisch kan dit overal maar op veel plaatsen maatschappelijk ongewenst. • Dubbele dijken zijn zinvol waar voorland afwezig is. • Inlaagdijken zijn parallelle dijken langs de kust en bieden potentie voor dit concept omdat de dubbele dijken al aanwezig zijn. • Kansen voor aquacultuur.
Sedimentatiegebieden	●	●	• Een concept waarbij binnendijks land onder invloed van getij wordt gezet heeft in Zeeland heel gevoelig en is weinig draagvlak voor. • Kansen liggen vooral in gebieden met arme gronden, kwelzones of op plekken waar boeren stoppen.

5.2.2 *Bevindingen per bekken*

Naast de potentie voor dijkconcepten is aan de belanghebbenden ook gevraagd om per bekken aan te geven welke concepten mogelijk zijn en potentie hebben en waarom. Hierbij is niet specifiek per bekken ingegaan op ieder dijkconcept, maar is vooral gekeken waar kansen liggen. Tabel 9 geeft een samenvatting. Naast de globale mogelijkheden per bekken zijn ook kansen en wensen voor innovatieve dijken besproken voor specifieke locaties. Daarnaast zijn deze bevindingen in Figuur 12 in een kaart verbeeldt.

Tabel 9, **mogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten in de bekken** volgens deelnemers van de workshop voor de korte en lange termijn in de Zuidwestelijke Delta, een samenvatting van de bevindingen die tijdens de workshop naar voren kwamen.

Bekken	Korte termijn	Lange termijn	Opmerkingen
Oosterschelde	<ul style="list-style-type: none"> •biobouwers, suppleties met zand en eventueel stortsteen om de erosie als gevolg van. zandhonger af te remmen of tegen te gaan. •geen urgentie vanuit waterveiligheid; dijkversterkingsronde n.a.v. derde toetsing wordt opgepakt 	<ul style="list-style-type: none"> •meerdere mogelijkheden afhankelijk van vraag en urgentie 	<ul style="list-style-type: none"> •binnendijkse opties zijn vaak maatschappelijk ongewenst •inlaagdijken bieden mogelijkheden voor dubbele dijken.
Westerschelde	<ul style="list-style-type: none"> •geen urgentie vanuit waterveiligheid, dijkversterkingsronde n.a.v. derde toetsing wordt opgepakt 	<ul style="list-style-type: none"> •meerdere mogelijkheden afhankelijk van vraag en urgentie •combinatie van suppleties en biobouwers en e.v.t. een dijkeruglegging 	<ul style="list-style-type: none"> •binnendijkse opties zijn vaak maatschappelijk ongewenst
Haringvliet/ Hollandsch Diep	<ul style="list-style-type: none"> •geen urgentie vanuit waterveiligheid •handhaven voorlanden t.b.v. dijkstabiliteit 	<ul style="list-style-type: none"> •meerdere mogelijkheden afhankelijk van vraag en urgentie •bij beheer van de Haringvlietsluizen als stormvloedkering ontstaan nieuwe mogelijkheden 	<ul style="list-style-type: none"> •veel ondiepe vooroevers aanwezig in het Haringvliet. •bij afwezige vooroever kan aan de binnenzijde van de dijk worden versterkt indien nodig. •mogelijkheden voor "grienden"⁸
Grevelingen	<ul style="list-style-type: none"> •geen urgentie vanuit waterveiligheid •handhaven voorlanden t.b.v. dijkstabiliteit 	<ul style="list-style-type: none"> •meerdere mogelijkheden afhankelijk van vraag en urgentie •mogelijke peilopzet voor waterberging leidt tot nieuwe opgaven en kansen •mogelijk gedempt getij biedt tot nieuwe kansen (biobouwers), maar kan ook zorgen voor een grotere erosie van voorlanden 	<ul style="list-style-type: none"> •op sommige plekken zijn dubbele dijken aanwezig
Volkerak-Zoommeer	<ul style="list-style-type: none"> •handhaven voorlanden t.b.v. dijkstabiliteit •dijktoetsing voor waterberging loopt 	<ul style="list-style-type: none"> •meerdere mogelijkheden afhankelijk van vraag en urgentie 	<ul style="list-style-type: none"> •veel ondiepe vooroevers aanwezig •mogelijkheden voor "grienden"⁸ •eerdere pogingen met rietontwikkeling kwamen om onbekende redenen niet goed tot stand.

⁸ Voorvoerer met aangeplante wilgen.

Figuur 12, Verbeelding van de lokale kansen en mogelijkheden per bekken zoals tijdens de workshop op 5 december door belanghebbenden naar voren is gebracht.



5.2.3 *Algemene boodschap van de belanghebbenden*

De belanghebbenden hebben aangegeven dat op de korte termijn vanuit waterveiligheid onvoldoende noodzaak aanwezig is voor het toepassen van innovatieve dijkconcepten. Wel worden op sommige plaatsen mogelijkheden gezien omdat daar behoefte bestaat (zoals in de Oosterschelde). Op de langere termijn wordt verwacht dat deze noodzaak vanuit waterveiligheid wel zal ontstaan. De urgentie wordt pas duidelijker als de Deltabeslissingen zijn genomen. Toepassing van innovatieve dijkconcepten dient dan vooral haalbaar en betaalbaar te zijn. Daarbij is het van belang om aan te haken bij economische drivers en lokale ambities betreffende gebiedsontwikkeling.

De kansen voor toepassen van innovatieve dijkconcepten zullen dus vooral lokaal liggen en soms klein van omvang zijn maar kunnen wel een grote impact hebben. Een innovatieve dijk vergt maatwerk en kent geen standaard uitvoering en beheermethode. De belanghebbenden geven aan dat ze gretig zijn om het stadium van concepten achter zich te laten en met concrete uitwerkingen aan de slag te willen. Dat maakt het allemaal een stuk specifiek. Ook spelen er vaak gevoeligheden waarbij een algemene aanpak niet gewenst is. Dit alles vraagt om een lokale, gebiedsgerichte aanpak en een bottom-up benadering. Dit is het niveau waar kansen kunnen ontstaan. Een grootschalige strategie werkt daardoor niet. De aanbeveling is dan ook dat het Deltaprogramma met lokale belanghebbenden op zoek moet gaan naar kansen en oplossingen. Dat kan het beste gerealiseerd worden door een gebiedsdialog aan te gaan.

De belanghebbenden die bij de workshop op 5 december 2012 aanwezig zijn geweest, zijn geen volledige afspiegeling van alle betrokken partijen en burgers. Het advies is dan ook om aan te haken op lokaal niveau daar waar bepaalde maatschappelijke of beleidsmatige wensen, ambities of problemen spelen. In een dergelijke gebiedsdialog kan op zoek worden gegaan naar oplossingen waar innovatieve dijkconcepten vermoedelijk onderdeel van zullen uitmaken. Deze oplossingen zijn dan toegesneden op de lokale problematiek. Bovendien wordt gelijktijdig gewerkt aan een draagvlak voor dergelijke toepassingen.

6 Conclusie en aanbevelingen

De volgende onderzoeksvragen hebben in deze verkenning centraal gestaan en worden in de volgende paragrafen besproken:

- Welke innovatieve dijkconcepten zijn mogelijk in de bekkens van de Zuidwestelijke Delta?
- Welke innovatieve dijkconcepten zijn volgens belanghebbenden kansrijk in de Zuidwestelijke Delta?
- Wat zijn relevante criteria voor de ontwikkeling van een methodiek om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten te bepalen?
- Wat is de kwalitatieve meerwaarde van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van een traditionele dijk?

6.1 Mogelijkheden en kansen voor innovatieve dijkconcepten

Deze studie beschouwt een tweetal invalshoeken om de kansen voor innovatieve dijkconcepten in de Zuidwestelijke Delta te beoordelen. Ten eerste is gekeken naar wat de mogelijkheden zijn voor innovatieve dijkconcepten op basis van de fysische randvoorwaarden die deze concepten nodig hebben om te werken. Ten tweede is aan verschillende belanghebbenden, die werkzaam zijn bij overheden, NGO's en/of private ondernemingen, gevraagd wat zij zien als kansen voor innovatieve concepten in de Zuidwestelijke Delta voor de korte en de lange termijn.

6.1.1 *Mogelijkheden vanuit fysische randvoorwaarden*

Door verschillen in aard en werking, vragen de in hoofdstuk 3 genoemde innovatieve dijkconcepten specifieke fysische randvoorwaarden. Zo zijn sommige dijkconcepten slechts in enkele bekkens mogelijk. Om goed te functioneren vereisen enkele dijkconcepten getij, een hoge sedimentlading en/of een bepaald zoutgehalte. Dergelijke dijkconcepten zijn dan alleen in die bekkens mogelijk waar deze fysische omstandigheden aanwezig zijn.

De analyse wijst uit dat het merendeel van de dijkconcepten zoals genoemd in hoofdstuk 3 in alle bekkens van de Zuidwestelijke Delta mogelijk zijn. Dit geldt voor concepten met gebruik van suppleties (zandige oplossingen), over gedimensioneerde dijken (Robuuste keringen), een zandpakket tegen of op de dijk (Hybride keringen), technische versteviging met bv. damwanden (Technische oplossingen) en dubbele of driedubbele parallelle dijken (Dubbel/Triple dijken). Deze dijkconcepten zijn niet afhankelijk van bepaalde fysische systeemaspecten, waardoor ze in principe overal toepasbaar zijn.

Niet alle concepten zijn overal toepasbaar of vereisen nog nader onderzoek om de werking te vast te stellen. De verschillende biobouwers zoals schorren, oesterriffen, riet en wilgen die gericht zijn op het stabiliseren van voorlanden en het dempen van golven zijn niet allemaal in elk bekken mogelijk. Zo komen schorren alleen in de Oosterschelde en Westerschelde tot ontwikkeling vanwege de behoefte aan een zoutgehalte van brak tot zout, voldoende getijslag en sedimentlading om het schor te voeden. Wilgen zullen alleen op de voorlanden van zoete wateren tot ontwikkeling komen. Ook is er nog nader onderzoek nodig om de werking van biobouwers en de potentie die ze hebben voor kustverdediging en betekenis voor ecologie en gebruik te bevestigen. Voor het dijkconcept 'sedimentatiegebieden' waarbij binnendijs gebied onder invloed van het getij wordt gezet om graduele verhoging te bewerkstelligen geldt hetzelfde als voor schorontwikkeling. Het binnendijs gebied kan alleen ophogen als er voldoende sediment aanwezig is. Dus ook sedimentatiegebieden zijn slechts mogelijk in de Westerschelde en misschien in de Oosterschelde als daar een voldoende hoge sedimentlading aanwezig is.

