

Harde werken met zachte trekken

Voorbeelden van levende waterbouw



Oesters

De oester is een natuurlijke rifbouwer. Hij komt in veel van onze zoute wateren voor. Kunnen we deze soort inzetten om onze kust te beschermen?

Inhoud

04 | Voorwoord

07 | Inleiding

09 | **Lekker leven op de dijk**
Thema Ecologisch dijkontwerp

15 | **Oesters op laagwater**
Thema Natuurlijke kustverdediging
Intermezzo Polders in de moerassen van Louisiana

21 | **Hangplek voor vis**
Thema Hang- en paalstructuren

27 | **Blokken en platen met groeven en gaten**
Thema Eco-betonstructuren
Intermezzo Noordwaard: groene golfremmende dijk

39 | Voorwaarts met levende waterbouw

Voorwoord

Dat krijg je, als je al een tijdje meeloopt in de wereld van het waterbeheer: je komt over een brug en je kijkt onmiddellijk in het water. Je komt bij een waterkering en je geeft je ogen de kost. Op een andere manier dan bijvoorbeeld een dagrecreant zou doen. Hoe ziet de infrastructuur er uit? Zijn er geen basaltblokken in de glooiing omhoog gekomen?



Groenwier

Maar ook die boeiende levende natuur in de watergang en tussen de steenblokken van een golfbreker trekt mijn aandacht. De waterkant is het meest boeiend waar natuur en mensenwerk samenkomen. Daar is veel te beleven, veel te zien ook. Wat mij bijzonder aanspreekt: dat natuur en mensenwerk geen twee werelden zijn, maar in elkaar overgaan.

Op zoek naar duurzame ontwikkeling van onze delta, naar veiligheid in een aantrekkelijke omgeving, ligt die gedachte steeds vaker ten grondslag aan hoe we met water omgaan. Hoe we ons ertegen beschermen en hoe we het beheren.

Als de golfbreker iets duidelijk maakt is het wel dat waterbouw en natuur elkaar niet uitsluiten. Planten en dieren bevolken steen, beton en hout. Ze vormen er hun eigen, uitgebalanceerde leefgemeenschap. Wij kunnen ze daarin aanmoedigen, door waterbouwwerken nog aantrekkelijker voor ze te maken. De natuur biedt ons ook gereedschappen en materialen waarmee we het water kunnen temmen en beheren. Golfdempende vegetatie, bijvoorbeeld, of schelpdierbanken. Anders gezegd, met de natuur kun je bouwen.

Dit boek geeft weer hoe dit gedachtegoed met vereende krachten in de praktijk wordt gebracht. Onder de vleugels van het innovatieprogramma voor wateruitdagingen, afgekort WINN, werken waterbouwers, ecologen, beheerders en ontwikkelaars samen aan concrete voorbeelden van levende waterbouw. De ingeslagen weg ziet er veelbelovend uit.

Ik zou zeggen: voorwaarts, mars!

Rein van der Kluit

Hoofdingenieur-Directeur Rijkswaterstaat Zeeland

‘De waterkant is het meest boeiend waar natuur en mensenwerk samenkomen’

Wat is levende waterbouw?

Dijken, dammen en havenwerken: waterwegen en kustlijn zijn in hoge mate ‘versteend’. Toch is er ruimte voor flora en fauna. Sterker nog, op, langs, in en rondom waterbouwkundige werken hebben zich bijzondere ecosystemen ontwikkeld. Die natuur is waardevol en verdient bescherming. In onze drukbezette delta moeten echter altijd verschillende belangen tegen elkaar worden afgewogen. Waterbouwkundige werken bieden bescherming of maken deel uit van hoogwaardige infrastructuur.

Inleiding

Natuur en de behoefte aan infrastructuur of bescherming tegen hoogwater hoeven elkaar niet in de weg te zitten. Integendeel, zoals die bijzondere ecosystemen laten zien, kunnen ze heel goed samen gaan. De natuur biedt zelf allerlei kansen voor duurzame ontwikkeling. Door het leven in, om en aan de waterkant te integreren in waterbouwkundige oplossingen. En dan het liefst in de ontwerpfase van een project, als uitgangspunt, niet als achterafje. Dan kunnen natuurwaarden toegevoegde waarde hebben en komt levende waterbouw tot stand.

De levende waterbouw kreeg in Nederland een impuls in 2005 toen ecooloog Mindert de Vries van Deltares en een aantal vakgenoten precies tot die conclusie kwamen: dat biologen en waterbouwers vaker samen aan de ontwerptafel van infrastructurele projecten zouden moeten plaatsnemen. Daarvoor moesten ze wel dichterbij elkaar komen. Want waar een waterbouwer in een dijk een waterkering ziet, ziet een bioloog een interessante habitat. De kracht van de levende waterbouw is om in het dijkontwerp niet langer tegengestelde, maar gemeenschappelijke belangen te zien. Want uit de combinatie van civiele en biologische kennis komen verrassende oplossingen voort.

Onder de paraplu van het innovatieprogramma voor wateruitdagingen (WINN) worden verschillende ideeën uitgetoetst. Op initiatief van Rijkswaterstaat en Deltares,

de programmapartners, zijn onder de noemers Biobouwers en Rijke Dijke pilotprojecten uitgevoerd. Elk project behelst een samenwerkingsverband tussen partners uit bedrijfsleven, overheid en kenniswereld. In dit boek leest u over de onderliggende ideeën, de spelers en de resultaten tot zover. Van koolstofbeton tot hoelaponton: innovatie biedt nieuwe inspiratie.



Op de dijken in Nederland hebben zich bijzondere ecosystemen ontwikkeld.



Lekker leven op de dijk

Thema Ecologisch dijkontwerp

Laat een bakstenen buitenmuur met rust en na verloop van tijd barst hij van het leven. Je vindt er mossen en plantjes. Insecten kruipen er uit hoeken en gaatjes. In een nisje tussen de stenen heeft zich een zwaluwpaartje genesteld. Zo rijk aan leven kan een eenvoudig muurtje zijn.

Wieren

Op dijkblokken met een ruw oppervlak kunnen wieren zich makkelijk hechten – hier wel drie verschillende soorten!

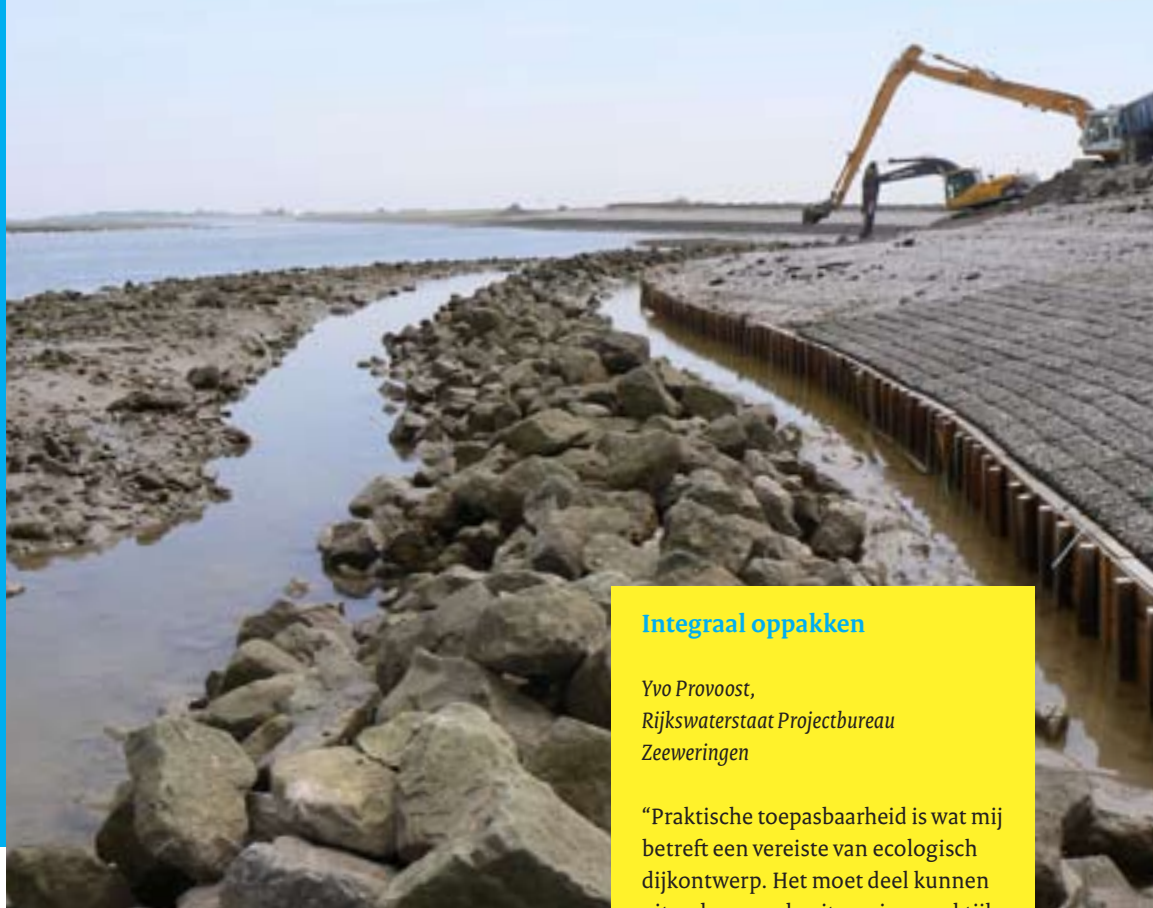
Een dijk is een muur die water tegenhoudt. En wat voor een muur geldt, geldt voor een dijk. In het bijzonder voor een dijk die als zeewering dient. Van de teen tot en met de maximale hoogwaterlijn biedt een zeedijk ondergrond voor een met het getij meedeinend leefklimaat. Algen, wieren, anemonen, zeepokken en schelpdieren vinden er een houvast. En met zulke bewoners wordt de dijk vanzelf een aantrekkelijke pleisterplaats voor kreeftachtigen, vissen en vogels. De dijk als gedekte tafel.

