

## University of Groningen

### Voorwoord

Middelburg, J.B.M.; van Dijk, Jouke

*Published in:*  
De draagkracht van de Waddenzee gemeten

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*  
2013

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*  
Middelburg, J. B. M., & van Dijk, J. (2013). Voorwoord. In T. van Oijen, R. Prop, & J. Stuefer (editors), *De draagkracht van de Waddenzee gemeten* (blz. 3). Waddenacademie/NWO.

#### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

#### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*



# De draagkracht van de Waddenzee gemeten

Het waddenonderzoek binnen het NWO-programma  
Zee- en Kust Onderzoek (ZKO)

# De draagkracht van de Waddenzee gemeten

Het waddenonderzoek binnen het NWO-programma  
Zee- en Kust Onderzoek (ZKO)



## Voorwoord

Nederland heeft grote economische en maatschappelijke belangen op het gebied van zee en kust. De Nederlandse overheid ontwikkelt daarom ook beleid voor de bijbehorende kansen en problemen, zoals natuurbeheer, de mosselcultuur, visserij en kustverdediging. Het in 2007 gestarte NWO-programma Zee- en Kust Onderzoek (ZKO) heeft excellent wetenschappelijk onderzoek gestimuleerd dat bijdraagt aan de wetenschappelijke onderbouwing van dit beleid. De samenhangende maatschappelijke probleemstelling voor dit programma was: hoe kunnen we op een duurzame wijze omgaan met onze kust en zee? De financieringsperiode voor het ZKO-programma liep in 2012 af en wordt niet voortgezet. De laatste projecten zullen naar verwachting in 2016 afgerond worden.

Ongeveer de helft van het totale budget van 21 miljoen euro van het ZKO-programma is besteed aan Waddenonderzoek. De Waddenacademie heeft hier 0,5 miljoen euro aan bijgedragen. Dit boekje geeft een overzicht van alle waddengerelateerde projecten. Veel projecten zijn gericht op vergroting van het inzicht in het natuurlijke systeem. Daarnaast heeft NWO samen met de Waddenacademie onderzoek gefinancierd dat de wisselwerking tussen wetenschap en beleid analyseert. Deze projecten bieden handvatten ter verbetering van deze wisselwerking. Nederlandse instituten voeren het merendeel van het onderzoek uit.

Daarnaast zijn in een gezamenlijke call van NWO en het Duitse Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ook onderzoeksprojecten gefinancierd die worden uitgevoerd door consortia van Duitse en Nederlandse partners.

Een deel van het onderzoek is afgerond en een deel is nog in volle gang. We hopen dat het ZKO-programma heeft bijgedragen en nog zal bijdragen aan een verstandig beheer van het UNESCO Werelderfgoed Waddenzee.



Prof.dr. Jack Middelburg, voorzitter ZKO-Programmaraad



Prof.dr. Jouke van Dijk, voorzitter Waddenacademie

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>		<b>p. 3</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>p. 7</b>
<b>2</b>	<b>De ecologische draagkracht van de Waddenzee</b>	<b>p. 9</b>
<b>2.1</b>	<b>De variatie in de primaire productie van de Waddenzee</b>	<b>p. 10</b>
<b>2.2</b>	<b>Optimalisatie van monitoring in kustwateren</b>	<b>p. 12</b>
<b>2.3</b>	<b>De gevolgen van de afname van fosfaat in rivieren voor de fytoplanktongroei</b>	<b>p. 14</b>
<b>2.4</b>	<b>De stikstofkringloop en veranderingen in de draagkracht van kustwateren</b>	<b>p. 15</b>
<b>2.5</b>	<b>Ecosysteem Waddenzee: data-assimilatie en geïntegreerde modellering</b>	<b>p. 17</b>
<b>2.6</b>	<b>Structuur en trofisch functioneren van de visfauna van de Waddenzee</b>	<b>p. 19</b>
<b>2.7</b>	<b>Monitoring van aanwezigheid, samenstelling, ontwikkeling en ruimtelijke variatie van bodemdieren en vogels</b>	<b>p. 21</b>
<b>2.8</b>	<b>Een door de mens gedreven systeemomslag door het verdwijnen van biobouwers?</b>	<b>p. 24</b>
<b>2.9</b>	<b>De invloed van begrazing op de capaciteit van kwelders om de zeespiegelstijging te volgen</b>	<b>p. 25</b>
<b>3</b>	<b>Transnationaal onderzoek naar invasieve soorten en de sedimenthuishouding</b>	<b>p. 27</b>
<b>3.1</b>	<b>De invloed van biologische invasies op het voedselweb van de Waddenzee</b>	<b>p. 28</b>
<b>3.2</b>	<b>Effecten van invasieve soorten op inheemse predator-prooi- en pathogeen-gastheerrelaties</b>	<b>p. 29</b>
<b>3.3</b>	<b>De toekomst van sedimentfluxen in de Waddenzee: houden ze de zeespiegelstijging bij?</b>	<b>p. 30</b>
<b>3.4</b>	<b>De invloed van klimaatverandering en menselijke ingrepen op de hydrodynamiek en natuur van het Eems-estuarium</b>	<b>p. 31</b>