6.1.2 Kansen volgens belanghebbenden

Naast een analyse vanuit fysische mogelijkheden is belanghebbenden gevraagd welke innovatieve dijkconcepten kansrijk zijn in welke bekkens en waarom. Voor de betrokkenen is een dijkconcept kansrijk gezien de aanwezigheid van specifieke fysische randvoorwaarden, maar ook omdat het concept interessant is voor het gebied door bepaalde lokale omstandigheden of ontwikkelingen en vanwege de bijdrage aan een of meerdere maatschappelijke functies.

Wat opvalt, is dat in zijn algemeenheid geen enkel concept als "niet mogelijk" wordt gezien. Voornamelijk de buitendijkse concepten met het aanbrengen van zand worden als kansrijk gezien vanwege het maatschappelijk nut dat deze concepten wordt toegedacht. De binnendijkse concepten worden wel "mogelijk" geacht, maar levert maatschappelijke discussie op door functieverandering van binnendijks gebied.

Zandige oplossingen door middel van suppleties zijn in alle bekkens mogelijk. Op de korte termijn zijn ze voornamelijk kansrijk in de Oosterschelde om de zandhonger af te remmen of tegen te gaan, en op langere termijn in alle bekkens waar urgentie ontstaat. Suppleties kunnen worden toegepast in combinatie met biobouwers al moet hier wel meer ervaring mee worden opgedaan om hun kansrijkheid goed te kunnen beoordelen.

Voor de noordelijke bekkens Haringvliet / Hollandsch Diep, Grevelingen en Volkerak-Zoommeer geldt dat het gaat om afgesloten bekkens waar geen waterveiligheidsurgentie speelt. Behoud van voorlanden is wel van belang voor de dijkstabiliteit. Suppleties, al dan niet in combinatie biobouwers, kunnen hier aan bijdragen. In het zoete Haringvliet / Hollandsch Diep en Volkerak-Zoommeer gaat het om de ontwikkeling van riet en wilgen als biobouwers en in de Grevelingen om oesterriffen. De kansen voor innovatieve dijkconcepten in de noordelijke bekkens spitsen zich dus vooral toe op de ondiepe delen voor de dijken. Mogelijke toekomstige ontwikkelingen zoals (gedempt) getij in het Haringvliet, Grevelingen en Volkerak-Zoommeer bieden weer nieuwe kansen voor bijvoorbeeld biobouwers.

Voor wat betreft de overige concepten komt naar voren dat robuuste dijken kansrijk zijn op de lange termijn (50-100 jaar). Het ontwerp van een overgedimensioneerde dijk is interessant om aan de norm te kunnen voldoen als de zeespiegel hoger zal zijn. Technische oplossingen zijn met name interessant om een dijk sterker te maken op plaatsen waar ruimte tekort is (bijv. dorps- of stadsfront). De concepten dubbel en triple dijken en sedimentatiegebieden zijn mogelijk, maar leveren maatschappelijke discussie op. De inlaagdijken langs de Oosterschelde bieden wel goede kansen voor toepassing van het dubbele dijken concept. Ook ontstaan er in de Westerschelde op de langere termijn kansen voor sedimentatiegebieden. Kansen ontstaan daar waar arme (kwel)gronden zich bevinden of boeren stoppen.

6.2 Meerwaardebepaling van innovatieve dijkconcepten

Innovatieve dijkconcepten zijn niet alleen interessant vanuit een waterveiligheidsoogpunt, maar juist ook door de maatschappelijke meerwaarde die ze opleveren. Zo bieden de verschillende concepten kansen voor recreatie, natuur, landschappelijke en ruimtelijke kwaliteit, aquacultuur en zelfs voor wonen en bedrijvigheid op of nabij een waterkering. Dit onderzoek levert een eerste aanzet om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van een traditionele dijk te kunnen bepalen.

6.2.1 Relevante afwegingscriteria

Er is een enquête uitgevoerd onder belanghebbenden om te achterhalen welke criteria relevant gevonden worden om innovatieve dijkconcepten te waarderen ten opzichte van een traditionele dijk. Voor het opstellen van de enquête is gebruik gemaakt van de 'Vergelijkingssystematiek van het Deltaprogramma' en de ervaring die opgedaan is in een verkenning naar de meerwaarde van innovatieve dijken in het Waddengebied (Van Loon-Steensma and Schelfhout 2012; Van Loon-Steensma, Schelfhout et al. 2012)

De uitkomst van de enquête is dat 'veiligheid' als een zeer belangrijk criterium wordt gezien, maar dat ook de overige hoofdcriteria zoals 'zoetwatervoorziening', 'effecten en kansen voor functies en waarden', 'uitvoering' en 'financiering' ook relevant worden gevonden. De scores van zogenaamde subcriteria binnen deze vijf hoofdcriteria laten zien aan welke specifieke aspecten binnen deze hoofdthema's belang wordt gehecht. Zo vindt 50% van de respondenten de criteria (bijdrage aan) recreatie, natuur en kansen voor bedrijfsleven en ruimtelijke kwaliteit belangrijk. Ook worden andere belangen zichtbaar zoals de beschikbaarheid van zoetwater in bredere zin en die voor de landbouw specifiek. Uitvoerings- en financieringsaspecten zoals beheer- en onderhoud, financieringsmogelijkheden en meekoppelkansen worden ook zeer belangrijk gevonden.

De afwegingscriteria die naar voren zijn gekomen uit de enquête zijn door de onderzoekers aangevuld met enkele extra criteria die gebaseerd zijn op het 'ecosysteem denken'. Deze additionele criteria maken het mogelijk om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten voor de koppeling economie-ecologie goed in beeld te brengen. Uiteindelijk zijn er 21 criteria geïdentificeerd die belangrijk worden gevonden om innovatieve dijkconcepten te waarderen ten opzichte van een traditionele dijk (zie Tabel 2 in hoofdstuk 4). Deze 21 criteria vormen een belangrijke basis voor een systematiek 'meerwaardebepaling van innovatieve dijkconcepten'.

6.2.2 Bepaling van meerwaarde van innovatieve dijkconcepten met afwegingscriteria

De betrokken onderzoekers hebben met behulp van de 21 afwegingscriteria op een kwalitatieve wijze de meerwaarde bepaald van innovatieve dijkconcepten. Deze meerwaardebepaling maakt zichtbaar wat de voor- en nadelen zijn van innovatieve dijkconcepten ten opzichte van een traditionele dijk.

De analyse laat zien dat innovatieve dijkconcepten voornamelijk interessant worden gevonden omdat ze bijdragen aan veiligheidsaspecten zoals het verminderen van de overstromingskans, het aantal slachtoffers en schade. Ook geeft de analyse aan dat innovatieve dijken beter golven kunnen dempen en erosie kunnen beperken dan een traditionele dijk.

Naast veiligheidsaspecten komt duidelijk naar voren dat de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten zich vooral vertaalt in toegevoegde functies en waarden. Zo bieden deze concepten nieuwe mogelijkheden voor recreatie, zoute landbouw en aquacultuur. Ook bieden ze een ecologische meerwaarde door meer ruimte voor natuurontwikkeling te bieden en meer mogelijkheden voor regulerende processen zoals het zuiveren van lucht en waterkwaliteit. Tenslotte laat de meerwaardebepaling zien dat innovatieve dijkconcepten kansen bieden voor het creëren van een esthetische meerwaarde door het versterken van landschappelijke en ruimtelijke kwaliteit.

Wat verder opvalt is dat binnendijkse opties hoog scoren op mogelijkheden voor zoute landbouw en aquacultuur. Waar robuuste keringen en technische oplossingen positief scoren voor zoetwater beschikbaarheid omdat ze zoute kwelstromen naar binnendijks gebied verminderen scoort het concept sedimentatiegebieden negatief omdat hierbij binnendijks (zoetwater landbouw) gebied verloren gaat.

Innovatieve dijkconcepten scoren negatief ten opzichte van traditionele dijken op investeringskosten en risico's (maatschappelijk juridisch, bestuurlijk). Innovatieve dijkconcepten worden als duurder of veel duurder beschouwd dan traditionele dijken. Deze kosten komen niet alleen voort uit aanlegkosten. Vanwege de beslaglegging op binnendijks gebied en de hiermee gepaard gaande extra aandacht voor communicatie en afstemming met belanghebbenden zijn dijkconcepten zoals sedimentatiegebieden relatief duurder vanwege extra proces- en organisatiekosten. Uit de analyse komt ook naar voren dat het definiëren van meekoppelkansen voor innovatieve dijkconcepten van belang is. Het koppelen van verschillende belangen en functies (bijv. recreatie, bedrijvigheid, wonen) helpt bij het vinden van kostendragers.

6.3 Aanbevelingen

Deze studie verkent de kansen voor innovatieve dijkconcepten in de bekkens van de Zuidwestelijke Delta. Daarnaast is een aanzet gemaakt voor een systematiek om de meerwaarde van innovatieve dijkconcepten te bepalen ten opzichte van een traditionele dijk.

6.3.1 Vervolg verkennen toepassingsmogelijkheden innovatieve dijkconcepten

Tijdens deze studie zijn een aantal waardevolle aanbevelingen naar voren gekomen over de toepassing van innovatieve dijkconcepten die van belang zijn voor het vervolg:

- Het hebben van een 'noodzaak' is een belangrijke driver voor verandering.
- De keuze voor de nieuwe waterveiligheidsbenadering 'meerlaagsveiligheid' kan grote invloed hebben op de veiligheidsopgave in de Delta. Meerlaagsveiligheid betreft een risicobenadering voor waterveiligheid waarbij onderscheid gemaakt wordt in de lagen "preventie", "duurzame ruimtelijke inrichting" en "rampenbeheersing". Innovatieve dijkconcepten bieden goede mogelijkheden voor de verdere invulling van dit concept.
- Kansen voor toepassing van innovatieve dijkconcepten liggen vooral op locaties waar een maatschappelijke of beleidsmatige wens of ambitie bestaat. Bijvoorbeeld de wens voor economische ontplooiing of natuurontwikkeling rondom een dijkzone biedt kansen voor het realiseren van innovatieve dijken.
- Een lokale, gebiedsgerichte en "bottom-up" benadering is van groot belang in een vervolgtraject om toepassingsmogelijkheden verder in beeld brengen. In interactie met stakeholders kunnen ambities, wensen, zorgen en meekoppelkansen in beeld worden gebracht.
- Het is van belang dat innovatieve dijkconcepten haalbaar en betaalbaar zijn. Door multifunctioneel gebruik kunnen kostendragers geïdentificeerd worden waardoor kansen voor financiering ontstaan.
- Biobouwers worden gezien als een interessante optie voor toepassing op voorlanden eventueel in combinatie met een suppleties. De kennis over biobouwers en over de verschillende typen is op dit moment nog onvoldoende om hun potentie goed te kunnen beoordelen. Vervolgonderzoek is dan ook van belang.
- De aanwezigen tijdens de workshop op 5 december 2012 en tevens geënquêteerden bestond uit een groep mensen van voornamelijk waterschappen, Rijkswaterstaat, gemeenten, provincie en belangenorganisaties vanuit visserij, recreatie en landbouw. Gezien de focus van deze studie op de gehele Zuidwestelijke Delta vormde dit een representatieve groep die op regionaal niveau beleid maken of belangen behartigen. In een vervolgonderzoek gericht op meer specifieke plekken in plaats van gehele bekkens is het raadzaam om opnieuw te bezien welke (lokale) belanghebbenden betrokken moeten worden.