Hoe aantrekkelijk een dijk is voor verschillende soorten zeeleven, hangt af van een aantal factoren. Hoe ‘aanhechtingsvriendelijk’ is het oppervlak? Hoe hard beuken de golven op de dijk? Hoe vaak en hoe lang staan bepaalde delen droog? Hoe koud, warm, licht of donker is het er? Hoe aantrekkelijker een dijk is voor de natuur, hoe rijker aan leven hij zal zijn. Met deze factoren kan in het dijkontwerp rekening worden gehouden. Dan worden dijken zoveel meer dan louter veiligheid verschaffende muren. Als verzamelplaatsen van flora en fauna in de overgangszone tussen zee en land verrijken ze niet alleen de natuur. Rijke dijken bieden recreanten de kans om mee te genieten van de natuurschatten die de Nederlandse kust herbergt.



De dijk als beschutting

Kleine alikruiken vinden beschutting in gaten en kieren van de dijk.



Als er een mix van grote en kleine stenen gebruikt wordt, ontstaan er meer schuilplekken voor kleine diertjes.

Project Rijke kreukelberm

In het dijkvak tussen Yerseke en Wemeldinge in de Oosterschelde zijn, als onderdeel van de geplande dijkverzwaring, poelen en geulen gecreëerd in de onderaan de dijk gelegen teenbestorting, ook wel kreukelberm genoemd. Deze in de intergetijdenzone gelegen 'rijke kreukelberm' beslaat een lengte van 1500 meter en dient ter afwisseling van de gebruikelijke stortstenen berm. De poelen en geulen, waarin bij laagwater een laagje water van tien tot vijftien centimeter achterblijft, vormen een veelzijdige en dynamische leefomgeving. Twee keer zoveel wieren en allerlei diertjes – steur- en aasgarnalen, sponzen, zakpijpen, visjes en krabbetjes – voelen zich er thuis. Zo komt een dode berm tot leven.

Integraal oppakken

Yvo Provoost,
Rijkswaterstaat Projectbureau
Zeeveringen

“Praktische toepasbaarheid is wat mij betreft een vereiste van ecologisch dijkontwerp. Het moet deel kunnen uitmaken van de uitvoeringspraktijk. In Zeeland tonen de proeven wel aan dat nog vele tientallen kilometers dijk die in aanmerking komen voor versterking op deze manier kunnen worden aangepakt. Ik denk bijvoorbeeld aan de dijkvakken langs de Oosterschelde waaraan het projectbureau nog werk heeft.

Meer in het algemeen beschouw ik grote uitvoeringsprojecten die al lopen of nog worden opgestart als uitgelezen kansen om ontwerp en monitoring van natuurvriendelijke toepassingen integraal op te pakken. Uit financieel oogpunt zie ik geen bezwaar. De extra kosten zijn verhoudingsgewijs verwaarloosbaar. Het zou mooi zijn als over een jaar of tien de 'rijke kreukelberm' en ecologische dijkbekleding vanzelfsprekend onderdeel uitmaken van de uitvoeringspraktijk.”



De ruwe toplaag biedt betere aanhechtingsmogelijkheden voor algen.

Project Dijkbekleding havendam Ellewoutsdijk

Door stenen dijkbekleding te voorzien van een watervasthoudende toplaag en een aanhechtingsvriendelijke structuur, zoals onder andere gebeurd is op een havendam in het aan de Westerschelde gelegen Ellewoutsdijk, groeien er meer algen op. Een dikke laag algen, een algenmat, is een voedselbron en een schuilplaats voor micro-organismen en insectenlarven waarop vissen en vogels afkomen. In een proefvak van 100 m² groot is een aantal natuurvriendelijke varianten geplaatst van de C-Star dijkelementen, een product van Heijmans Infra en C-Fix.

Het beste van twee werelden

Hans Bolk,
Innovatiemanager Heijmans Infra/Breijl

“Als geestelijk vader van het C-Star element vind ik het ontzettend interessant om te zien hoe een zeer sterke en toch al duurzame en milieuvriendelijke bouwsteen een extra functie krijgt. Namelijk het huisvesten van levende natuur. Wij maken het enige dijkelement dat de maximumbelasting van een storm van 1:10.000 jaar doorstaat.

Rijkswaterstaat en Deltares passen hun ideeën toe over natuurvriendelijke dijken. Zo komt het beste van twee werelden samen in een geslaagd voorbeeld van hoe je veiligheid combineert met ontwikkeling van natuurwaarden. Een pluspunt is dat zo'n holte in een element geen stuiver meer kost. Dit kunnen we standaard produceren.”

Naast 'gewone' blokken met een watervasthoudende toplaag bevinden zich blokken met een gat ter grootte van een koffiebeker en elementen waarop een 'ecotoplaag' van lavasteen is aangebracht. Bij laagwater blijft in de holtes water achter. Deze mini-poeltjes kunnen het talud verder doen vergroenen. Na enkele maanden bleek al dat het proefvak aanzienlijk meer algen aantrekt dan de gangbare bekleding. De proef in Ellewoutsdijk laat zien dat doordacht gebruik van steensoorten en structuren waardevol kan zijn. Ecologische dijkbekleding heeft de toekomst.

Oesters op laagwater

Thema Natuurlijke kustverdediging

Het verdwijnen van een intergetijdengebied

De Oosterschelde was tot in de jaren tachtig van de vorige eeuw een open rivierdelta en een typisch intergetijdengebied. De vrije beweging van eb en vloed schiep er een landschap van platen, slikken en schorren. Sinds de voltooiing van de Oosterscheldekering is die natuurlijke dynamiek deels verloren en is de bodem van het bekken overgeleverd aan zandhonger. Slikken brokkelen af en het zand van bij eb droogvallende platen wordt opgeslokt door diepe geulen. Het intergetijdengebied verdrinkt.

De unieke natuur die deze overgangszone tussen land en zee typeert, verdwijnt mee. Zonder zandige banken en ondiepten geen rustplaatsen voor vissen, vogels en zeehonden. Geen mogelijkheid voor steltlopers om bij laagwater een maaltje mosselen, kokkels, wadslakjes en slijkgarnalen bij elkaar te pikken. En minder bescherming, ook, tegen hoogwater, wat betekent dat dijken meer moeten kunnen incasseren.

Van mangrove tot zeegras, van riet tot schelpdier: 'biobouwers' zijn niets anders dan natuurlijke bouwmaterialen. Ze worden onder meer gebruikt om een zachte en duurzame vorm van verdediging te creëren.

Rietmoerassen, zoals die in Nederland voorkomen, vormen niet alleen een zachte barrière tegen golfslag, ze houden slib en ander sediment vast en dragen bij aan een waardevolle natuurlijke omgeving. Moerasgebieden ontwikkelen zich betrekkelijk snel en bieden gelegenheid om, desgewenst, biomassa te produceren. Een manier om een rietmoeras te creëren is om drijvende wilgenmatten neer te leggen waarop het riet kan gedijen. Onder de matten bezinkt zwevend stof zodat bodemvorming wordt gestimuleerd. Deze toepassing wordt overwogen om het troebele water van het Markermeer minder troebel te maken.

Aan de Nederlandse kust biedt een harde biobouwer uitkomst. In de Oosterschelde wordt een oesterrif aangelegd.

Zo'n rif of bank vormt een natuurlijke buffer die de golven dempt zodat de achtergelegen dijken minder worden belast. Aangezien een rif ook sediment vasthoudt, kan het een middel zijn om afslag van platen, schorren en slikken tegen te gaan. Oesters anti erosie. Een wapen tegen de zandhonger?