4	De verbinding tussen wetenschap en beleid	p. 35
4.1	Kennis delen en beheerstrategieën in kustgebieden: de case van de Waddenzee	p. 36
4.2	De rol van kennis in dynamische besluitvormingsprocessen in het waddengebied	p. 38
4.3	Verkenning en evaluatie van <i>science-policy interfaces</i> in het waddengebied	p. 39
5	Tot slot	p. 43
	<b>Bijlage: overzicht waddengerelateerde NWO-ZKO-projecten</b>	p. 44
	<b>Colofon</b>	p. 48





# 1 Inleiding

De Waddenzee is een dynamisch gebied waar natuurlijke processen vrij spel hebben. Het is daarom in verandering. Continu. Deze verandering beperkt zich niet tot het droogvallen en onderlopen van de wadplaten op het ritme van het getij. Op allerlei tijd- en ruimteschalen vinden veranderingen plaats: de helderheid en het zoutgehalte van het water veranderen, het aantal en de soorten organismen in het water en de wadbodem veranderen, de omvang en de begroeiing van de kwelders veranderen, etc. Vanwege de rijke, dynamische natuur zijn het Nederlandse en het Duitse deel van de Waddenzee in 2009 uitgeroepen tot UNESCO Werelderfgoed. De voorbereidingen zijn in gang om het Deense deel hier aan toe te voegen. De werelderfgoedstatus bevestigt de verantwoordelijkheid die we met onze buurlanden hebben om dit gebied voor de toekomst te behouden.

De ontwikkeling van beleid voor een duurzaam gebruik van de Waddenzee is niet eenvoudig, juist omdat het gebied zo dynamisch is. Het beleid zal met de natuurlijke dynamiek moeten meebewegen om te voorkomen dat het systeem door maatschappelijke en economische ontwikkelingen in een ongewenste toestand terecht komt. Voor de ontwikkeling van beleid dat een flexibel en duurzaam gebruik van de Waddenzee nastreeft, is draagkracht een kernbegrip. Er zijn meerdere definities van draagkracht. Biologen hanteren vaak de definitie: de hoeveelheid biomassa die het ecosysteem kan onderhouden. Een andere definitie is: de maximale beïnvloeding van een ecosysteem door invloeden van buitenaf waarbij een ecosysteem zich


nog kan handhaven. Helderheid over de draagkracht van het systeem is nodig bij de toepassing van Europese richtlijnen (Kaderrichtlijn Water; Vogel- en Habitatrichtlijn) en bij concrete beleidsvraagstukken zoals het beheer van de (schelpdier-)visserij. Echter, onze kennis van de onderliggende natuurlijke processen is nog beperkt. Daardoor is er veel discussie over de effecten en duurzaamheid van menselijke ingrepen als visserij, aquacultuur en baggeren.

Het waddenonderzoek binnen het ZKO-programma richt zich op een beter begrip van de draagkracht van de Waddenzee. Het programma startte met meerdere oproepen aan wetenschappers voor de indiening van projectvoorstellen (*call for proposals*). Het onderzoek van de eerste call concentreert zich op het 'natte wad' en de kwelders (hoofdstuk 2). Ook is het onderzoek sterk gericht op de ecologie van het gebied en minder op de het niet-levende deel van het ecosysteem. Aanvullend is er in samenwerking met het Duitse BMBF een transnationale call gehouden (hoofdstuk 3). De projecten binnen deze financieringsronde zijn bijzonder omdat zij over grensoverschrijdende problemen gaan, met name invasieve soorten en sedimentdynamiek. Tenslotte richten drie projecten zich op de koppeling van wetenschap en beleid in het waddegebied in de gezamenlijke call met de Waddenacademie (hoofdstuk 4).

In hoofdstukken 2, 3 en 4 staat in elke paragraaf een onderzoeksproject beschreven. Informatie over de hoofdaanvragers van, en de betrokken instituten bij elk van deze projecten staat in de bijlage.