6.3.2 *Waardering van innovatieve dijkconcepten*

In deze studie is een kwalitatieve analyse gemaakt van innovatieve dijkconcepten op basis van een meerwaardebepaling. Een goede vervolg stap zou zijn om een kwantitatieve vergelijking te maken. Een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse (MKBA) zoals besproken in hoofdstuk 4, is een hulpmiddel om monetaire kosten en baten van innovatieve dijkconcepten helder in beeld te krijgen. Deze methode is interessant om in samenwerking met belanghebbenden op bekkenniveau een kwalitatieve en (deels) kwantitatieve afweging te maken tussen innovatieve dijkconcepten en traditionele dijken. De MKBA dient in samenhang met de in dit project verder ontwikkelde meerwaardebeoordeling uitgevoerd te worden. Ook de TEEB benadering (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) kan hierbij gebruikt worden om de baten helder in beeld te krijgen. Op lokaal niveau (bijv. gemeente) is het gebruik van een MKBA minder interessant en biedt de meerwaardebeoordeling een goed startpunt om samen met de directe belanghebbenden op basis van voor hen belangrijke (nieuwe) afwegingscriteria de toepassingsmogelijkheden voor innovatieve dijkconcepten in beeld te brengen.

7 Dankwoord

Deze rapportage is te danken aan een brede groep mensen die bij dit onderzoek betrokken zijn. Dit onderzoek was mogelijk door BO financiering door het Ministerie van Economische Zaken. Graag bedanken we alle aanwezigen op de workshop van 5 december 2012 voor hun komst en vooral hun bijdragen. Deze bijdragen maken immers een belangrijk onderdeel uit van de bevindingen in dit rapport. Verder willen we graag Hans van Engen en Anneke Adegeest van Dienst Landelijk Gebied hartelijk danken voor hun bijdragen aan de workshop en het visualiseren van de resultaten in kaartbeeld. Tot slot bedanken we de mensen die de conceptrapportage hebben beoordeeld: Coen Verhoeve (Waterschap Scheldestromen), Eelco Hoogendam (ministerie EZ), Rinus Meeuse (DLG), Ruben Akkermans, Lein Kaland en Erik Schumacher (provincie Zeeland) en Jeroen Veraart (Alterra).

8 Referenties

- Bestuurlijk Overleg Volkerak-Zoommeer (2009). "Ontwerp MER Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer."
- Borsje, B. W., B. K. Van Wesenbeeck, et al. (2011). "How ecological engineering can serve in coastal protection." *Ecological Engineering* **37**: 122.
- Building with Nature (2012). "www.ecoshape.nl."
- Day, J. W., N. P. Psuty, et al. (2000). The role of pulsing events in the functioning of coastal barriers and wetlands: implications for human impact, management and the response to sea level rise. In: Wienstein, M.P., Dreeger, D., *Concepts and Controversies in Salt Marsh Ecology*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- De Lange, H. J., M. P. C. P. Paulissen, et al. (2012). *Halophyte filters as saline treatment wetlands: applications and constraints*. Wageningen, Alterra.
- De Mesel, I., T. Ysebaert, et al. (2013). *Klimaatbestendige dijken, het concept wisselpolders IMARES*.
- Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (2009). *Atlas van de Zuidwestelijke Delta: kaarten, beelden, plannen, beleid, projecten*. Middelburg: 111.
- Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (2013). *Deltaprogramma 2012. Mogelijke strategieën*. Middelburg: 78.
- Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (2013 in voorbereiding). *Op weg naar kansrijke strategieën. Rapportage voor het Deltaprogramma 2014. Concept 1.0 voor regionale consultatie 14 januari 2013*. Middelburg.
- Fiselier, J., N. Jaarsma, et al. (2011). *Perspectief Natuurlijke keringen: Een eerste verkenning ten behoeve van het Deltaprogramma*: 60.
- Groot, A., G. Lenselink, et al. (2012). *Natuurlijk IJsselmeer: ecodynamische visie IJsselmeer 2100*. Dordrecht, Ecoshape, Building with Nature.
- Hartog, M., J. M. Van Loon-Steensma, et al. (2009). *Klimaatdijk, een verkenning, Kennis voor Klimaat*: 88.
- Kenniscentrum Recreatie (2011). *Vrije tijd en toerisme in de Zuidwestelijke Delta. Aanbod en vraag: foto van 2011 SWOT analyse, verkenning van toekomstperspectieven*. Den Haag, Kenniscentrum Recreatie.
- KNMI (2009). "Zeespiegelstijging." from <http://www.knmi.nl/cms/content/73883/zeespiegelstijging>.
- Knoeff, H. en G. J. E. Ellen (2011). *Verkenning Deltadijken*. Delft, Deltares.
- Lengkeek, W., S. Bouma, et al. (2007). *Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer. Een blik onder water*. Culemborg, Bureau Waardenburg.
- Li, H. en S. L. Yang (2009). "Trapping Effect of Tidal marsh Vegetation on Suspended Sediment, Yangtze Delta." *Journal of Coastal Research* **25**(4): 915-924.
- Ministerie van EL&I (2012). "Een kennismaking met de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), een handreiking voor beleidsmakers."
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). *Waterveiligheid: begrippen begrijpen*. Den Haag.
- Mulder, J. P. M., J. Cleveringa, et al. (2010). *Sedimentperspectief voor de Zuidwestelijke Delta*, Deltares.

Mulder, J. P. M., M. D. Taal, et al. (2012). Sedimentstrategie voor de ZW Delta: een verkenning van kansen, Deltares / IMARES / Alterra.

Nienhuis, P. H. en A. C. Smaal (1994). The Oosterschelde Estuary (The Netherlands): A Case-Study of a Changing Ecosystem. Dordrecht.

Nolte, A. (2002). Onderzoek naar de toekomstige waterkwaliteit en ecologie van het Veerse Meer: Toekomstige ontwikkeling en mogelijkheden. Delft, WL Delft Hydraulics: 40.

Peeters, P., S. Claeys, et al. (2009). Sediment behaviour within a flood control area with a controlled reduced tide - pilot project Lippenbroek. Congrès SHF-31ième Journées de l'hydraulique: "Morphodynamiques et débits solides dans les estuaires, les baies et les deltas" Paris: 1-15.

Peeters, P., S. Claeys, et al. (2009). Sediment behaviour within a flood control area with a controlled reduced tide - pilot project Lippenbroek Congrès SHF-31ième Journées de l'hydraulique: "Morphodynamiques et débits solides dans les estuaires, les baies et les deltas". Paris.

Planbureau voor de Leefomgeving (2009). Natuureffecten in de MKBA's van projecten voor integrale gebiedsontwikkeling.

Provincie Zeeland (2009). Versterken, Vernieuwen, Verbinden. Provinciaal Sociaal-Economisch Beleidsplan 2009-2012.

Rijkswaterstaat (2011). Beschrijving huidige situatie Haringvliet. Achtergrondrapportage voor onderzoek naar alternatief voor het Kierbesluit.

Rijkswaterstaat (2012). Sophiastrand, duin of dijk als kering. Middelburg.

Schuilig, E. en A. C. Smaal (1998). Het zoet in de pap: een literatuurstudie naar de effecten van verhoogde zoetwatertoevoer op commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde. Yerseke, RIVO.

Staf Deltacommissaris (2012). Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma. Rotterdam, Royal Haskoning & Deltares.

Staf Deltacommissaris (2012). Vergelijkingsystematiek Deltaprogramma: structuur, inrichting en gebruik. Versie 1.0, 24 januari 2012.

Stroming (2012). Oeverdijken: kans voor veiligheid en natuur.

Tangelder, M. en T. Ysebaert (2012). Alternatieve waterkeringen: een verkenning naar nieuwe concepten voor kustverdediging in het kader van Beleid Ondersteuning Programmabureau Zuidwestelijke Delta. Yerseke, IMARES Wageningen UR: 51.

Temmerman, S., G. Govers, et al. (2004). "Modelling estuarine variations in tidal marsh sedimentation: response to changing sea level and suspended sediment concentrations." *Marine Geology* **212**: 1-19.

Van Loon-Steensma, J. en H. Schelfhout (2012). Pilotstudie Innovatieve dijken Lauwersoog. Wageningen, Wageningen UR & Deltares: 59.

Van Loon-Steensma, J., H. Schelfhout, et al. (2012). Verkenning innovatieve dijken in het Waddengebied: een verkenning naar mogelijkheden voor innovatieve dijken in het Waddengebied. Wageningen, Alterra.

Van Zanten, E. en L. Adriaanse (2008). "Verminderd getij. Verkenning naar mogelijke maatregelen om het verlies van platen, slikken en schorren in de Oosterschelde te beperken." Hoofdrapport Rijkswaterstaat.

Verspagen, J. M. H., J. Passarge, et al. (2006). "Water management strategies against toxic *Microcystis* blooms in the Dutch delta." *Ecological Applications* **16**(1): 313-327.

Verzandvoort, S., A. Smit, et al. (2012). "Duurzaamdoenderzoek in de Zeeuwse Delta; Ecosysteemdiensten in de praktijk."

Vroom, J., J. A. G. Van Gils, et al. (2012). Eerstelijnsrapportage Westerschelde 2011: Beschikbare data van 1996 t/m 2010., Deltares: 171.

Waterkeringen, Z. O. (2010). Zeeuwse Nota Waterkeringen 2010, uitgangspunten van het Zeeuws Overlegorgaan Waterkeringen voor de waterkering zorg.