De wilgenmatten worden gemaakt met bundels van rishout: tenen en twijgen van wilgenhout.



Een oesterrif kan erosie tegengaan door golfslag en stroming te dempen en zand vast te houden op de plaat.

Fixeren

Eric van Zanten, Rijkswaterstaat Dienst Zeeland, buigt zich al enkele jaren over het probleem van zandhonger in de Oosterschelde.

“Met zo’n oesterbank kun je de randen van een plaat fixeren en zo de plaat behouden en een extra habitat creëren. Dat betekent meer natuur, minder dijkonderhoud en, idealiter, geen onderhoudskosten omdat het rif vanzelf groeit.”

Project Het gebruik van biobouwers voor kustbescherming

Dat zandplaten onder water verdwijnen, is ongewenst, zowel om redenen van bescherming tegen hoogwater als vanwege het verlies van natuurwaarde. Maar ook recreanten en schelpdiervissers hebben te lijden onder het verlies van intergetijdengebied. In samenwerking met diverse partners bestudeert en test Rijkswaterstaat maatregelen om zandhonger, of de effecten ervan, tegen te gaan. Een ervan is de aanleg van schelpdierbanken.

In 2007 hebben Rijkswaterstaat en Deltares concepten ontwikkeld en kleinschalige proeven uitgevoerd met Japanse oesters. Hoe bouw je zo’n rif? Met welke materialen? Hoe ontwikkelt zo’n rif zich? De inzichten die in dit WINN-Biobouwersproject zijn verkregen, worden nu gebruikt om op grotere schaal de proef op de som te nemen. Vanaf 2009 werken onder de vleugels van het innovatieprogramma Building with Nature bedrijfsleven, overheid en kennisinstituten samen om in 2010 enkele honderden meters rif tot stand te brengen. Waar? Hoogstwaarschijnlijk ten oosten van Schouwen-Duiveland, bij de slikken van Viaene.

Schor? Even slikken!

Schorren, slikken, kwelders: hoe zit het ook alweer? Aanslibbing is het sleutelwoord. Een stukje aangeslibd land dat bij elk hoogwater onder de waterspiegel komt te liggen is een slik. Een slik is kaal. Schorren bevinden zich iets verder landwaarts en zijn, aangezien ze alleen bij extreem hoogwater onder de vloedlijn verdwijnen, wel begroeid. Regionale varianten kunnen verwarring scheppen. In Zuid-Holland heten schorren langs grote rivieren doorgaans gorzen. Langs de Groningse en Friese kust spreekt men van kwelders. En dan heb je nog de platen. Een zandplaat is niks anders dan een drooggevallen zandbank. Ofwel, een stukje hoger gelegen waterbodembodem.

Met name het vinden van een geschikte ondergrond, het substraat, vergt onderzoek. Om een levend rif te kunnen vormen te midden van golfslag en stroming moeten de schelpdieren een handje worden geholpen. Ze vereisen vaste grond onder de voeten. Om ze die te geven, zullen schanskorven, gevuld met oesterschelpen, in de laagwaterzone worden afgezonken. Jonge Japanse oesters kunnen zich op deze solide ondergrond rustig ontwikkelen. De verwachting is dat de losse structuren gaandeweg opgaan in een groter, harder systeem: een levend oesterrif.



Door metingen uit te voeren op en rond een oesterrif, wordt nuttige informatie verkregen over hoe een kunstmatig oesterrif het beste kan worden ontworpen en geplaatst.

Pionierswerk

Projectleider Tom Ysebaert, Wageningen IMARES, ziet vooruit naar toepassing op grote schaal.

“Zandhonger in de Oosterschelde is een acuut probleem. Biobouwers kunnen een deel van de oplossing vormen. Dat we als Building with Nature project onze proeven kunnen opschalen, is belangrijk. Wordt het rif wat wij ervan verwachten, dan hebben we een primeur: een nieuw voorbeeld van duurzame levende waterbouw. Hoe het rif zich ontwikkelt en welke effecten het heeft op de leefomgeving en op erosie gaan we dan ook uitgebreid monitoren.

We hebben in de afgelopen tijd gezocht naar manieren om een oesterrif te realiseren met zo min mogelijk kunstgrepen. Echt pionierswerk, want niet alles wat je bedenkt, blijkt in de proeftuin geslaagd. Met het substraat van oesterschelpen in schanskorven slaan we volgens mij de spijker op zijn kop. Je gebruikt door het schelpdier gemaakt bouw materiaal om met het schelpdier te kunnen bouwen. Dat is nou ‘bouwen met de natuur’.



“Het is fascinerend dat eeuwenoude Nederlandse methoden voor landaanwinning en waterbeheer zo waardevol blijven. Het verschil met toen is dat we nu polders maken om natuur in plaats van agrarisch land te winnen. In dat opzicht zijn we nogal van richting veranderd.”

Bregje van Wesenbeeck
Deltares

Grootschalige verstoring van de waterhuishouding in de moerassen van New Orleans heeft geleid tot het verdwijnen van vegetatie en ondergrond.

Intermezzo Polders in de moerassen van Louisiana?

In de nasleep van de door orkaan Katrina veroorzaakte overstromingsramp die New Orleans in 2005 trof, boden verschillende Nederlandse waterdeskundigen hulp aan. Sindsdien is de watersector betrokken bij het bedenken en uitvoeren van maatregelen die de stad op korte en lange termijn beter moeten beschermen. Eén plan, voor duurzame kustverdediging, houdt in dat de moerassen ten zuidwesten van de stad in ere worden hersteld. Met dank aan de oerhollandse polder.

Voordat hij uitmondt in de Golf van Mexico, stroomt de Mississippi door typisch deltalandschap.

Van landinwaarts gelegen zoetwatermoeras, begroeid met woudreuzen en struiken, via grazige natte weiden naar brakke en zoute moeraslandschappen. “Deze moerassen zijn er slecht aan toe”, zegt Bregje van Wesenbeeck van Deltares. Samen met DHV en Wageningen IMARES heeft Deltares een voorstel ontwikkeld voor herstel van de moerassen ten bate van een veilig New Orleans.

“De aanleg van waterlopen voor de olie-industrie en indringing van zout hebben grote gaten geslagen in het kwetsbare systeem.” Als gevolg van erosie en verstoring van de natuurlijke waterhuishouding verdwijnen vegetatie en ondergrond.

Het areaal moerasgrond neemt in hoog tempo af en midden in de moerassen ontstaan meren.

“Zorgwekkend want onder stormcondities kan een grootschalig moeras met bomen veel waterkracht opvangen. Verder zijn het enorm waardevolle natuurgebieden met een belangrijke cultuurhistorische functie. De plaatselijke bevolking heeft er vakantiehuizen en gaat er vissen en jagen. Veel van de gerechten uit de regionale Cajun keuken bevatten ingrediënten uit het moeras, zoals garnalen en krabben, die onderdeel uitmaken van het ecosysteem.”

Restauratie

Deltares en partners hebben bedacht dat inpoldering een uitermate geschikt middel is om het moeras te restaureren. Eerst worden de lege plekken omdijkt en leeggepompt. Met uitgekiend peilbeheer kan vervolgens de groei van moerasvegetatie en bodenvorming worden gestimuleerd. “Afhankelijk van het type moeras, wordt er veen aangemaakt of wordt sediment vastgehouden waardoor de ten opzichte van de omgeving lager gelegen polder langs natuurlijke weg weer op het oude niveau komt.” Volgens van Wesenbeeck tonen de Oostvaardersplassen aan hoe snel het kan gaan. “Daar zorgt de natuur jaarlijks voor 20.000 kilo biomassa per hectare, dat is bijna het productievolume van een tropisch regenwoud. Binnen twee jaar na de ontpoldering lag er een bloeiend rietveld.”

Peilbeheer

Eenmaal op stoom gekomen, doet de natuur zelf het meeste werk. “Het is echt een duurzame manier om een zachte kustverdediging te creëren. Een gezonde en robuuste moeraszone met voldoende

oppervlak, houdt zichzelf in stand. In veenmoerassen is alleen peilbeheer nodig om te voorkomen dat het veen inklinkt. Verder kun je hulpmiddelen inzetten zoals drijvende matten van natuurlijk materiaal, zoals wilgentenen, om de gaten sneller te dichten. Hoe we optimaal te werk gaan, willen we graag in een pilotproject beproeven.”



Intensief gebruik van de moerassen heeft geleid tot fragmentatie van vegetatie, waardoor de kustverdedigende functie wordt verzwakt.

Bescherming

Dat de voorgestelde vorm van ‘bouwen met de natuur’ op de lange termijn alleen maar voordelen biedt, staat vast. Van Wesenbeeck: “Het opspuiten van gebaggerd sediment zoals nu gebeurt, is een lapmiddel, geen oplossing. De inpoldering vraagt om een initiële investering, maar laat verder vooral de natuur het werk doen. Zijn de zere plekken eenmaal geheeld dan kun je de dijken verwijderen en het moeras zijn gang laten gaan. Met name de nabij de stad gelegen zone met hoge vegetatie zorgt er voor dat de dijken bij stormweer veel minder krijgen te verduren. Tel uit je winst.”