Oesterbank op Balgzand



## 2 De ecologische draagkracht van de Waddenzee

Er is binnen het ZKO-programma een grote diversiteit aan onderzoeken opgezet die de functie van het ecosysteem Waddenzee verder moet ontrafelen. De projecten die staan beschreven in de eerste paragrafen richtten zich op de microalgen, die aan de basis van de voedselketen staan. Andere projecten keken naar de hogere trofische niveau's, zoals schelpdieren, vissen en vogels. Het meeste onderzoek is op het 'natte wad' uitgevoerd. De laatste paragraaf beschrijft een studie naar de randen van het wad, de kwelders.

## 2.1 De variatie in de primaire productie van de Waddenzee

*Projectaanvraag samengevat:* Algen gebruiken de energie van zonlicht voor de vorming van biomassa uit CO<sub>2</sub>, water en voedingsstoffen. Dit voedsel wordt doorgesluisd naar hogere niveaus en legt zo de basis voor de draagkracht voor vissen, vogels en zeezoogdieren. Dit project maakt, met een monitoringnetwerk van permanente meetstations en veldcampagnes in de westelijke Waddenzee, een schatting van primaire productie, algenbiomassa en soortensamenstelling.

In de Waddenzee staan, net als in alle andere zeeën en oceanen, microscopische algen aan de basis van de voedselketen. De draagkracht van de Waddenzee voor individuele soorten of gemeenschappen is sterk afhankelijk van de primaire productie: het proces waarin microalgen de energie van zonlicht gebruiken voor de vorming van biomassa uit CO<sub>2</sub>, water en voedingsstoffen. Via een keten van eten-en-gegeten-worden wordt dit voedsel doorgesluisd naar de hogere trofische niveaus en legt zo de basis voor de draagkracht voor vissen, vogels en zeezoogdieren. Bijzonder voor een getijdengebied als de Waddenzee is dat de bodemalgen, die algenmatten op de wadplaten vormen, belangrijke primaire producenten zijn.

Dit project brengt de algenbiomassa en de primaire productie in kaart en maakt een schatting van de voedseloverdracht naar de belangrijkste grazers. Er is een netwerk van permanente meetstations in de westelijke Waddenzee opgezet, dat de variatie in tijd vaststelt. Om de variatie in

de ruimte te bepalen zijn er metingen op wadplaten en geulen in de westelijke Waddenzee. Deze resultaten worden ook gebruikt voor het ijken van satellietwaarnemingen van microalgen, en zo tot schattingen van de totale primaire productie in de Waddenzee te komen.

De uitkomsten lieten onder meer zien dat productie door bodemalgen inderdaad een belangrijke pijler van het voedselweb van de Waddenzee is. Deze benthische algen volgden echter een andere seizoensdynamiek dan de pelagische algen die vrij in de waterkolom zweven, waardoor de relatieve bijdrage aan de totale productie sterk wisselde. Sublittorale mosselen vertoonden vrijwel synchroon graasgedrag, wat wijst op een sterke sturing door omgevingsfactoren. Veel schelpdieren bleken van meerdere walletjes te eten, waaronder ook van zoetwateralgen uit het IJsselmeer.

De onderzoekers werken aan nieuwe methodieken die met voldoende nauwkeurigheid de processen op een relevante tijd- en ruimteschaal kunnen volgen. De technische uitdaging is om deze methodieken zo vroeg en zo kosteneffectief mogelijk in te zetten voor langjarige en grootschalige veldobservaties. Een belangrijke vraag hierbij is wat het aanpassingsvermogen van microalgen en schelpdieren is aan een veranderende omgeving, en welke consequenties dat heeft voor het voedselweb van de Waddenzee. Dus ook voor de primaire productie van de Waddenzee schuilt de sleutel naar het grote overzicht in de (microscopische) details.





Optische metingen van biomassa en productie van bodemalgen op het Balgzand

## 2.2 Optimalisatie van monitoring in kustwateren

*Projectaanvraag samengevat:* Vergeleken met de monitoringmogelijkheden van de waterkwaliteit uit de jaren '70 zijn de technieken nu sterk verbeterd. Dit onderzoek gaat nieuwe monitoringstechnieken in het Nederlandse kustgebied inzetten en evalueren en brengt wetenschappers, beleidsmakers en kustmanagers samen.