Wetsteyn, L. P. M. J. (2010). Actualisatie bekken rapport Grevelingenmeer. Middelburg, Rijkswaterstaat.

Zuidwestelijke Delta (2010). Veilig, Veerkrachtig en Vitaal, Ontwerp-Uitvoeringsprogramma Zuidwestelijke Delta 2010-2015+. S. Z. Delta, Stuurgroep Zuidwestelijke Delta: 87.

9 Kwaliteitsborging en Verantwoording

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Rapportnummer: C029/13
Projectnummer: 4308302005

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord: Dr. J Stapel
onderzoeker



Handtekening:

Datum: 21 februari 2013

Akkoord: Dr. B.D. Dauwe
Hoofd afdeling Delta



Handtekening:

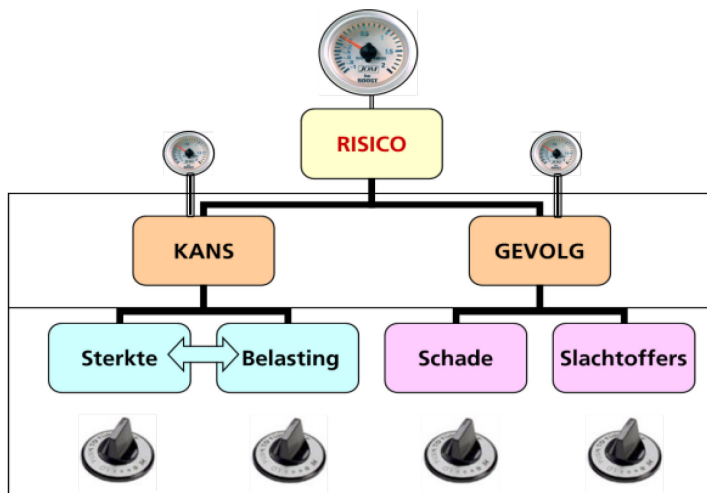
Datum: 21 februari 2013

Bijlage A. Beschrijving voor waterveiligheid, economie en ecologie in de Zuidwestelijke Delta

9.1 Risico waterveiligheid

In technische zin wordt een risico op overstroming uitgesplitst in de kans van optreden en de gevolgen van een overstroming (Figuur 13). De kans van optreden is afhankelijk van de optredende belasting en de actuele sterkte van de waterkering. Verschillende mogelijke gevolgen van een overstroming zijn denkbaar. Twee categorieën kunnen worden onderscheiden: materiele schade en slachtoffers.

Het risico van het optreden van een overstroming kan dan ook worden verminderd door aan beide knoppen te draaien: het verkleinen van de kans en /of het verkleinen van de gevolgen. De basis van meerlaagsveiligheid is dan ook om een dusdanig pakket aan maatregelen te ontwerpen en uit te voeren om het resulterende risico kleiner te maken en in overeenstemming te brengen met een vigerende norm.



Figuur 13, risicobenadering waterveiligheid.

9.2 Economie

Noordelijke deel

De noordelijke bekkens hebben zich na de Deltawerken ontwikkeld tot stilstaande zoete en zoute wateren met een (min of meer) vast peil. De aanleg van de dammen resulteerde ook in een betere ontsluiting van het gebied. Dat heeft geleid tot bloeiende recreatieve voorzieningen op de koppen van de eilanden (Goeree en Schouwen), op en aan de Brouwerdam, en rond de Grevelingen (met name watersport), maar ook het Haringvliet. De landbouw heeft geprofiteerd van de ruimere beschikbaarheid van zoet water. De visserijsector is op de Grevelingen actief met de kweek van zowel de Platte oester als de Japanse oester en er wordt gevist op kreeft en paling. Het Volkerak-Zoommeer is niet in gebruik voor schelpdierkweek, wel vindt er kleinschalige visserij met fuiken plaats. Daarnaast vormen de twee meren onderdeel van de Schelde-Rijnverbinding, een getijvrije scheepvaartroute tussen de havens van Rotterdam en Antwerpen. De recreatievaart is hier minder actief vanwege de matige waterkwaliteit en hoge mate aan beroepsvaart. Het Haringvliet vormt een omvangrijk recreatiegebied met name voor de recreatievaart en er zijn meerdere jachthavens gelegen (o.a. Hellevoetsluis, Stellendam, Middelharnis, Stad aan het Haringvliet). Vanwege de intensieve beroepsvaart is het Hollandsch Diep minder in trek voor de waterrecreatie. De visserij op zowel het Haringvliet als Hollandsch-Diep beperkt zich tot voornamelijk de wolhandkrabvisserij. Sinds de bodemverontreiniging in de jaren '70 vanuit de Rijn is de palingvisserij verboden.

Zuidelijke deel

De Oosterschelde en Westerschelde worden gekenmerkt door de dynamiek van het getij. Van alle bekkens in de Zuidwestelijke Delta wordt de Oosterschelde intensief gebruikt door verschillende typen schelpdierkweek en visserij-activiteiten (Mulder, Taal et al. 2012). Samen met de Waddenzee vormt de Oosterschelde het belangrijkste gebied voor mosselkweek in Nederland. Daarnaast heeft de Oosterschelde zich ontwikkeld tot belangrijk recreatie- en watersportgebied met historische stadjes zoals Zierikzee, Yerseke, Bruinisse en Stavenisse en verblijfsrecreatieve terreinen en diverse jachthavens. Naast recreatievaart is de onderwatersport (duiken) een belangrijke activiteit. Ook vormt de het bekken onderdeel van een binnenvaartroute tussen Rotterdam en Antwerpen.

De Westerschelde is van groot economisch belang voor scheepvaart en havens en vormt een belangrijke transportas voor toegang tot de havens van Antwerpen, Vlissingen, Terneuzen en Gent. Om de vaargeul op diepte te houden voor de containerschepen wordt met regelmaat gebaggerd. In het verleden hebben verschillende verruiming en verdiepingen plaatsgevonden. Naast scheepvaart is de Westerschelde een belangrijk gebied voor energiecentrales en industrieterreinen rondom Vlissingen, Antwerpen en bij Terneuzen.

9.3 Ecologie

Noordelijk deel

De afgesloten wateren in de noordelijke delta herbergen karakteristieke natuurwaarden. Zo is het Grevelingenmeer een helder, op Europese schaal zeldzaam zoutwatermeer dat van internationaal belang is als foerageergebied voor verschillende soorten (trek)vogels. De oeverzones en eilanden zijn van groot belang voor kustbroedvogels (Wetsteyn 2010). De eilanden herbergen zeldzame natuurwaarden zoals plantensoorten van vochtige duinvalleien (bijv. orchideeën soorten). Ook komt hier de Noordse Woelmuis voor. Door de zuurstofloosheid op de bodem hebben met name in de diepere delen het onderwaterleven grote veranderingen ondergaan. In de ondiepere delen is de bedekking met Japanse oesters toegenomen. Ook buiten de kweekpercelen komen deze oesters voor met name op de dijkbegroeiingen, golfbrekers en stranden (Wijsman, Perdon et al. 2010). Het Haringvliet en Hollandsch Diep zijn zoete wateren met graslanden, gorzen, rietruigten en wilgenstruwelen langs de oevers ((Rijkswaterstaat 2011). Door het beetje aanwezige getij zijn er nog slechts beperkte slikkige delen langs de oevers. Het Volkerak-Zoommeer als stagnant zoet water systeem wordt gekenmerkt door dichtbegroeide oeverzones en eilanden met riet en ruigten. Beide gebieden zijn van belang als foerageer- en rustplaats voor ganzen- en eenden soorten en sommige steltlopers als de Kluut en Bontbekplevier. Zowel langs het Volkerak als Haringvliet zijn hier en daar brede oeverzones aanwezig. De jaarlijkse bloei van blauwalgen vormt in beide bekkens een ecologisch probleem. De toename van blauwalgen heeft te maken met de veranderingen in het ecosysteem in combinatie met voedselrijkdom van het Volkerak-Zoommeer. De toxines, die vrijkomen bij afbraak van de blauwalgen, kunnen leiden tot sterfte van watervogels en vissen en tot overlast voor recreanten en omwonenden (Bestuurlijk Overleg Volkerak-Zoommeer 2009).

Zuidelijk deel

Het zuidelijke deel van de Delta wordt gekenmerkt door dynamische getijdengebieden met zoet en zoutwater invloed. Het gebied als geheel vormt een belangrijk broed- en foerageergebied voor veel verschillende soorten (trek)vogels. Ook komen er groeiende populaties zeezoogdieren voor zoals de Gewone Zeehond, Grijze zeehond en Bruinvissen. De ondiepe, voedselrijke wateren vervullen een belangrijke rol als kraamkamer voor vissen en garnalen in de delta, Voordelta en Noordzee.

De Oosterschelde als zoute lagune is met name van belang voor steltlopers als de Scholekster, Bonte strandloper, Zilverplevier en Wulp die in grote getalen overwinteren en ook als foerageergebied voor trekvogels (Troost en Ysebaert 2011). De droogvallende platen en slikken met bodemleven dienen hierbij als belangrijke voedselbron. De Japanse oester die in 1964 geïntroduceerd werd in de Oosterschelde heeft zich in de laatste 30 jaar snel uitgebreid (Troost, Gelderman et al. 2009). Op het harde substraat van de dijken komen soorten van rotskusten voor (De Kluijver en Dubbeldam 2003). Door afvlakking van het intergetijdengebied als gevolg van zandhonger neemt de droogvalduur en daarmee de foerageertijd af. Een onderzoek in 2011 (Troost en Ysebaert, 2011) concludeerde dat het aantal steltlopers (nog) geen effecten ondervindt van de afname in plaatareaal, droogvalduur en daarmee voedselbeschikbaarheid. In de toekomst is de verwachting dat deze aantallen wel achteruitgaan als gevolg van de effecten van de


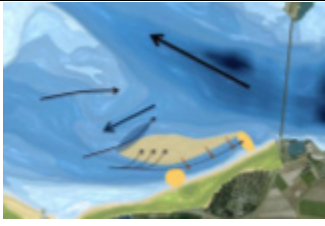


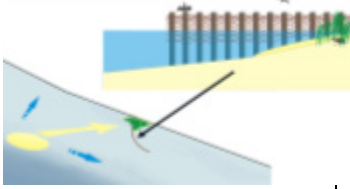
zandhonger. Naast effecten op vogels heeft de zandhonger mogelijk ook gevolgen voor de rusttijd voor zeehonden tijdens laagwater en de zoogtijd van pups.