Hangplek voor vis

Thema Hang- en paalstructuren

03

Een haven is een en al waterbouw, geheel en al afgestemd op scheepvaart, industriële activiteit, logistiek en **transport**. Voor de natuur valt er weinig te halen. Het is er druk, de omgeving is glad en recht en schuilplaatsen zijn er schaars. Hoe haal je zeeleven de haven in? En waarom zou je dat willen?

Welnu, tussen pontons en steigers en rondom pijlers en palen kunnen constructies worden gehangen die de aangroei van algen, wieren en mosselen stimuleren. Die trekken op hun beurt andere organismen aan, zodat een gevarieerde leefgemeenschap ontstaat. Meer natuur in de haven doet de kwaliteit van zowel het water als de omgeving toenemen. Een opwaartse spiraal door de inzet van ecostructuren.



Zeesterren



De paalhoela's in de Rotterdamse haven kunnen bijdragen aan een hogere bio-productiviteit en een betere waterkwaliteit.

Project Hangende ecostructuren in de haven van Rotterdam

Het succes van het eerste mini-palenbos kreeg in 2009 een vervolg in de haven van Rotterdam, waar steigers en pieren in de Scheurhaven en de Pistoelhaven zijn omgevormd tot aantrekkelijke verblijven voor schelpdieren en vissen. De manier waarop is eenvoudig maar doeltreffend. Alles draait om het vergroten van de hoeveelheid aanhechtingsvriendelijk oppervlak. Aan pijlers en palen zijn betonplaten met groeven en holten, ecoplaten, bevestigd.

Levende haven

Peter Paalvast, Ecoconsult, is de man achter de 'hoela's', de strengen touw die rond palen of binnen pontons in het water kunnen worden gehangen.

“Met ecostructuren willen we meer oppervlak in het water creëren, waarop ‘vaste’ beesten, zoals mosselen en zakpijpen, zich graag vestigen. In de natuur zijn die er genoeg, maar in een omgeving als een haven kun je met de toepassing van onnatuurlijke structuren toch structuurrijkdom bereiken. De meeste van die ‘vaste’ beesten filteren het water. In helderder water groeien meer wieren, waarmee bepaalde vissen en vlokreeften zich voeden. Meer wier betekent ook meer zuurstof in het water. Zo kun je met minimale middelen werken aan de waterkwaliteit. Op die manier kunnen ecostructuren helpen om aan de eisen van de Kaderrichtlijn Water te voldoen.”

In de Rotterdamse haven worden in het kader van de pilot tien palen met hoela's bekleed. Volgens Paalvast is dat nog maar het begin. “In de zoute haven bevinden zich nog honderden palen meer die van hoela's kunnen worden voorzien. Verder is er veel ‘loze’ ruimte, bijvoorbeeld onder lange pieren, waar met drijvende structuren en touwconstructies schuilplaatsen en hangplekken kunnen worden geschapen. Met een grotere massa en meer soorten wordt de haven in biologisch opzicht een stuk productiever.”



De touwstructuren kunnen binnen een korte tijd volledig begroeid raken met mosselen, sponzen en zakpijpen.



‘Rokken’ van strengen touw – hoela's genaamd – drijven tussen pontons of zijn rond palen gehangen. Op deze ecostructuren vestigen zich soorten als mosselen, zakpijpen en sponzen, die door hun filterende werking bijdragen aan een betere waterkwaliteit. Tussen de neerhangende touwen van de ponton-hoela's is het goed toeven voor vissen, niet in het minst omdat ze graag een maaltje meepikken in de verrijkte havenomgeving.

Helder water

*Sander Cornelissen,
Projectleider Havenbedrijf Rotterdam*

Het havenbedrijf Rotterdam is partner in het proefproject. Projectleider Sander Cornelissen: “Het havenbedrijf Rotterdam heeft maatschappelijk verantwoord ondernemen hoog in het vaandel staan. Waar mogelijk, wordt het bieden van ruimte aan de natuur gestimuleerd. Het inzetten van hangende structuren in de haven kan een bijdrage leveren aan een ecologisch gezond watersysteem. Zo hebben organismen die het water filteren, zoals mosselen, een positief effect op de helderheid van het water, wat de natuurlijke en recreatieve functie van het water vergroot.”



De ruwe touwoppervlakken op de palen vormen een aantrekkelijke habitat voor algen, wormen en vlokreeften.

Project **Mini-palenbos** in de Nieuwe Waterweg

Het mini-palenbos in de Nieuwe Waterweg is de eerste toepassing van hang- en paalstructuren. Veertien palen van hout en beton, omwikkeld met verschillende soorten touw, werden in 2007 in de Nieuwe Waterweg geplaatst. Ze doen dienst als golfremmer en vergroten de neerslag van sediment, wat de waterkwaliteit ten goede komt. De ruwe touwoppervlakken vormen een goede ondergrond voor verschillende algensoorten, die op hun beurt weer als voedingsbodem dienen voor organismen als wormen, slijkgarnalen en vlokreeften.

Een van oorsprong gladde betonnen paal wordt zo een rijke habitat. De palen zijn op een strategische plaats in de Nieuwe Waterweg geplaatst. Daar waar het zoutgehalte sterk fluctueert onder invloed van getijden en seizoenen, kan de biodiversiteit wel een duwtje in de rug gebruiken. Een uitgelezen plek, ook, om de positieve bijdrage van deze ecostructuren te demonstreren.

Blokken en platen met groeven en gaten

Thema Eco-betonstructuren

Dijken, dammen en golfbrekers maken van de Nederlandse kust een kunstmatige rotskust. Maar kunstmatig is niet altijd synoniem met onnatuurlijk.

Mosselen

Mosselen benutten elke harde ondergrond om zich te vestigen. Kiertjes en spleetjes beschermen ze tegen graas door roofdieren.

Mosselen, zeepokken, wieren en vele andere soorten leven graag op een harde ondergrond. Ze weerstaan golflslag en getij, kunnen tegen uitdroging en opwarming. Ze trekken vissen en vogels aan. Toch kunnen flora en fauna langs de kust wel wat extra hulp gebruiken, bijvoorbeeld bij aanleg- of onderhoudswerken. Hoe kan de ecologische functie van kustwerken worden gestimuleerd, terwijl veiligheid gegarandeerd blijft? Het antwoord is verrassend: met beton in bijzondere vormen, eco-betonstructuren.





Ankerkettingschakel met mosselbroed

Touwstructuren bieden een uitstekende hechtingsplaats voor mosselen. Dit verschijnsel wordt uitgebuit in de hoela's.



De betonnen ecoplatten met gaten, kuiltjes en richels worden op bestaande blokken vastgemaakt, om te testen welke structuren het snelst begroeid raken.

Project Zuiderhavenpier IJmuiden

De havenpiëren beschermen IJmuiden tegen het geweld van de zee. De betonblokken die langs de piëren liggen zijn begroeid met schelpen, wieren en zeepokken. In spleten en getijdenpoeltjes tussen de blokken bivakkeren mosselen, alikruik en zoutwatermuggen. Ze dienen als voedsel voor overwinterende waadvogels. In de toekomst wordt de Zuiderhavenpier gerenoveerd. Gebruik maken van nieuwe blokken met ecostructuur zou een grote bijdrage kunnen leveren aan het eco-systeem.

Sneller

Marco van Wieringen, Rijkswaterstaat Noord-Holland, is enthousiast over de toepassing van ecostructuren.

“De natuur ontwikkelt zich snel op de nieuwe blokken; dat werkt door in het hele proces, zodat je veel sneller weer een gesloten systeem hebt. Vooral bij renovatie van piëren, havenhoofden of ophoging van bestaande constructies werkt het goed. Door gefaseerd te werken, is het eerste gedeelte alweer hersteld als je aan de laatste fase begint”.

Daarom worden nu proeven gedaan met beton in bijzondere vormen. Hoe gevarieerder de structuur van de ondergrond, hoe makkelijker organismen zich er aan hechten. Door de inzet van eco-betonstructuren bij de renovatie kan de natuur zich straks sneller herstellen. IJmuiden is er een prima proeftuin voor.

Mosselen en krabbetjes maken al snel gebruik van de beschutte gaten en richeltjes op de ecoplatten.

Ecoplatten

In april 2008 zijn twintig ecoplatten geplaatst op de bestaande blokken rondom de pier; op een luwe locatie én op een plek die is blootgesteld aan golven. De platen zijn gemaakt van beton, zwavelbeton, en C-fix (koolstofbeton), en voorzien van kuiltjes, gaten en richels. Twee jaar lang wordt de aangroei op de ecoplatten gevolgd om de beste combinatie van structuren en materialen te vinden. Het principe werkt, want al na een paar maanden hebben wieren bezit genomen van de platen. De aangebrachte structuren zijn haast niet meer te zien.