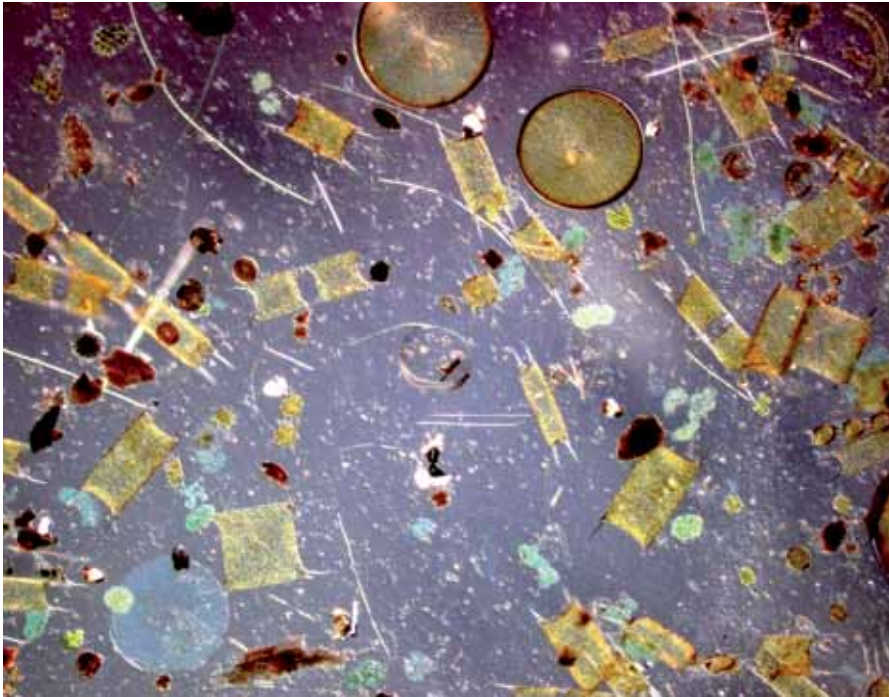
In de afgelopen dertig jaar zijn veel data over Nederlandse kustwateren verzameld in grote monitoringprogramma's en projecten. Ontwikkelingen in computerkracht, statistische technieken, data-modelintegratie en data-assimilatieprocedures hebben de data-analyse in lange tijdseries verbeterd. Ook zijn er technologische ontwikkelingen geweest zoals sensoren en remote sensing. Deze methoden en technieken zijn nog nauwelijks toegepast bij de optimalisering van monitoringprogramma's voor de waterkwaliteit en draagkracht van de Nederlandse kustzone.

Dit project sluit nauw aan op het vorige, beschreven in 2.1 en heeft twee hoofddoelstellingen. Ten eerste willen de onderzoekers uit de analyse van bestaande data meer inzicht krijgen in het gedrag van complexe open dynamische systemen als de Waddenzee en de Noordzee. Ze onderzoeken temporele en ruimtelijke trends en fluctuaties van nutriënten, gesuspendeerd materiaal, fytoplankton en waar mogelijk zoöplankton en schelpdieren. Hierbij worden data gebruikt van bestaande tijdseries van de Nederlandse kustzone die geanalyseerd worden met

statistische technieken en proces-gebaseerde modellen. Ten tweede willen de onderzoekers verkennen hoe deze wetenschappelijke resultaten toe te passen zijn in beleid en beheer. Ze ontwerpen een geavanceerd, kosteneffectief monitoringnetwerk voor de Nederlandse kustzone, dat aansluit op de informatiebehoefte van beleidsmakers en beheerders. Bij de monitoring worden bestaande meettechnieken gecombineerd met zeker voor de Nederlandse kustzone relatief nieuwe technieken.

Statistische analyse van hoogfrequente meetseries laat zien dat de fytoplanktonconcentratie, de concentratie voedingsstoffen en het onderwaterlichtklimaat sterk fluctueren met zowel de dagelijkse getijdenbeweging als met de springtij-doodtijcyclus. Dit betekent dat de fytoplanktonconcentratie, en daarmee de draagkracht van kustecosystemen, in tijd en ruimte veel dynamischer en complexer is dan werd gedacht. Naar verwachting leidt de getijdencyclus ook tot grote fluctuaties in de soortensamenstelling van het fytoplankton, maar hier is nog weinig onderzoek naar verricht.

Hoogfrequente meetsensoren zijn noodzakelijk voor de meting van de variatie in de concentratie en soortensamenstelling van het fytoplankton in kustwateren. Dergelijke sensoren zullen niet alleen leiden tot nieuwe wetenschappelijke inzichten, maar kunnen tegelijkertijd beleidsmakers effectiever en efficiënter voorzien van hoge-resolutie informatie over de waterkwaliteit voor de Europese Kaderrichtlijn Water en Marien.



Fytoplankton onder de microscoop



Monsternamen voor algenonderzoek

## 2.3 De gevolgen van de afname van fosfaat in rivieren voor de fytoplanktongroei

*Projectaanvraag samengevat:* Microalgen in het water en op de getijdeplaten staan aan de basis van de voedselketen. Dit project onderzoekt een grote verandering in de condities voor deze algen, namelijk de reductie in fosfaat. Dat is ongunstig voor met name algen in het water, en daarmee voor de volgende soorten in de voedselketen, de schelpdierlarven.