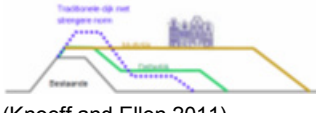
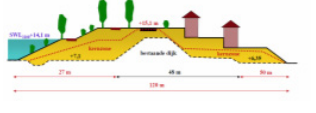
De Westerschelde is aangewezen als internationaal belangrijk natuurgebied vanwege onder andere het voorkomen van zeldzame habitats, grote aantallen vogels, de aanwezigheid van zeezoogdieren en trek-, kraam- en opgroeigebied voor vissen. Onder de schorren langs de Westerschelde bevindt zich het grootste brakwaterschor van West-Europa: het Verdrongen Land van Saeftinghe. Er broeden duizenden kustvogels, zoals zilvermeeuwen en kokmeeuwen, visdiefjes en scholeksters. De rietvelden zijn belangrijke broedgebieden voor Rode Lijst soorten als baardmannetje, blauwborst, rietzanger en bruine kiekendief. Ganzen en andere eendachtigen vinden er een belangrijk foerageergebied. Net als in de Oosterschelde vormen de slikken en platen in de Westerschelde een belangrijk foerageergebied voor vogels (steltlopers) en vissen. De inpolderingen en verruiming in de Westerschelde hebben tot een verstoring van het morfologisch systeem geleid, en daarmee ook tot verlies aan habitatdiversiteit en habitatkwaliteit.

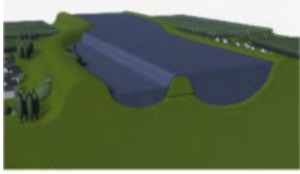

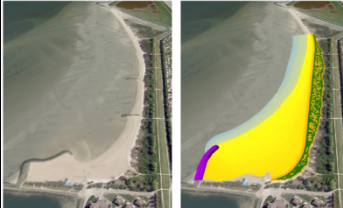
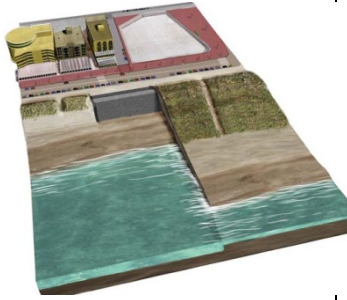
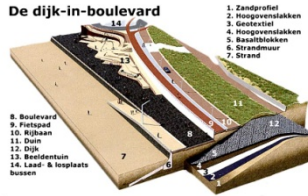
Europese richtlijnen Natura 2000

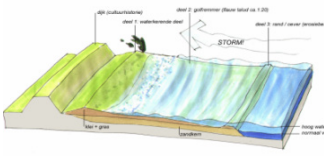
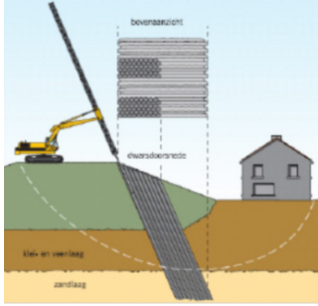

Vanwege het zowel nationale- als internationale belang van de Zuidwestelijke Delta voor de trekvogels, broedvogels, vissen en zeehonden zijn grote buitendijkse delen aangewezen als Natura 2000 gebied. Binnen het studiegebied vallen de volgende gebieden onder Natura 2000: Oosterschelde en Veerse Meer, Haringvliet en Hollandsch Diep, Grevelingen, Krammer-Volkerak, Zoommeer en Westerschelde & Saeftinghe. Natura 2000 is een netwerk van beschermde gebieden in Europa die vallen onder de Vogel- en Habitatrichtlijn. Naast Natura 2000 is natuurbescherming op nationaal niveau vastgelegd in de Natuurbeschermingswet (1998). Voor elk Natura 2000-gebied gelden instandhoudingsdoelen. Die geven aan welke natuurlijke leefgebieden en populaties van dier- of plantensoorten in dit gebied behouden, hersteld of ontwikkeld moeten worden. De mariene getijdensystemen in de Zuidwestelijke Delta die onder de Vogel- en Habitatrichtlijn zijn Oosterschelde, Westerschelde & Saeftinghe en de Voordelta.


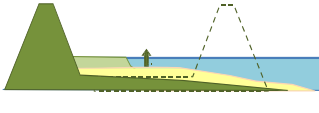
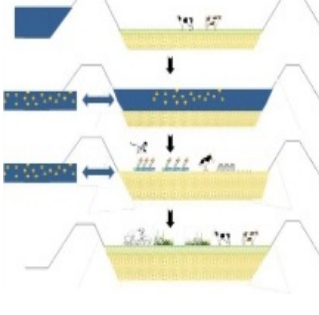
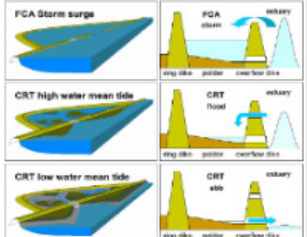
Bijlage B. Long list van dijkconcepten

BUITENDIJKS			
Concept	Beschrijving	Voorbeeld	Bron
Zandmotor	(mega)suppletie die onder invloed van waterbeweging geleidelijk verspreid en de kust versterkt	 Pilot Delflandse kust	Building with Nature
Zandloper	Stimuleren “wandelede zandbank” door golf gedreven transport, door het “knijpen” van een geul langs de kust met strategische suppleties.	 Onrustgeul	Building with Nature
Eco-concrete wave breakers	Ecologisch vriendelijkere golfbrekers. Door het creëren van een heterogeen talud wordt het vestigingsklimaat voor verschillende soorten flora en fauna bevorderd.	 Haven IJmuiden	
Rietmatrassen (zoet)	Gebruik van riestenhouten, drijvende matrassen om ontwikkeling van riet te bevorderen en de golfaanval op de dijk te reduceren.	 Markermeer (afgerond in 2010)	Building with Nature
Soft sand engine (zoet)	Combinatie van een ondiepe vooroeversuppletie en vegetatieontwikkeling. Deze pilot onderzoekt of een suppletie voor de kust in zoet water mogelijkheden biedt voor een veiligere en natuurlijkere kustzone met mogelijkheden voor recreatie.	 Pilot Friesche IJsselmeerkust	Building with Nature

Shellfish reefs	Gebruik van riffen van oesterschelpen om de gevolgen van zandhonger in de Oosterschelde te verminderen. Het doel is om golfenergie te beperken en erosie af te remmen en de ontwikkeling van een natuurlijk oesterrif te stimuleren.		Building with Nature
		Oosterschelde Viane/Zierikzee (lopend)	
Schorrematten van Spartina	Gebruik van de aanplant van Spartina matrassen om erosie af te remmen en sedimentatie te stimuleren.		IMARES
		Pilot Spartina matrassen Oosterschelde	
DIJKZONE			
Onoverstroombare dijk	Een waterkering die zo hoog is dat er bij maatgevende omstandigheden geen overloop of golfoverslag kan optreden.		Van Loon-Steensma et al., 2012
Deltadijk	De Deltadijk is een verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt, ook als de dijk zou overstromen.	 (Knoeff and Ellen 2011)	Van Loon-Steensma et al., 2012 en
Klimaatdijk/multidijk	De Klimaatdijk/Multidijk is een verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt, ook als de dijk zou overstromen. Combi met verschillende gebruiksvormen.	 Klimaatdijk Tiel Oost (In: Deltares 2010)	Van Loon-Steensma et al., 2012
Superdijk/Terpendijk	Multifunctionele dijk met zeer brede kruin en doorbraakbestendig.		Van Loon-Steensma et al., 2012
Overslagbestendige dijk	Bij een overslagbestendige dijk is de dijkbekleding van het binnentalud bestand tegen een vooraf bepaald overslagdebiet.		Van Loon-Steensma et al., 2012

<p>Overstroombare dijk</p>	<p>Bij een overstroombare waterkering kan bij hoge waterstanden, water gecontroleerd over de dijk stromen naar (daar op ingericht) achter liggend gebied. De dijk is zo aangepast dat deze voldoet aan de veiligheidseisen voor bezwijkmechanismen (ook golfoverslag/overloop).</p>	<p>Overstroombare dijk</p>  <p>Maaskaden (In: Deltares 2010)</p>	<p>Van Loon-Steensma et al., 2012 en</p>
<p>Rijke dijk (draagt niet bij aan veiligheid)</p>	<p>Heterogeniseren van het dijktalud om omstandigheden en vestigingsklimaat voor verschillende soorten flora en fauna te bevorderen.</p>	 <p>Wemeldinge (afgerond) Kanaal door Zuid-Beveland (afgerond)</p>	<p>www.innovatieocaties.nl</p>
<p>Duindijk / dijk in duin</p>	<p>Dijk ingebed in een duin die voor de dijk komt te liggen en wordt gesuppleerd (of ontstaat vanzelf zoals bij de Veerse Gatdam) op strand of vooroever en zorgt voor een stevige buffer tegen het water waardoor de golf aanval wordt beperkt en de dijk niet opgehoogd hoeft te worden.</p>	 <p>Sophiastrand Oosterschelde (voorbereidingsfase)</p>  <p>Kustversterking Noordwijk (bron: gemeente Noordwijk)</p>	<p>Tangelder en Ysebaert, 2012, Van Loon-Steensma et al., 2012</p>
<p>Dijk in boulevard</p>	<p>Dijk die is ingebed in een boulevard en voorzien is van een extra zandbuffer t.b.v de beperking van de golfaanval, waardoor met een lagere kruinhoogte kan worden volstaan.</p>	<p>De dijk-in-boulevard</p>  <p>Scheveningen (Bron: gemeente Den Haag)</p>	<p>Van Loon-Steensma et al., 2012</p>