Perspectieven

Bas Reedijk van BAM/Delta Marine Consultants ziet volop mogelijkheden voor ecostructuren, mede vanwege de geringe kosten:

“Een structuur aanbrengen op beton is eenvoudig en brengt nauwelijks extra kosten met zich mee. De renovatie in IJmuiden is de eerste echte kans voor groot-schalige toepassing, maar ik zie ook perspectieven voor bijvoorbeeld de bescherming van de Nederlandse kust met behulp van kunstrippen.”



In juni 2008 zijn de eerste eco-Xblocs geplaatst bij de havenpiers van IJmuiden.

Eco-Xblocs

Het Xbloc is een alternatief voor de traditionele blokken rondom de pier. Xblocs zijn een vinding van BAM Infraconsult. Door hun vorm, ze grijpen in elkaar, zijn ze beter bestand tegen stormgeweld dan de gebruikelijke vierkante blokken. Tegelijkertijd zijn ze lichter, omdat ze minder cement bevatten. De grillige vorm van de blokken zorgt voor holtes en gaten waarin dieren zich kunnen verschuilen. In de eco-uitvoering worden deze Xblocs voorzien van een ruwe oppervlaktestructuur, wat meer grip geeft dan glad beton.

Het aanbrengen van zo'n rotsachtig uiterlijk vergt weinig meer dan een kleine aanpassing van de mal. In juni 2008 zijn de eerste tien eco-Xblocs, tien ton per stuk, geplaatst in IJmuiden. De blokken worden drie jaar lang geobserveerd. Na een half jaar zijn ze al rijkelijk begroeid.



Een half jaar blokken

Binnen een half jaar waren de blokken al rijkelijk begroeid met wieren, zeepokken en mosselen.



De sterke takken van de wilg zijn bestand tegen een hoge golfbelasting, en kunnen de golfslag op de dijk aanzienlijk reduceren.

Intermezzo Noordwaard: groene golfremmende dijk

Dijken bouwen en bomen planten, op het oog twee heel verschillende dingen. Toch komen we ze samen tegen in de waterbouw. Een griend met wilgen, bijvoorbeeld, kan als golfremmer worden ingezet.

Wilgen worden al eeuwenlang aangeplant en geoogst voor de productie van zinkstukken. Maar zo'n buitendijks gelegen griend kan ook als biobouwer fungeren.

De strook vegetatie dempt immers stroming en golfslag. Veiligheid vergroten met natuurlijke waarden, het gebruik van biobouwers sluit naadloos aan op de uitgangspunten van Ruimte voor de Rivier. In de Noordwaard, waar ruimte voor de Nieuwe Merwede wordt geschapen, maakt een griend een hoge, harde kering overbodig. Natuur en klassieke waterbouwkunde komen samen in een innovatief concept voor veiligheid.

Ruimte voor de rivier

In het kader van Ruimte voor de Rivier wordt de afvoercapaciteit van de rivieren vergroot door maatregelen als dijkverlegging, ontpoldering, verdieping van het zomerbed en aanleg van hoogwatergeulen. Rivierverruiming brengt herinrichting van omliggende landschappen met zich mee.

Van die gelegenheid wordt gebruik gemaakt om een aantrekkelijk en leefbaar rivierengebied te creëren, met behoud (of herstel) van het open karakter van het landschap. Veiligheid én een aantrekkelijker, natuurlijker leefomgeving: het uitgangspunt van Ruimte voor de Rivier.

Uitzicht

Hoe verandert de Noordwaard in een doorstroomgebied voor de Nieuwe Merwede? “De huidige primaire waterkering wordt over een lengte van twee kilometer afgegraven”, geeft Yolande van der Meulen van Rijkswaterstaat aan. Als manager van het projectbureau Noordwaard is zij nauw betrokken bij de inzet van biobouwers. “Bij een waterstand van 2 meter boven NAP, stroomt rivierwater dan de Noordwaard in. Zo wordt de hoogwaterstand bij Gorinchem 30 centimeter lager. Bij Werkendam zelfs 60 centimeter.” De dijkring moet wel weer dicht om de bewoners van Werkendam te beschermen tegen hoog water en door wind opgestuwde golven. Een waterkering met een harde bekleding ligt voor de hand. “Maar die houden we graag zo laag mogelijk. Het uitzicht van de bewoners van het historische fort Steurgat – in 2000 verbouwd tot woonlocatie – moet zo min mogelijk worden belemmerd.” Met het oog op de ruimtelijke inpassing rond het fort, krijgt de dijk ook een zeer flauw aflopend binnentalud.

Oude bekende

Een team van experts van Deltares, Waterschap Rivierenland, Rijkswaterstaat Waterdienst, Projectbureau Noordwaard en de TU Delft boog zich over deze kwestie. In opdracht van het projectbureau Noordwaard en WINN onderzochten zij of door de inzet van golfremmende begroeiing volstaan kan worden met een lagere, smallere dijk. Mindert de Vries, projectleider Rijkse Dijk/Biobouw/ Eco-Engineering van Deltares, licht toe: “We zochten een soort die kan groeien in kleigrond, regelmatig onder water kan staan, niet te veel onderhoud vergt, bij extreme storm niet wegslaat en voldoende golfremming oplevert. Maar niet te hoog groeit, want dat gaat ten koste van het uitzicht vanaf de dijk.” De keuze viel op de wilg, zoals die in grienden wordt verbouwd. “Zo'n wilgenbos reduceert de golfbelasting op de dijk. Bovendien zijn grienden een bekend landschapselement in de Noordwaard. Het wilgenhout werd vroeger gebruikt voor tonnen en gereedschappen. In de waterbouw worden nog altijd zinkstukken van wilgenhout gebruikt. Hoe een griend duurzaam wordt beheerd, is bekend.”



In samenwerking met Projectbureau Noordwaard en Deltares is er door landschapsarchitect Robbert de Koning een ontwerp gemaakt voor een golfremmende groene dijk bij Fort Steurgat.

Ontwerp

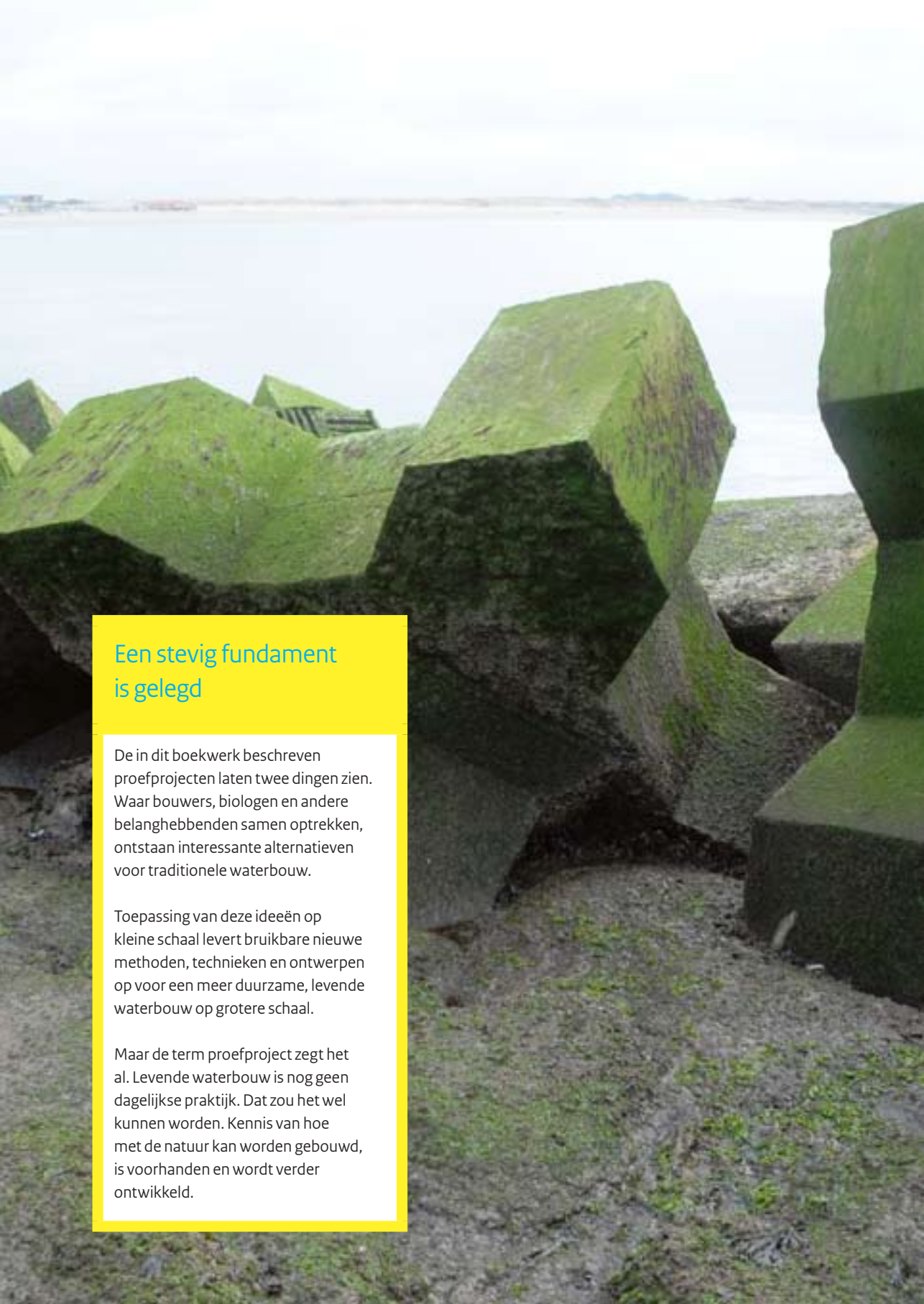
Het ontwerp voor een groene dijk bij Fort Steurgat is er. Door buitendijks een 60 tot 80 meter brede griend van wilgen tegen de dijk aan te planten kan die tot wel een meter lager worden, en 15 tot 20 meter smaller dan een volledig harde waterkering. De wilgen brengen de golfhoogte met tachtig procent terug. Tegelijkertijd laat een griend het water langs de dijk doorstromen en is zo'n strook voor de dijk goed bereikbaar voor onderhoud. "Dit concept levert een natuurlijk en waardevol landschapselement op", aldus de Vries.