Het fytoplankton, eencellige algen die vrij in het water zweven, vormt het gras van de zee. Het is een belangrijke voedselbron voor de schelpdieren, wormen en roeipootkreeftjes in de Waddenzee. Er zijn aanwijzingen dat de vermindering van de fosfaatbelasting in de Noordzee mogelijk zou leiden tot een afname in de groei van het fytoplankton in de Waddenzee, maar het bewijs daarvoor was zwak.

In dit onderzoeksproject is aangetoond dat het fytoplankton in het voorjaar inderdaad minder goed groeit doordat er minder fosfaat beschikbaar is. Ook is duidelijk geworden dat de ene algengroep beter kan omgaan met lage fosfaatconcentraties dan de andere. Groenalgen en dinoflagellaten (een groep beweegbare, vaak giftige algen) lijken er weinig last van te hebben maar diatomeeën (ook wel kiezelalgen genoemd omdat ze een skelet hebben van silicaat) juist veel. Dit heeft mogelijk gevolgen voor de hogere niveaus in het voedselweb. Algen maken vetzuren aan, waaronder de bekende omega-3- en



omega-6-vetzuren. Diatomeeën bevatten veel van het omega-3-vetzuur eicosapentaeenzuur (EPA), terwijl dat ontbreekt in groenalgen. EPA is een essentieel onderdeel in de voeding van schelpdieren en copepoden. Het stimuleert hun groei en verhoogt de vruchtbaarheid. De afname van diatomeeën als gevolg van het fosfaattekort leidt dus tot een verarming van de voeding van schelpdieren en daarmee mogelijk tot een afname in de draagkracht van het systeem. Uit een vergelijking tussen metingen op diverse plaatsen en op verschillende fasen van het getij, blijkt dat de waarnemingen van de lange termijn meetserie vanaf de NIOZ-steiger een goed idee geven van wat er gebeurt in het Marsdiep met fosfaat en fytoplankton.

Naast de waterkolom is ook de wadbodem onderzocht. Het sediment blijkt gedurende het hele jaar een belangrijke bron van voedingsstoffen voor het fytoplankton te zijn. Wel is de grootte van de flux van stikstof (N) en fosfor (P) uit het sediment seizoensafhankelijk. De N:P-ratio van de flux is in de winter hoger dan in de rest van het jaar. Deze ratio is ook afhankelijk van het type sediment. De N:P-ratio van de flux uit zandige sedimenten is hoger dan uit slibbige sedimenten. Dit kan bepalend zijn voor of algen N- dan wel P-gelimiteerd raken. Tenslotte is vastgesteld dat bodemalgen de flux van nutriënten uit het sediment kunnen verminderen.

## 2.4 De stikstofkringloop en veranderingen in de draagkracht van kustwateren

*Projectaanvraag samengevat:* Stikstof is na koolstof het belangrijkste element voor levende organismen. De onderzoekers stellen een model op van de microbiële stikstofcyclus, dat veranderingen in kaart brengt in de draagkracht van het ecosysteem gerelateerd aan de stikstofcyclus.

Het voornaamste doel van dit project was de structuur vaststellen van de stikstofcyclus in de Waddenzee en de aanpalende Noordzee en het kwantificeren van de relevante processen. Door de toepassing van mathematische modellen willen de onderzoekers de veranderingen van de draagkracht van deze kustecosystemen met betrekking tot stikstof bepalen en beter begrijpen. Hoewel een belangrijk deel van de lucht uit stikstof bestaat, is dit maar voor enkele gespecialiseerde micro-organismen beschikbaar. De meeste organismen zijn aangewezen op een bron van organische of anorganische gebonden stikstof. Omdat stikstofverbindingen onderhevig zijn aan microbiële omzettingen die uiteindelijk kunnen leiden tot de vorming van stikstofgas, is dit element in veel (mariene) milieus de beperkende factor voor de primaire productie en daarmee voor de draagkracht van ecosystemen.