<p>Oeverdijk</p>	<p>Een Oeverdijk is een 80 – 100 meter breed grondlichaam tegen de bestaande dijk. Toepassing hiervan wordt onderzocht langs het Markermeer door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier .De bedoeling is dat het flauwe talud van zand of klei begroeid raakt en de golfoploop en –aanval op de dijk zal verminderen. Naast veiligheid komt het een ecologisch waardevolle oeverzone ten goede. Ook worden koppelingen met recreatie bekeken.</p>	 <p>Schetsontwerp Oeverdijk (Stroming 2012)</p>	<p>Building with Nature</p>
<p>Innovatief technische oplossingen</p>	<p>Tegengaan van piping: Het ondervangen van het faalmechanisme piping wordt vaak gedaan door binnendijs een steunberm aan te leggen. Als de ruimte echter ontbreekt, dan kan gekozen worden voor het plaatsen van een verticaal erosiescherm in de grond. Het scherm laat wel het water door, maar niet de zandkorrels. In figuur (rechts) is dat geïllustreerd. Het scherm moet overigens wel in de teen van de dijk worden geplaatst.</p>	 <p>(Bron: Deltares)</p>	
<p>BINNENDIJKS</p>			
<p>Inlaag</p>	<p>Een inlaag is een polder van historische oorsprong langs de zee waarbij een inlaagdijk als reserve werd aangelegd wanneer risico bestond van wegzakken van de primaire waterkering. Tegenwoordig is dit concept interessant om overstromingsrisico's te zoneren en een robuustere kustzone te creëren/behouden.</p>	 <p>Inlagen langs de Oosterschelde (www.kustfoto.nl)</p>	<p>Tangelder en Ysebaert, 2012</p>
<p>Dubbel dijk / tripple dijk (waker, slaper en dromer)</p>	<p>De dubbele dijk bestaat uit een parallelsysteem van twee dijken achter elkaar waarbij de voorste dijk onder de norm mag zijn en de tweede dijk hoeft niet heel hoog te zijn om aan de norm te voldoen. Een trippledijk zijn drie dijken parallel. Hierdoor ontstaat een zonering van overstromingsrisico's.</p>		<p>Van Loon-Steensma et al., 2012</p>

<p>Dubbele dijk</p>	<p>Bij fort Ellewoutsdijk aan de Westerschelde is een nieuwe dijkbeheerstrategie uitgevoerd in het kader van het ComCoast project. Het fort is gelegen tussen twee dijken. Het talud van de binnenzijde van de primaire waterkering is zodanig aangepast dat deze overloopt van zeewater aan kan. Ook de secundaire dijk is voorzien van een nieuwe bekleding. In het geval dat de primaire dijk overloopt, zal de secundaire dijk het water keren en hoeft de primaire dijk niet opgehoogd te worden (www.comcoast.org).</p>	 <p>(www.comcoast.org)</p>	
<p>BINNENDIJKS met getij</p>			
<p>Sedimentatie-gebieden</p>	<p>Ontpoldering van land met als doel kustzone te laten meestijgen met de zeespiegel door sedimentatie.</p>		<p>Tangelder en Ysebaert, 2012</p>
<p>Wisselpolders</p>	<p>Het concept van de wisselpolders gaat uit van een cyclisch opslibben van laaggelegen, ingeklonken binnendijkse gebieden. De opslibbing gebeurt via natuurlijke processen. Tijdens het opslibbingsproces ontstaat er in het gebied intergetijden natuur: slikken zullen evolueren naar laag en hoog schor. Wanneer het bodemoppervlak voldoende is opgehoogd door deze natuurlijke aanslibbing, kan het gebied opnieuw worden ingepolderd en beschikbaar gemaakt als landbouwgrond.</p>		<p>De Mesel et al., 2012 (in voorbereiding)</p>
<p>Getijddepolder met gecontroleerd gereduceerd getij</p>	<p>Via een sluisenconstructie staat het de polder in contact met het water, zodat er bij elk hoogtij water in het gebied stroomt, wat er bij laagtij weer uit vloeit. Dit zorgt voor effectieve sedimentatie doordat het water in de polder enige tijd stil staat voordat het wegvloeit. In Vlaanderen worden deze gebieden ingezet als gecontroleerde noodoverloop gebieden (gog's) langs de Schelde.</p>	 <p>Toegepast Lippenbroek langs de Zeeschelde (Peeters, Claeys et al. 2009)</p>	

Bijlage C. Beschrijving afwegingscriteria innovatieve dijkconcepten

Veiligheid

Huidige veiligheidsnorm dijken: De wettelijke veiligheidsnorm die geldt binnen dijkkringgebieden is een faalkans van 1:4000 of 1:2000 (eens in de 4000 of 2000 jaar) in de Zuidwestelijke Delta. Of aan de norm wordt voldaan, wordt per dijktraject getoetst. Daarbij ligt het accent op een beoordeling van verschillende faaloorzaken van de waterkering. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of het innovatieve dijkconcept de norm voor het hele dijkkringgebied verhoogt (verbetert) of verlaagt (verslechtert). Wanneer het innovatieve dijkconcept slechts wordt toegepast op een deel van het dijkkringgebied en alleen dat deel veiliger maakt, kan gesteld worden dat de gemiddelde norm van het hele dijkkringgebied verhoogd.

Schade binnendijks en of tussendijks: Dit afwegingscriterium richt zich op het beperken van de gevolgen van een overstroming, zonder de kans op een overstroming te verminderen. Met andere woorden, wat gebeurt er als de dijk doorbreekt of overloopt. Beoordeel bij dit criterium of het innovatieve dijkconcept leidt tot minder (verbetert) of meer (verslechtert) schade. Voor dubbeldijken, triple dijken en sedimentatiegebieden moet ervan uitgegaan worden dat er geen waardevolle kernen zijn in de gebieden die overstromen

Golfdempende werking en erosie bescherming: Voorland en ondiepe vooroevers dempen de golvenaanslag op de dijk. Deze gebieden waar zich biobouwers (bijvoorbeeld schorren, oesterriffen) kunnen vestigen kunnen daarom aanleg- en onderhoudskosten besparen. Mogelijk kunnen biobouwers ook zandsuppleties consolideren en erosie voorkomen of afremmen. Er zijn echter nog wel openstaande vragen zoals over de effectiviteit van voorland en ondiepe vooroevers onder maatgevende omstandigheden en het risico van ziekten die biobouwers kunnen treffen. Technische oplossingen kunnen dienen om de ruwheid van het dijkoppervlak te vergroten. Hierdoor breken de golven waardoor de dijk minder hoog hoeft te zijn. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of dit innovatieve dijkconcept de golfaanslag op de dijk verlaagt (verbetert) of verhoogt (verslechtert).

Effecten en kansen voor functies en waarden

Zoete landbouw (binnendijks): Innovatieve dijkconcepten beïnvloeden de ontwikkelkansen voor zoete landbouw. Een vermindering van zoute kweldruk leidt tot een geringere behoefte aan zoetwater voor de zoete landbouw. Anderzijds kunnen binnendijkse opties er voor zorgen dat zoete landbouw verloren gaat. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of dit innovatieve dijkconcept de opbrengst vanuit de zoete landbouw verbetert of verslechtert.

Zoute landbouw en aquacultuur (buitendijks): Innovatieve dijkconcepten beïnvloeden de ontwikkelkansen voor zoute landbouw (teelt van zilte gewassen) en aquacultuur (vis, schaal en schelpdierkweek). Beoordeel bij dit afwegingscriterium of dit innovatieve dijkconcept de opbrengst vanuit de zoute landbouw en aquacultuur verbetert of verslechtert. Gebieden tussen dubbeldijken en triple dijken kunnen met pijpleidingen in verbinding komen te staan met omliggende bekkens. Het gaat hier dan om binnendijks gebied met zoute invloeden. Verder kunnen innovatieve concepten mogelijk op dusdanige manier worden ingezet dat ze benut kunnen worden voor bijvoorbeeld de kweek van schelpdieren en vissen.

Visserij (zout): Innovatieve dijkconcepten kunnen de visstand beïnvloeden door bijvoorbeeld voortplantingsgebieden van bepaalde soorten te creëren door een meer natuurlijke inrichting van de dijkteen of voorlanden. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of het innovatieve dijkconcept de opbrengst van de lokale visserij verbetert of verslechtert.

Industrie en havens: Innovatieve dijkconcepten beïnvloeden de ontwikkelkansen voor industrie en havens. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of dit innovatieve dijkconcept goed (verbetert) of niet goed (verslechtert) te combineren is met de ontwikkeling van industrie en havens.

Graduele overgangen van voorland en dijkzone: Dijken zijn relatief abrupte, en in estuariene gebieden onnatuurlijke, overgangen tussen de zee en het land. Hierdoor krijgen veel intergetijdse gebieden en hoger gelegen kustgerelateerde natuurwaarden niet de kans tot ontwikkeling te komen. Denk bijvoorbeeld aan verbindingen tussen zoete en zoute natuur. Beoordeel bij dit criterium of met het innovatieve dijkconcept de graduele overgangen van het voorland en de dijkzone verbeteren of verslechteren. Gebieden tussen dubbeldijken en triple dijken kunnen met pijpleidingen in verbinding komen te staan met omliggende bekkens. Het gaat hier dan om binnendijksgebied met zoute invloeden.

Habitat en biodiversiteit op bekken niveau: Innovatieve dijkconcepten kunnen geïntegreerd worden met andere gebruiksfuncties waaronder natuurontwikkeling. Denk hierbij aan: schorontwikkeling of uitbreiden van voorlanden wat zorgt voor uitbreiding van habitat voor soorten en behoud van biodiversiteit. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of met het innovatieve dijkconcept de kwaliteit van habitats en de biodiversiteit verbetert of verslechtert.

Reguleren water en luchtkwaliteit: Duinformaties kunnen dienen om water te zuiveren en schorren vormen hoog productieve plantgemeenschappen die bijdragen aan een goede luchtkwaliteit. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of het innovatieve dijkconcept de water en luchtkwaliteit verbetert of verslechtert.

Vastlegging van CO₂:CO₂ kan worden vastgelegd door bijvoorbeeld de groei van schelpdieren of planten. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of het innovatieve dijkconcept de vastlegging van CO₂ verbetert of verslechtert. Omdat tussendijkse gebieden relatief kwetsbaar blijven voor overstroming, is het minder geschikt voor kwetsbare functies. Hierdoor is de kans dat deze gebieden toegewezen worden voor natuur en recreatie groter, waardoor ook de kans op het vastleggen van CO₂ toeneemt.

Recreatie en toerisme (land- en waterrecreatie): Innovatieve dijkconcepten bieden kansen voor recreatie en toerisme met name door natuurbeleving, wandelen, fietsen en recreëren aan het water. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of met het innovatieve dijkconcept de mogelijkheden voor recreatie en toerisme verbetert of verslechtert.

Ruimtelijke kwaliteit (beleving van het landschap): Innovatieve dijkconcepten hebben soms een ander uiterlijk dan een traditionele dijk. Ruimtelijke kwaliteit heeft betrekking op een verbetering/verslechtering in beleving van het landschap ten opzichte van een traditionele dijk. Bijvoorbeeld een verbetering van de ruimtelijke kwaliteit door een toename aan natuur of een betere of meer geleidelijke verbinding tussen het binnen- en buitendijkse gebied. De score is sterk afhankelijk van persoonlijke voorkeuren.