Aan de noordkant van de dijk is een combinatie van griend en golfremmende kades voorzien. In de griend worden verschillende maaipaden aangelegd, zodat er vanaf de dijk nog voldoende uitzicht is op de Noordwaard. Van der Meulen: "Een storende barrière wordt zo teruggebracht tot een beschermende, natuurlijke overgangszone tussen rivier en achterland. Met dank aan de biobouwers."



Moerasvegetatie

Planten zoals riet en wilgen beschermen de ondergrond tegen erosie en houden golven tegen. Tegelijkertijd vormen ze waardevolle natuur.



Voorwaarts met levende waterbouw

Waterbeheerders en andere overheden kunnen met eenvoudige middelen veel bereiken. Waterbouwers herkennen en grijpen de kansen die er zijn om bij te dragen aan een voor de maatschappelijke en natuurlijke omgeving bestendiger vorm van bouwen. Kortom, de tijd is rijp voor levende waterbouw.

Een stevig fundament is gelegd

De in dit boekwerk beschreven proefprojecten laten twee dingen zien. Waar bouwers, biologen en andere belanghebbenden samen optrekken, ontstaan interessante alternatieven voor traditionele waterbouw.

Toepassing van deze ideeën op kleine schaal levert bruikbare nieuwe methoden, technieken en ontwerpen op voor een meer duurzame, levende waterbouw op grotere schaal.

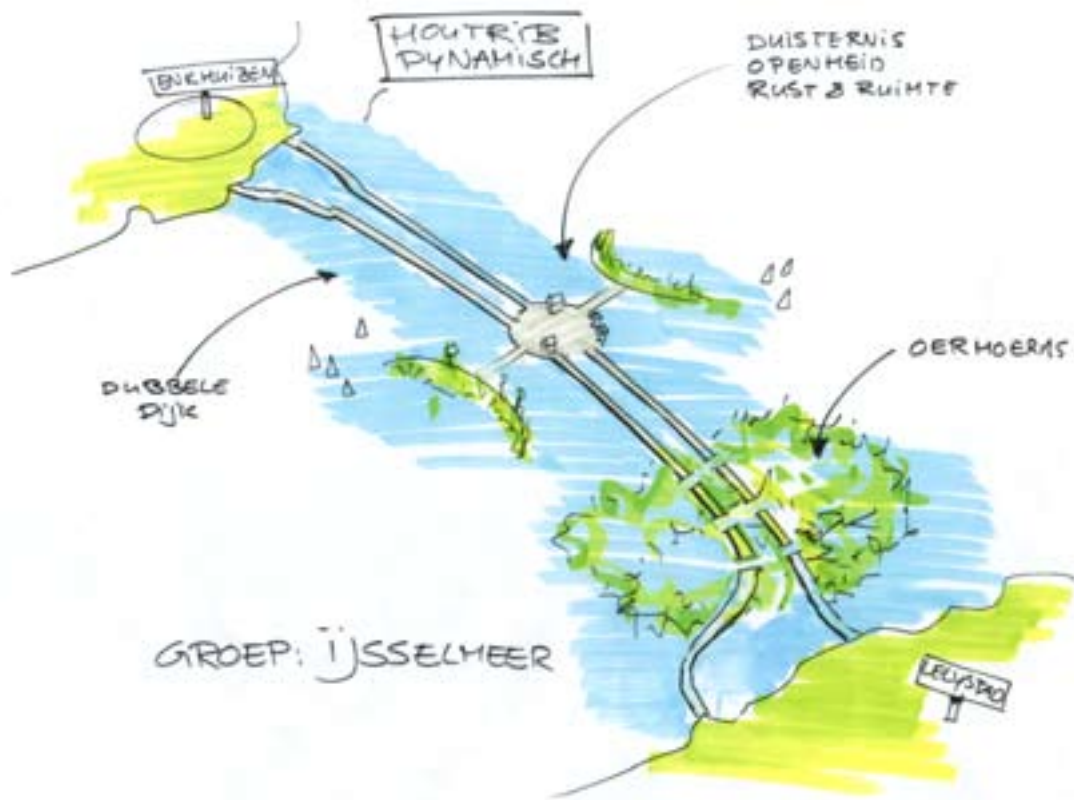
Maar de term proefproject zegt het al. Levende waterbouw is nog geen dagelijkse praktijk. Dat zou het wel kunnen worden. Kennis van hoe met de natuur kan worden gebouwd, is voorhanden en wordt verder ontwikkeld.

Om de daad bij het woord te voegen, organiseerden Rijkswaterstaat en Deltares in januari 2009 het Symposium Leve(n)de Waterbouw. Behalve voor uitwisseling van ervaringen bood het symposium ook gelegenheid tot het smeden van nieuwe plannen. Geïnspireerd door de voorbeelden van Rijke Dijk- en Biobouwerprojecten bewezen aannemers, waterbeheerders, onderzoekers en beleidsmakers dat het loont de koppen bij elkaar te steken.

Voor vier verschillende regio's wisten zij in korte tijd houdbare plannen te ontwikkelen die door zowel het aanwezige panel van deskundigen als bezoekers enthousiast werden ontvangen. Van de vier gepresenteerde ideeën voor nieuwe vormen van levende waterbouw, heeft er een, de 'oesterworst' de weg naar de praktijk zelfs al gevonden (zie hoofdstuk 2 Oesters op laagwater).

Het kan snel gaan. Voorwaarts dus, het lijkt vanzelfsprekend, zo prikkelend zijn de voorbeelden. Dat vonden ook de bezoekers van het symposium wan wie enkele uitspraken hier zijn opgenomen. Dit verhaal besluit met een kort verslag, in woord en beeld, van de vier inspirerende voorstellen die het symposium heeft opgeleverd. Zoveel is duidelijk: levende waterbouw heeft de toekomst.

'Levende waterbouw heeft de toekomst'