Er zijn vier cruises met het onderzoekschip 'Pelagia' uitgevoerd op de Noordzee, een cruise voor elk seizoen. De cruises deden het 'Terschelling'-transect, waarbij zeven stations zijn bemonsterd. Op drie van deze stations

(Doggersbank, Oestergronden en Kustwateren) zijn zowel de waterkolom als ook de bodem bemonsterd. De Waddenzee werd bemonsterd op het vaste monsterpunt van het NIOZ ('Jetty'). De onderzoekers bemonsterden het getijdsediment op het Groene Strand van Schiermonnikoog waar microbiële matten groeien. De structuur van de stikstofcyclus werd gemeten aan de hand van genen die coderen voor enzymen betrokken bij stikstofomzettingen en door analyse van specifieke lipiden. Het kwantificeren van stikstofomzettingen was mogelijk door het stabiele isotoop  $^{15}\text{N}$  als tracer te gebruiken.

Uit het onderzoek is gebleken dat stikstoffixatie alleen van betekenis is in de microbiële matten. Denitrificatie en niet-anaerobe ammoniumoxidatie is het voornaamste proces dat gebonden stikstof in stikstofgas omzet. Oxidatie van ammonium tot nitriet gebeurt in de waterkolom door een nieuwe groep van micro-organismen. De meeste processen bleken een seizoengebonden patroon te laten zien. De metingen zijn onvoldoende om een volledig stikstofbudget voor de Waddenzee en Noordzee op te stellen en een volledig inzicht te verkrijgen over het functioneren van de microbiële stikstofcyclus. Daarvoor zouden gedetailleerde analyses nodig zijn met een hogere tijdsresolutie en over een langere periode.



Monsternamen op zee met een rosette-sampler

## 2.5 Ecosysteem Waddenzee: data-assimilatie en geïntegreerde modellering

*Projectaanvraag samengevat:* Door afname van de hoeveelheid voedingsstoffen, menselijk ingrijpen en door klimaatverandering is het functioneren van het Waddenzee-ecosysteem veranderd. Dit monitoringsprogramma wil een model opleveren waarmee effecten van beheersmaatregelen beter ingeschat kunnen worden.

Dit project stelt numerieke modellen op waarin sleutelmechanismen zijn geïmplementeerd die in de Waddenzee spelen. Dit betreft vooral de toe- en afvoer van voedingsstoffen, de primaire en de secundaire productie (de groei en het afsterven van zowel algen in de waterkolom als bodemalgen en de groei en sterfte van vooral schelpdieren). Met behulp van zulke modellen kan onderzocht worden wat de effecten op het ecosysteem zijn van de dalende nutriëntentoevoer sinds het begin van de jaren tachtig.

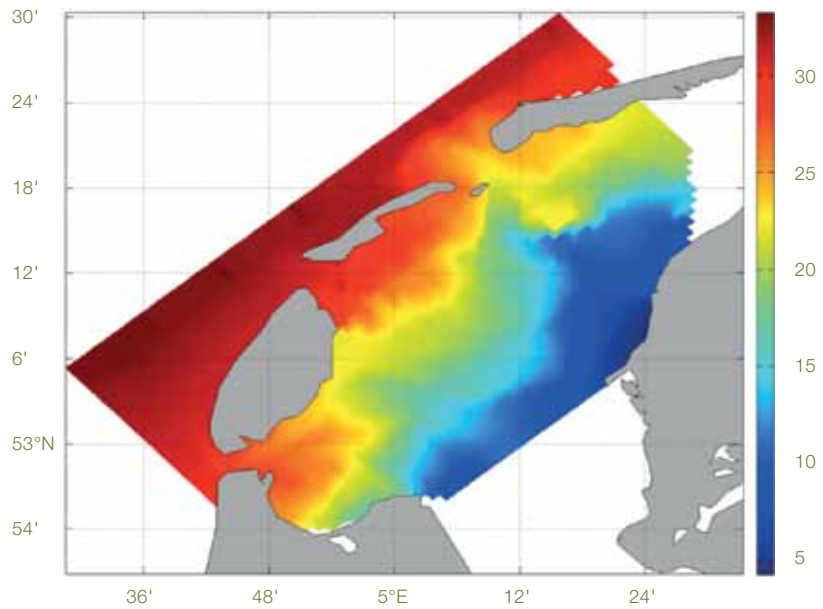
Er is voor de westelijke Waddenzee een fijschalig hydrodynamisch model opgezet, dat de slibdynamica beschrijft en het droogvallen en onderlopen van de wadplaten berekent. De buitengrens van dit model ligt enkele tientallen kilometers uit de kust. Gekoppeld aan dit model zijn meerdere ecosysteemprocessen doorgerekend, zowel in de waterkolom als in de bodem. Vanwege het grote aantal gridcellen dat doorgerekend moet worden, is de rekentijd aanzienlijk en bedraagt de simulatieperiode hooguit enkele jaren.