Wonen: Sommige innovatieve dijkconcepten bieden een geschikte plaats voor de ontwikkeling van woongelegenheden. Het gaat hier om woongebied op, achter of zelfs voor de dijk. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of met het innovatieve dijkconcept de mogelijkheid om woongelegenheden te creëren verbetert of verslechtert.

Uitvoerbaarheid

Aanpassingsvermogen: Met oog op toekomstige dijkversterking en onderhoud is het van belang dat dijken veilig zijn voor de langere termijn of aanpasbaar zijn aan nieuwe veiligheidscriteria. Zo kunnen biobouwers door het invangen en vasthouden van sediment potentieel meegroeien met zeespiegelstijging en zijn zandige oplossingen relatief makkelijk omkeerbaar. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of met het innovatieve dijkconcept de mogelijkheid om de dijk in de toekomst aan te passen verbetert of verslechtert. Bij Dubbele dijken moet er rekening mee worden gehouden dat er meerdere dijken moeten worden aangepast.

Risico's (technisch, maatschappelijk, bestuurlijk, juridisch) Op lokaal niveau kan er een betere inschatting worden gemaakt van de risico's die gepaard gaan met de toepassing van verschillende innovatieve dijkconcepten. Hierbij kan gedacht worden aan veranderingen in buitendijkse N2000 gebieden of tegenstand vanuit lokale gebruikersgroepen. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of het innovatieve dijkconcept technisch, maatschappelijk, bestuurlijk of juridisch makkelijker (verbetert) of moeilijker (verslechtert) is te realiseren?

Meekoppel kansen bij programma's, doelen, opgaven en lokale ontwikkelingen (ook medefinanciering): Wanneer innovatieve dijkconcepten beter aansluiten bij lokale visies en doelen, is er meer kans op mede financiering. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of de kans om aan te sluiten bij bestaande programma's doelen, opgaven en lokale ontwikkelingen voor het innovatieve dijkconcept zal toe- (verbetert) of afnemen (verslechtert). Hoewel dit afwegingscriterium is gewaardeerd in de tabel, dient opgemerkt te worden dat meekoppelkansen bij programma's, doelen, opgaven en lokale ontwikkelingen sterk afhankelijk zijn van lokale omstandigheden.

Financiering

Investeringskosten: Evenals een traditionele dijk zijn er investeringskosten verbonden aan innovatieve dijkconcepten. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of deze kosten zullen af- (verbetert) of toenemen (verslechtert).

Kosten van beheer, onderhoud en organisatie: Evenals een traditionele dijk, moeten innovatieve dijkconcepten beheerd en onderhouden worden. Beoordeel bij dit afwegingscriterium of deze kosten zullen af- (verbetert) of toenemen (verslechtert).

Bijlage D. Aanwezigen workshop 5 december 2012

Aanwezige genodigden:

Coen Verhoeve	Waterschap Scheldestromen
Marco de Feiter	Waterschap Scheldestromen
Ernst Jonker	Waterschap Scheldestromen
Victor Witter	Waterschap Brabantse Delta
Lambert Vendrik	Waterschap Brabantse Delta
Peter Meininger	Projectbureau Zeeweringen
Leo Adriaanse	Rijkswaterstaat Zeeland
Guido op 't Hof	Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta
Ed Stikvoort	Provincie Zeeland
Ko Kloet	Gemeente Reimerswaal
Peter van Sante	Gemeente Schouwen Duiveland
Tom Vermin	Gemeente Noord-Beveland
Arthur Kalkhoven	ZLTO
Henk Botterweg	Watersportverbond
Jaap Geleijnse	Voorzitter van de Federatie van Beroepsvissers Zuidwest Nederland

Afwezige genodigden:

Wouter van Zandbrink	Blueport Oosterschelde
Robbert Northolt	Camping Scheldeoord
Wilfred de Zeeuw	Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta
Loes de Jong	Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta
Alien Kok	Dienst Landelijk Gebied
H. van Kooten	Gemeente Noord Beveland
Gertjan Buth	Het Zeeuwse Landschap
Martin Hemminga	Het Zeeuwse Landschap
Theo Vulink	Rijkswaterstaat
Bjorn van den Boom	Natuurmonumenten
Ko Prins	Prins en Dingemanse
Yvo Provoost	Projectbureau Zeeweringen
Bert Kortsmid	Projectbureau Zeeweringen
Niels Aten	Provincie Noord Brabant
Sarie Buijze	Provincie Noord-Brabant
Frank van Lamoen	Provincie Noord Brabant
Ruben Akkermans	Provincie Zeeland
Kees van Beveren	Provincie Zeeland
Jaap Broodman	Provincie Zeeland
Welmoed Hollemans	Provincie Zeeland
Eric Schumacher	Provincie Zeeland
Frans van Pelt	Provincie Zeeland
Luc Absil	Provincie Zuid Holland
Onno van Eijk	Provincie Zuid Holland
Sjoerd Keegstra	Provincie Zuid Holland
Roy Schrijver	Rijkswaterstaat
Eric van Zanten	Rijkswaterstaat
Ben de Winder	Rijkswaterstaat
Sander Ruizeveld de Winter	Stichting de Zeeuwse Tong
Jan van Roekel	Stichting project Dijk van een Delta

Peter van den Bosch	Waterschap Brabantse Delta
Jeanine van de Haterd	Waterschap Hollandse Delta
Jan Smits	Waterschap Hollandse Delta
Jan Minderhoud	Waterschap Scheldestromen
Wim Veldhuis	Waterschap Scheldestromen
Leo Wisse	Waterschap Scheldestromen
Gijs van Zonneveld	WNF
Carla Michielsen	ZLTO

Aanwezige project belanghebbenden:

Erik Jan van de Meer	Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta (opdrachtgever)
Hans van Engen	Dienst Landelijk Gebied
Anneke Adegeest	Dienst Landelijk Gebied
Marijn Tangelder	IMARES
Tom Ysebaert	IMARES
Christiaan van Sluis	IMARES
Annemarie Groot	Alterra
Joke Luttk	Alterra
Jantsje van Loon	Wageningen UR
Gerard van Meurs	Deltares
Harry Schelfhout	Deltares
Niels Eernink	Deltares

Bijlage E. Samenvatting van de stakeholder workshop

Hieronder volgt een samenvatting van de stakeholder workshop op 5 december 2012 en de belangrijkste bevindingen die daarbij naar voren zijn gekomen.

Bevindingen per dijkconcept

Traditionele dijken dienen als referentie ten opzichte van de innovatieve dijken. Dijken zijn succesvol in het waarborgen van de waterveiligheid. De laatste toetsingsronde heeft echter aangetoond dat de aanwezigheid van voorland een belangrijke factor is voor dijkstabiliteit en het voorkomen van piping (belangrijke toetsingscriteria). Naast waterveiligheid draagt het ook bij aan een ecologisch waardevolle oeverzone. De afwezigheid van een voorland leidt tot een ander ontwerp van een traditionele dijk met brede bermen. Daar waar van nature geen vooroever voorkomt, kan bekeken worden of er een moet worden aangelegd. Als deze niet kan worden aangelegd moet binnendijks naar een oplossing worden gezocht om de stabiliteit te vergroten. Over de betekenis van robuustheid liepen de meningen uiteen. Is een robuuste, overgedimensioneerde dijk nu veiliger of even veilig als een traditionele dijk als deze voldoet aan de norm? Enerzijds: is goed, goed genoeg. Anderzijds wijst de praktijk uit dat dijken vaak maar 10 jaar meekunnen. Vaak vindt tussentijds normaanpassing plaats of is de oorzaak vervorming. Bij een robuuste kering is langere tijd geen ophoging nodig omdat deze veiliger is als de norm. Dit houdt ook de mogelijkheid open om andere functies aan de dijk te koppelen.

Biobouwers zijn concepten in ontwikkeling. De kennis van biobouwers is momenteel nog onvoldoende om de groei en overleving te kunnen beoordelen en de betekenis voor kustverdediging, ecologie en gebruik concreet te maken.

Zandige oplossingen oftewel suppleties bieden kansen op plekken daar waar de stabiliteit van de dijk in het gedrang komt. Daar waar de geul niet dicht tegen de dijk aan ligt, kan zand worden gebruikt om voorlanden te versterken. Het ontwikkelen van voorlanden draagt bij aan een ecologisch waardevolle oeverzone.

Robuuste dijken tonen verschil in de mate van robuustheid. Robuuste dijken zijn interessant over 50-100 jaar om aan de norm te voldoen en om meerdere functies met elkaar te combineren. Men zou kunnen kiezen voor een dijkontwerp met een over dimensionering om voor te sorteren op de volgende verzwaringsronde. Door nieuwe kennis heeft een ontwikkeling plaatsgevonden richting bredere dijken; of dat nu robuust is of hybride. Deze concepten hebben echter kostendragers nodig en hebben potentie daar waar maatschappelijke dynamiek aanwezig is bijvoorbeeld een dorps- of stadsfront waar mensen graag op de dijk zouden willen wonen of haven uitbreidingen.

Het concept van **hybride dijken** wordt op dit moment al toegepast. Bijvoorbeeld bij het Sophiastrand op Noord-Beveland. Bij een dijkversterking gaat de duinnatuur die zich op de huidige dijk ontwikkelt heeft verloren. Door het aanbrengen van een suppletie tegen de dijk en op het strand is een dijkversterking niet meer nodig.

Technische oplossingen zijn met name zinvol daar waar ruimte tekort is om bestaande dijk te verstevigen. Denk daarbij aan damwanden of het gebruik van een gemengde grond-cement oplossing. Een andere optie is een demontabele kering die in tijden van hoogwater in korte tijd kan worden opgezet. Langs de Waalkade bij Nijmegen wordt een demontabele kering gebruikt in tijden van hoogwater rivierafvoer. Maatwerk is belangrijk.

Dubbele of triple dijken zijn met name zinvol daar waar weinig voorland aanwezig is en buitendijkse opties lastig zijn. Fysisch/technisch kan deze maatregel overal, maar is op veel plaatsen maatschappelijk ongewenst. Inlaagdijken zijn parallelle dijken langs de kust en bieden potentie voor dit concept omdat de dubbele dijken al aanwezig zijn. Ook zijn er kansen voor aquacultuur in het gebied tussen de dijken.

Sedimentatiegebieden is een concept waarbij binnendijks land onder invloed van het getij wordt gezet. In Zeeland liggen oplossingen waarbij water over de dijk gaat of binnendijks land wordt opgeofferd, heel gevoelig. De kansen liggen vooral in minder vruchtbare gebieden (bijvoorbeeld kwelzones, arme gronden) of daar waar boeren stoppen.