Schets van plan

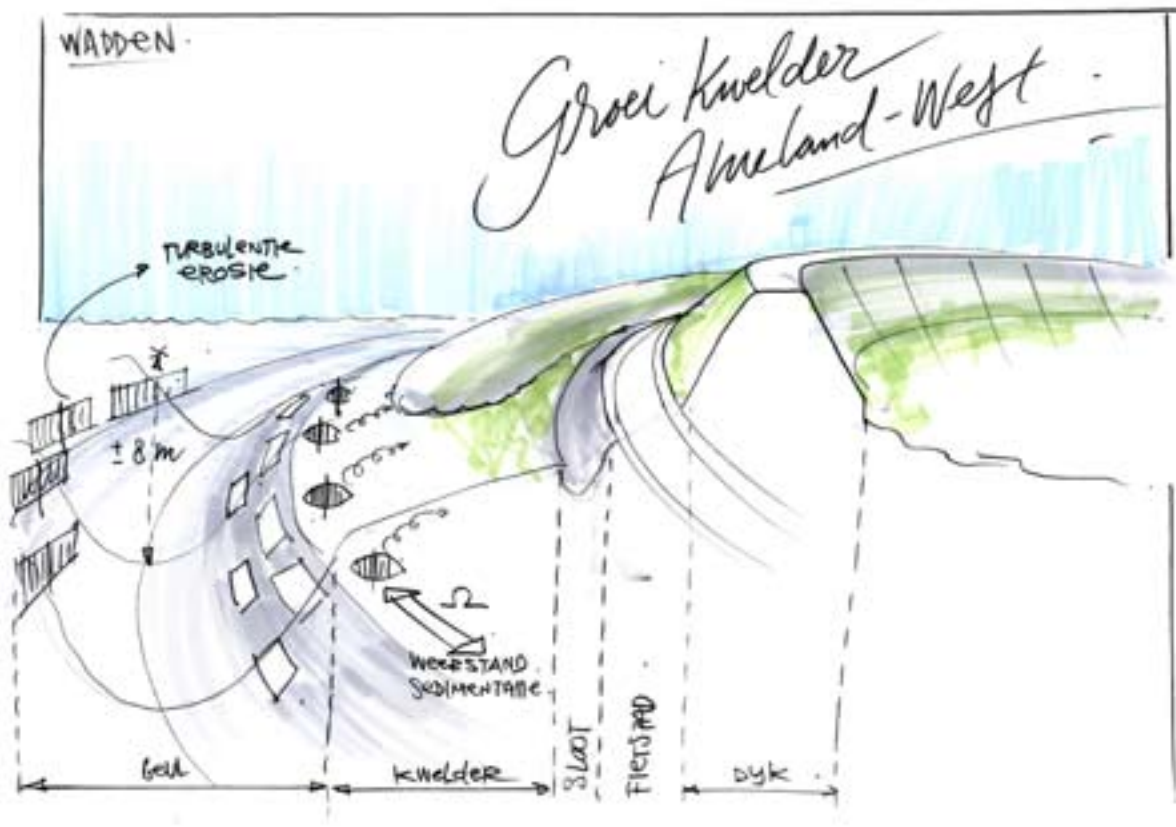
Voorstel 01 IJsselmeergebied Houtribdijk dynamisch

Roel Doef van Rijkswaterstaat Waterdienst licht toe aan de hand van een op een groot scherm geprojecteerde schets dat er voor de Houtribdijk een “biologisch alternatief” is bedacht waarin veiligheid gecombineerd wordt met ruimte, recreatie en mobiliteit. Het dynamische en veelzijdige plan rust op drie pijlers: een dubbele dijk, een gebied “waar je kunt beleven” en een oermeers. De dubbele dijk, die sowieso een constructie behelst waarmee de mobiliteit wordt verbeterd, bevat een valmeer dat mogelijkheden biedt voor seizoensgebonden

peilbeheer, vismigratie en strategische waterberging. De dijk is voorzien van voor- en achterevers. In een ander gebied ligt een “biodijk waarin alle technieken worden gebruikt”. Het gebied biedt recreanten verschillende belevingen: “duisternis, openheid, rust en ruimte” kenmerkend voor het IJsselmeergebied. In het oermeers is plaats voor “drijvende rietmeers” en allerlei elementen die de revue zijn gepasseerd. “Het oermeers functioneert ook als een soort nier, en zal slib vasthouden.”

“Ik ben projectleider dijkversterkingswerken. Wij kijken als techneuten voornamelijk naar hoe we een dijk aan kunnen pakken; ecologie komt niet echt aan bod. Deze middag is een echte eyeopener.”

Kees Bekker
Waterschap Hollandse Delta



Schets van plan

Voorstel 02 Waddengebied Groei kwelder Ameland-West

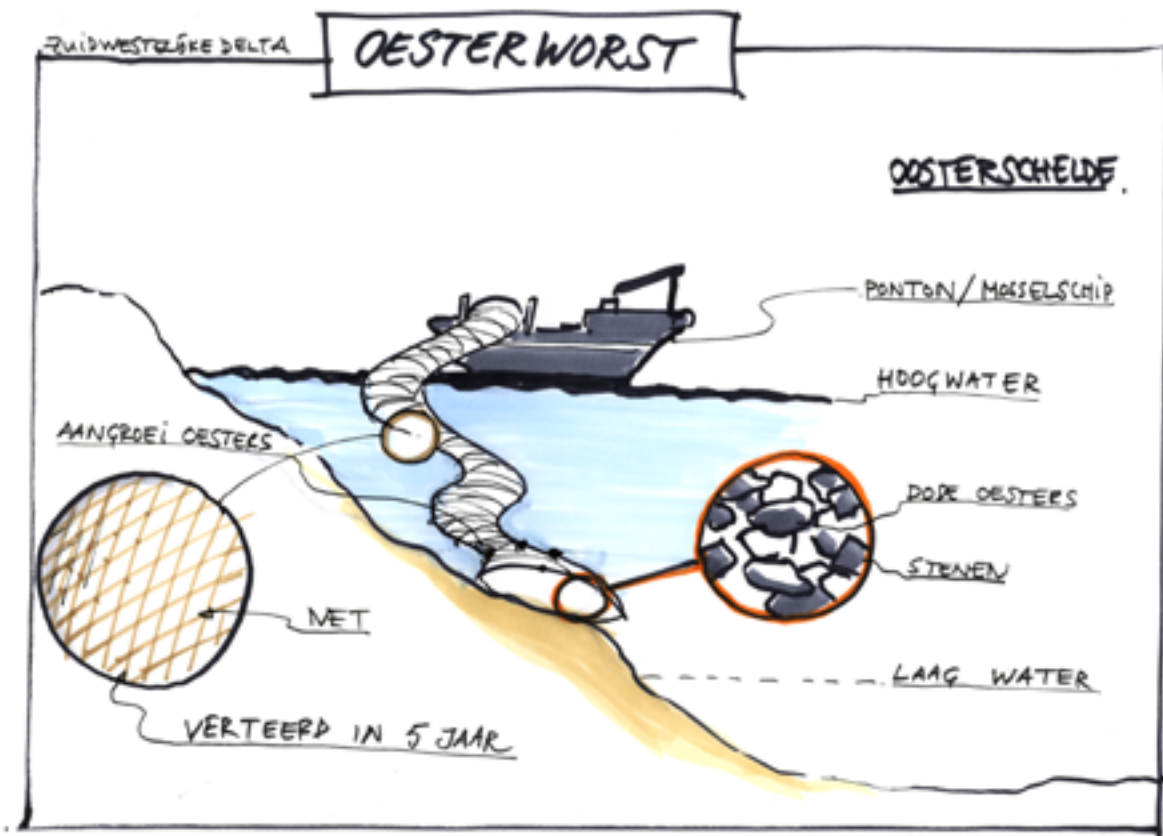
Jan Langenberg Van Wetterskip Fryslân vertelt dat het waterschap zo'n 16 km dijk rondom Ameland gaat versterken. "Aan de westkant lopen we tegen een geul aan die over een jaar of acht aan de teen van de dijk komt te liggen. Gaan we tegen die tijd de dijk aanpakken, dan zou door het krimpen van de kwelder natuurgebied verloren gaan." Tussen kwelder en dijk ligt een dijksloot zonder ecologische waarde. "Wij denken dat we het verplaatsen van die geul kunnen temporiseren, bijvoorbeeld door mosselbanken aan te leggen of aan de hand van schermen." Door de geul vast te leggen, wordt de kwelder beschermd en

extra maatregelen zouden voor verdere opslibbing kunnen zorgen. De dijksloot zou als ecologische zone kunnen worden ingericht, suggereert Langenberg. "Daarnaast zou je bij de overgang naar het duin het dijkprofiel kunnen aanpassen aan de natuurlijke omgeving, bijvoorbeeld aan de hand van een flauwe talud en specifieke dijkbekleding." Een dergelijk veelomvattend project zou als voorbeeld kunnen dienen voor vergelijkbare locaties in het Waddengebied. Maarten van der Wal, Deltares, legt uit hoe je door het gebruik van schermen sedimentatie dan wel erosie kunt stimuleren: "Het zijn poreuze structuren waarin dieren zich kunnen vestigen. Naargelang de positionering kan een scherm weerstand bieden aan de stroming of juist extra turbulentie opwekken. Eén scherm leidt tot sedimentatie, een ander tot erosie. Door deze twee processen afstemmen, kun je de geul in bedwang houden."

"Als environmental engineer ben ik hier uit belangstelling voor nieuwe ontwikkelingen op mijn vakgebied. Als baggerbedrijf hebben we in bestekken steeds vaker te maken met 'bouwen met de natuur'. We zijn uiteraard geïnteresseerd in toepassingen die geld opleveren, maar willen ook graag milieutechnische verbeteringen introduceren.

De twee items waar ik erg gecharmeerd van ben is het bouw materiaal van C-Fix en de Xblocs van BAM waarmee je een golfbreker of dijk natuurvriendelijker maakt. De hoela's brachten me op een idee dat ik een jaar of twee geleden tegenkwam: dat je tussen de palen in een windmolenpark oesters of zeewier kan gaan kweken en een duurzamer systeem kan creëren. Het is natuurlijk fantastisch als je dit soort 'levende waterbouw' wereldwijd kan aanbieden als onderdeel van je bestekken. Het is echt een opkomende markt."