Het tweede spoor is de verdere ontwikkeling van het bestaande EcoWasp-model. Dit model is ruimtelijk grover van opzet maar kent een verdergaande beschrijving van de groei en sterfte van schelpdierpopulaties. De rekentijd is betrekkelijk kort, en het model is goed bruikbaar voor modeltesten en voor scenariostudies.

Het fijschalige model is nog in de ontwikkelingsfase maar levert al beelden van de ruimtelijke verspreiding van bijvoorbeeld de primaire en secundaire productie in de Waddenzee gedurende een jaar. Het grofschalige model is inmiddels voor een aantal scenariostudies ingezet, waarbij vooral effecten van zandwinning in de Nederlandse kustzone zijn doorgerekend, alsmede de effecten van mosselzaadinvanginstallaties op schelpdierbestanden in de Waddenzee. Ook produceert het model inmiddels schattingen van de productie van voedsel voor vogels, zodat er een beeld is van hoeveel schelpdieren-etende vogels zich jaarlijks in de Waddenzee kunnen voeden. Beide modellen kunnen worden geoptimaliseerd door ze op hetzelfde gebied toe te passen en dan te kijken of verfijning of vereenvoudiging van elk van beide modeltoepassingen zinvol is.

Tenslotte zijn er in dit project analyses van geografische Waddenzee-data uitgevoerd om de geschiktheid van bepaalde plekken voor droogvallende mosselbanken, sublitorale mosselen en de Amerikaanse Zwaardschede vast te stellen. Deze habitatgeschiktheidsanalyses kunnen in ecosysteembeschrijvingen worden toegepast.

Op p.18 staat een voorbeeld van een resultaat van een modelberekening.



Het gemodelleerde zoutgehalte (PSU) van de bovenste waterlaag in de westelijke Waddenzee op een winterdag

## 2.6 Structuur en trofisch functioneren van de visfauna van de Waddenzee

*Projectaanvraag samengevat:* Dit project monitort de visgemeenschap van de westelijke Waddenzee. Het onderzoek is vooral gericht op seizoensveranderingen en dient als basis voor de studie van de rol van vis in de draagkracht van het systeem.

Vissen spelen een belangrijke rol in de Waddenzee als schakel in de voedselketen tussen plankton en bodemorganismen naar vogels en zeezoogdieren. Daarnaast is de Waddenzee een kraamkamer voor belangrijke vissoorten. Dit project werkt aan een monitoringprogramma van de visgemeenschap van de westelijke Waddenzee, dat als basis dient voor de studie van de rol van vis in het systeem. Het monitoringsprogramma omvat een bestandsopname op platen en in geulen met verschillende vistuigen (boomkorren, ankerkuil), op meerdere stations en over meerdere jaren. Het onderzoek is gericht op seizoensveranderingen in de ruimtelijke verspreiding, grootte- en soortstelling, biomassaontwikkeling, groei, sterfte en voedselrelaties van zowel bodemvissoorten als pelagische (in de waterkolom zwemmende) vissoorten.

De resultaten bevestigen dat zowel de geulen als de platen in de Waddenzee een belangrijk opgroeigebied zijn voor vissen. Dit geldt niet alleen voor bodemvissen maar ook voor pelagische soorten. Vergeleken met eerdere waarnemingen heeft de visfauna in de Waddenzee grote veranderingen ondergaan. Er is een achteruitgang van de

demersale (bodem) visfauna in de Waddenzee; de biomassa aan pelagische vis (cludeïden, met name sprot) in de westelijke Waddenzee overstijgt die van demersale vis vele malen. Het opgroeigebied van jonge platvis lijkt te zijn verplaatst van de platen naar de geulen. Wel lijkt het gebied onverminderd belangrijk voor het vestigen van schollarven. In de zomer blijkt de groei van jonge platvis niet goed te zijn. Dit kan een aanwijzing ervoor zijn dat 's zomers mogelijk de draagkracht van het gebied bereikt wordt.

Naast dit onderzoek zijn er pilots uitgevoerd naar de haalbaarheid van de invoering van *state-of-the-art* technieken bij de monitoring. Eén van die technieken zijn planktonrecorders aan boord van onderzoeksschepen. Deze filteren kleine organismen uit opgepompt water en maken een continue inschatting mogelijk van de biomassa van kleine organismen. De recorders blijken alleen toegepast te kunnen worden op schepen met speciale voorzieningen voor de aanzuiging van water. De toepassing aan boord van veerboten moet verder worden onderzocht. Verder zijn akoestische telmethoden voor scholen pelagische vis onderzocht en zeer effectief gebleken. Het verdient aanbeveling om de huidige monitoringsinspanningen in het gebied te handhaven (NIOZ-fuik; IMARES Demersal Young Fish Survey), en uit te breiden met survey's van pelagische vis. Dit zou onder meer gedaan kunnen worden met vaste opstellingen voorzien van akoestische apparatuur die vanaf de bodem naar boven gericht is.