Bevindingen Zuidelijke bekkens

Deelnemers discussie: Ernst Jonker en Coen Verhoeven (Waterschap Scheldestromen), Leo Adriaanse (Rijkswaterstaat Zeeland), Ed Stikvoort (Provincie Zeeland), Henk Botterweg (Watersportverbond), Arthur Kalkhoven (ZLTO), Ko Kloet (Gemeente Reimerswaal), Tom Vermin (Gemeente Noord-Beveland). Guido op 't Hof (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta).

In de **Oosterschelde** speelt het probleem met erosie van platen en slikken als gevolg van de zandhonger. Het systeem is uit balans. Vanuit Natura 2000 geldt er een instandhoudingsdoel voor slikken en schorren. Om voorlanden en platen in stand te houden zijn er verschillende opties. Vasthouden van zand door biobouwers zoals oesterriffen is aantrekkelijk maar de werking heeft zich nog niet bewezen. Zand suppleren is een optie. Als het niet met zand kan, dan met stenen. In principe zijn alle innovatieve dijkconcepten uit de selectie mogelijk in de Oosterschelde, maar een belangrijke vraag is: welk concept is op welke locatie het meest passend? Op de meeste plaatsen in Zeeland is er voldoende ruimte voor het aanpassen van de traditionele waterkering. Maar pas als er problemen zijn (urgentie) wordt gezocht naar een oplossing. In Zeeland liggen oplossingen waarbij water over de dijk gaat, of binnenlands land wordt opgeofferd, heel gevoelig. Wel bleek dat de boeren meedingen in het plan Tureluur, toen er geld was. Wellicht ontstaan er kansen voor binnendijkse opties op arme gronden of op plekken waar boeren stoppen. Hier liggen ook kansen voor aquacultuur, maar dan moet wel de beschikbaarheid van zout water gegarandeerd kunnen worden. In Zeeland is geen sprake van een landoverschot, want alle marginale gronden zijn onderdeel van de Ecologische Hoofdstructuur geworden.

De potentie zit vooral in de kleine kansen, maar deze benutten gaat niet vanzelf en het is van belang om kostendragers te vinden. Mogelijkheden zijn het betrekken van het bedrijfsleven of belangengroepen zoals de watersportvereniging. In Colijnsplaat zijn er ideeën in ontwikkeling rondom de waterkering en gaan gemeente, provincie en waterschap met elkaar praten. In Wemeldinge wil men graag achter de kering bouwen (binnendijks). In Yerseke is er de wens om te bouwen op de waterkering. In Bruinisse speelt het probleem met vergrijzing en leegloop waar een innovatief dijkconcept mogelijk een economische impuls zou kunnen bieden. Ook speelt er een probleem in de Oosterschelde met het stallen van mosselzaadininstallaties (MZI's). In de zomer worden deze drijvende structuren gebruikt als alternatief voor de bodemvisserij om mosselzaad voor de kweek te vangen. In de winter moeten deze MZI's gestald worden. Wellicht kan een nieuw type dijk mogelijkheden bieden als opslag of losdijk.

De **Westerschelde** is een dynamisch systeem, met aangroei en afslag en vormt tegelijkertijd een belangrijke watersnelweg tussen de Noordzee en Antwerpen. Het kunstmatig diep houden van de geulen heeft invloed op de morfologische processen. Er zijn nog maar weinig natuurlijke diepten en ondiepten. Het is gewenst om de morfologie van het systeem beter te bestuderen. Er speelt op de korte termijn geen waterveiligheidsprobleem, dus er zijn geen maatregelen en ingrepen in het natuurlijke systeem nodig. "Droombeelden" maken heeft daarom weinig zin. Voor de lange termijn zijn er wel maatregelen

nodig, bijvoorbeeld een combinatie van suppleren, biobouwers en een dijkeruglegging. De binnendijkse varianten met een Dubbele of Triple dijk en Sedimentatiegebieden kunnen fysisch/technisch overal maar zijn op veel plaatsen maatschappelijk ongewenst.

Gebruik van vooroevers in kustverdediging is alleen aantrekkelijk als ze er horen en niet kunstmatig aanleggen. Daar waar de geul dicht bij de dijk komt los je ook niets op met biobouwers. Wellicht is de uitbreiding van vooroevers interessant voor de schelpdierkweek. Om kansen te verkennen is het van belang te kiezen voor een "bottom up" gebiedsbenadering. Er spelen al vele ideeën zoals voor het strand en buitendijkse paviljoen bij Baarland, jachthaven bij Breskens en het mogelijk benutten windmolens op de dijk. De gebiedsontwikkeling bij Perkpolder is een mooi voorbeeld (www.comcoast.org). Voor de Westerschelde bestaat geen gebiedsalliantie zoals deze voor de Oosterschelde bestaat.

Bevindingen Noordelijke bekkens

Deelnemers discussie: Peter Meininger (Projectbureau Zeeweringen), Jaap Geleijnse (Voorzitter van de Federatie van Beroepsvissers Zuid-West Nederland), Victor Witter (Waterschap Brabantse Delta), Lambert Vendrik (Waterschap Brabantse Delta), Marco de Feiter (Waterschap Scheldestromen), Peter van Sante (Gemeente Schouwen Duiveland), Erik Jan van de Meer (Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta)

In het **Haringvliet / Hollansch Diep** zijn weinig technische problemen, zo blijkt uit de derde toetsingsronde waterkeringen. Het bedrijfsterrein Moerdijk ligt buitendijks. Bij een uitbreiding van de havenactiviteiten kan gekozen worden voor een dijkverlegging. Zoek verder naar toepassing bij functies als wonen en recreëren; bijvoorbeeld ter hoogte van Willemstad en Noordschans. Beide zijn historische stadjes met een beschermd stadsgezicht. Willemstad beschikt bijvoorbeeld over vestingwerken. Op beide locaties kunnen wellicht innovatieve technische oplossingen worden toegepast door een damwand of grond-cement oplossing aan te brengen om de stabiliteit van de dijk te vergroten. De polderstructuur langs de bekkens is niet zodanig dat er parallelle slaperdijken nabij de waterkerende dijken aanwezig zijn voor Dubbele dijken. Aanleg van een tweede dijk is te duur en daardoor niet interessant.

Vooroevers zijn van belang voor dijk stabiliteit. Waar de vooroever afwezig is kan de binnenzijde van de dijk worden verstevigd. Langs de oevers van het Haringvliet zijn veel grasgorzen aanwezig op de verdedigde vooroevers. Dit biedt ook mogelijkheden voor toepassing van "de Griendijk" die in de Biesbosch is toegepast. Hollandsch Diep heeft weinig ondiepe vooroevers waardoor de kansen voor buitendijkse maatregelen beperkt zijn.

Langs het **Grevelingenmeer** zijn liggen vele oude dijken. Deze oude dijken hebben voor realisatie van de Brouwersdam hogere waterstanden moeten keren. Voor de korte termijn geldt geen veiligheidsopgave, daardoor zal de toepassing van innovatieve dijkconcepten moeilijker realiseerbaar zijn omdat de urgentie ontbreekt. Voor Scharendijke is de ambitie uitgesproken om de waterkering te verlagen om een betere verbinding met het door en het Grevelingenmeer te verkrijgen en de beleving te vergroten. Hier speelt ook de mogelijke peilopzet voor waterberging. Oplossingsrichtingen zijn bijvoorbeeld een (afsluitbare) coupure in de dijk. Ook speelt rondom het Grevelingenmeer de mogelijke verbinding met de Noordzee en de herintroductie van een beperkt getij (0,3-0,5 meter) via een getijdencentrale in de Brouwersdam. Dit kan nieuwe mogelijkheden bieden (bijvoorbeeld voor biobouwers) maar ook zorgen voor een grotere erosie van voorlanden en oeverzones. Daarom moet bekeken worden of de huidige oeververdedigingen nog toereikend zijn. De vooroevers kunnen met zand versterkt worden. De slikken van Flakkee hebben wel een rand met stortsteen maar geen kade. Stortsteen beschermt tegen golfaanval bij frequent voorkomende waterstanden. Er zijn geen inlaagdijken aanwezig maar op specifieke plekken komen wel dubbele dijken voor die mogelijk kansen bieden (Kop van Flakkee en Scharendijke). Daar waar momenteel al zout grondwater opwelt, en waar dat in de toekomst wellicht nog wel verder gaat toenemen, kan gedacht worden aan de binnendijkse teelt van zilte gewassen.

Het Krammer-Volkerak vormt van oorsprong onderdeel van het benedenrivierengebied en staat via de Eendracht in verbinding met het Zoommeer. Het **Volkerak-Zoommeer** als geheel is aangewezen als waterbergingsgebied (1/4000 jaar) waarbij het waterpeil tijdelijk 2 meter stijgt. De dijktoetsing hiervoor is in uitvoering. De dijken hebben nog een hoge kruinhoogte uit de tijd dat het Volkerak-Zoommeer open was. Gebieden langs de Eendracht zijn nog onbeschermd wat leidt tot overstroming als hier geen waterkering aanwezig is. Bij Tholen kunnen problemen ontstaan met buitendijkse bebouwing. Het Volkerak heeft veel ondiepe vooroevers, grasgorzen en grienden langs de oever die perspectief bieden voor uitbreiding en mogelijkheden bieden voor zandige oplossingen of biobouwers. Gebruik van riet op de vooroever een mogelijkheid, echter ervaring wijst uit dat rietontwikkeling om onbekende redenen niet goed tot stand komt langs het Volkerak. Dit moet nader onderzocht worden evenals de optie om grienden te ontwikkelen op de vooroever. Grienden zijn ook een biobouwer. Als grienden betrokken worden bij de waterkering is het van belang toetsingscriteria, beheer en onderhoud verantwoordelijkheden helder te hebben. Beheer van grienden zijn geen kerntaak van de waterschappen. Aan de Brabantse zijde zijn een aantal smal ingedijkte polders (dubbele dijken). Deze polders zijn echter aanzienlijk breder dan de inlagen langs de Oosterschelde. De vraag is of je deze gebieden wel wilt benutten als Dubbele dijken en of hier noodzaak toe is. Bij de Kouwe Hoek is binnendijks een graslandgebied aanwezig. Daar zou de dijk in de toekomst eventueel overslagbestendig kunnen worden uitgevoerd. De ambitie van de gemeente Bergen op Zoom is om een betere verbinding met het Markiezaatsmeer te krijgen. Wellicht kunnen innovatieve dijkconcepten bijdragen om deze ambitie te verwezenlijken.