Heidi van der Meij
Van Oord



Schets van plan

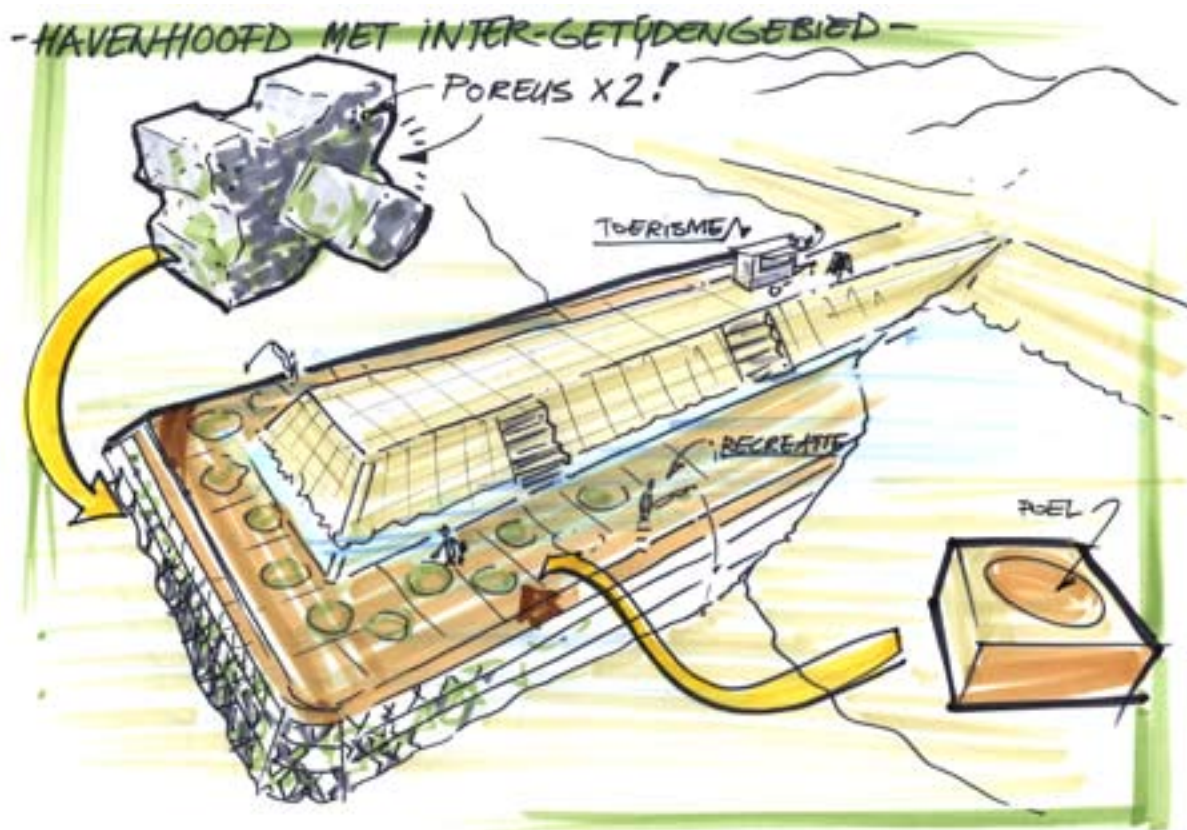
Voorstel 03 Zuidwestelijke delta Oesterworst

“Onze groep werd gegrepen door het dilemma van de zandhonger en we hebben gemeend dit op een grootschalige maar eenvoudige manier aan te kunnen pakken”, aldus Eric van Zanten, Rijkswaterstaat. Hans Bolk, Heijmans, legt eerst uit dat op basis van het principe ‘building with nature’ een voedingsbodem wordt gecreëerd voor een oesterbank: een worstvormige constructie van een net dat op een schip of ponton gevuld wordt met dode oesterschelpen en stenen.

“De worst wordt afgezonken en op enkele plekken aan de bodem verankerd en biedt een ideale ondergrond voor levende oesters. Voordelen zijn de lage kosten en flexibele in situ toepassing qua lengte en vorm.” Van Zanten vult aan dat hij zich in de voorbereidingsfase bevindt van een pilotproject voor de aanleg van een oesterrif. “Ik wil dit idee onmiddellijk invoeren en mocht het de eerstvolgende vergadering over het fundament van het rif overleven dan zie ik een pilot voor de oesterworst wel zitten.”

“Mijn eigen invalshoek is die van de waterkwaliteit en de ecologie. Ik ben geïnspireerd door de vele ideeën vandaag en door de manier van werken. Neem nou die ecoplaten. Waarom maken we ze niet groter, om ze dan ook in zoetwater toe te passen? Ik denk aan het IJsselmeer en problemen met zwevend stof. Je kunt bijvoorbeeld blokken maken met platen die parallel aan elkaar lopen; daar kunnen driehoeksmosselen zich vestigen, ongrijpbaar voor duikeenden of andere vogels. Hoe meer mosselen, hoe helderder het water.”

Arjen Kikkert
Rijkswaterstaat



Schets van plan

Voorstel 04 Hollandse kust

Havenhoofd met intergetijdengebied

Langs de Hollandse kust bevinden zich havendammen, onder meer bij Scheveningen. “De havenhoofden van IJmuiden moeten gerenoveerd worden”, begint Bas Reedijk, BAM/Delta Marine Consultants. “Een uitgelezen kans om het er aantrekkelijker te maken voor natuur én recreant.” Dit zou kunnen door een via trappen voor voetgangers en vissers bereikbare berm aan te brengen in het talud van de golfbreker. “De berm bevindt zich in de intergetijdenezone en loopt onder bij hoogwater om bij laag water droog te vallen. De berm is samengesteld uit grote rotsblokken met uitsparingen.

Door tussen die blokken ruimte open te laten voor poeltjes, ontstaat een intergetijdenlandschap over de lengte van de golfbreker. Het gebruik van poreuze en holle Xbloks voor het onder de berm liggende talud dat dieper de zee ingaat stimuleert bovendien de aanwezigheid van maritiem leven onder water.” Volgens deze visie beslaat het havenhoofd drie ecologische zones, elk met een eigen karakter: een getijzone met poeltjes, een talud met poreus materiaal en een dieper gelegen talud met grote holle ruimtes. “Kortom, een vorm van levende waterbouw waarin de waterbouwkundige functie, de recreatieve functie en de natuurfunctie zijn geïntegreerd en die hoogstwaarschijnlijk geen beduidende meerkosten met zich meebrengt ten opzichte van een conventionele aanpak.”

“Samenwerking tussen biologen en waterbouwers is niet nieuw, maar moet telkens herontdekt worden. Het concept van ‘bouwen met de natuur’ zie je bijvoorbeeld terug in de eeuwenoude praktijk van het ophogen van kwelders in het noorden van het land. Blijkbaar is het steeds weer nodig om van het monodisciplinair denken af te stappen en de zaak breder aan te pakken. Deels is er meer mogelijk nu, deels hebben we het over oude technieken. Die kennis moet je dus opnieuw ontdekken.”

Wout de Vries
Infram

Colofon

Met medewerking van:

BAM/Delta Marine Consultants	Martijn Meijer, Bas Reedijk
Building with Nature/Ecoshape	Anneke Hibma
C-fix	Willem van der Horst
Deltares	Marien Harkes, Helena Hulsman, Mieke Ketelaars, Mindert de Vries, Bregje van Wesenbeeck
Ecoconsult	Peter Paalvast
Havenbedrijf Rotterdam	Sander Cornelissen, Pim de Wit
Heijmans Infra/Breijn	Hans Bolk
Infram	Wout de Vries
Rijkswaterstaat	Roel Doef, Arjen Kikkert, Rein van der Kluit, Yolande van der Meulen, Yvo Provoost, Marco van Wieringen, Eric van Zanten, Louis Donicie
Vandermeerconsulting	Jentsje van der Meer
Wageningen IMARES	Martin Baptist, Tom Ysebaert
Wetterskip Fryslân	Jan Langenberg

En verder nog vele anderen die direct of indirect hebben meegewerkt aan het tot een succes maken van deze concepten.

Fotografie	Peter Paalvast, Mindert de Vries
------------	----------------------------------

Tekst	Direct Dutch Publications, Eric Burgers, Agaath Diemel
-------	--

Oplage	1000 exemplaren
--------	-----------------

Meer informatie?	WINN helpt initiatiefnemers in de levende waterbouw graag verder. Wilt u de beschreven technieken toepassen, meer weten of ideeën uitwisselen over een innovatieve techniek? Neem contact op via e-mail winn@rws.nl .
------------------	--