De Waddenzee is een belangrijk opgroeigebied voor platvis, zoals deze scholletjes (zie 2.6)

## 2.7 Monitoring van aanwezigheid, samenstelling, ontwikkeling en ruimtelijke variatie van bodemdieren en vogels

*Projectaanvraag samengevat:* De draagkracht van de Waddenzee draait om kleine dieren op en in de zeebodem. Dit project brengt het dierlijke leven rond de bodem in kaart en monitort waar en wanneer wadvogels hun voedsel zoeken. Het project is opgebouwd uit drie deelprojecten die hieronder afzonderlijk worden behandeld.

### Wadvogels

De Waddenzee is internationaal een zeer belangrijk gebied voor enorme aantallen wadvogels. Voor een goed beheer moeten we weten hoe de wadvogels zich verspreiden over het wad. Bij laag water waaiëren ze uit over het wad en dan zijn ze verdeeld over grote en moeilijk toegankelijke gebieden. We weten daarom nog weinig van hun vlieg-bewegingen en de plekken waar zij aan hun voedsel komen. Er zijn grote verschillen in de verspreiding van de vogels tussen dag en nacht en in de loop van het seizoen.

In dit deelproject zijn diverse innovatieve technieken gebruikt voor de monitoring van wadvogels. Een hoge-resolutie-videocamera met infraroodverlichting is geplaatst op Balgzand en volgde de verspreiding van wadvogels over diverse voedselhabitats dag en nacht en over alle seizoenen. Een vogelradarsysteem heeft de vliegbewegingen van vogels boven Balgzand in kaart gebracht. Bovendien zijn scholeksters uitgerust met zenders die hun

individuele gedrag vastlegden. Dit onderzoek heeft onder andere geresulteerd in nieuwe methoden om vogelradar te valideren en het heeft nieuwe inzichten opgeleverd over de voedselstrategie van scholeksters.

Het Waddenfonds-project Mosselwad bouwt voort op dit ZKO-project. Er staan momenteel drie hoge-resolutie-videocamera's in de Waddenzee. Een toekomstige wens is om alle vuurtorens in de Waddenzee uit te rusten met vogelradarsoftware, zodat de import en export van trekvogels nauwkeurig kan worden gevolgd.

### Schelpdieren

Schelpdieren vormen een essentieel onderdeel van het ecosysteem van de Waddenzee en sommige soorten worden commercieel geoogst. Goed inzicht in de hoeveelheid en de verspreiding van schelpdieren is daarom belangrijk. Sommige schelpdieren vormen banken op de bodem, die zowel droogvallend op het wad kunnen liggen als permanent onder water. Andere soorten zitten min of meer verspreid ondiep in de bodem en weer anderen zitten diep in de bodem. Dit vereist dat verschillende technieken nodig zijn om schelpdieren te bemonsteren.

In dit deelproject zijn droogvallende oester- en mosselbanken gekarteerd met hoge-resolutie-luchtfoto's en satellietbeelden. Daarnaast zijn met behulp van *side-scan-sonar* permanent onder water gelegen schelpdierbanken in kaart gebracht. Ook hebben de onderzoekers een nieuwe bodemschaaf ontwikkeld voor de bemonstering van diep-levende schelpdieren zoals de Amerikaanse Zwaardschede, de Strandgaper en de Otterschelp. Dit onderzoek toont onder andere aan dat de totale

biomassa aan schelpen in de Waddenzee is onderschat, omdat er meer dieplevende soorten zitten dan werd aangenomen.

De inzet van remote sensing-technieken voor kartering van schelpdierbanken zal toekomstig onderzoek verder moeten brengen. De inzet van luchtfoto's en satellietbeelden boven water, en side-scan-sonar onder water is veelbelovend, maar nog niet uitontwikkeld.

### Synoptic Benthic Sampling

Voor een gericht beheer van het waddengebied is het belangrijk de draagkracht van het gebied voor vogels te kennen. Hierbij spelen de voedselvoorraden aan bodemorganismen een doorslaggevende rol. Deze voedselvoorraden zijn ruimtelijk zeer verspreid en sommige voedselbronnen zijn slechts een deel van het jaar beschikbaar.

De in dit deelproject uitgevoerde monitoring brengt de hoeveelheid, samenstelling, ontwikkeling en ruimtelijke variatie in kaart van bodemorganismen op de getijdeplaten in de westelijke Waddenzee (het zogeheten macrozoö-benthos). Het is onderdeel van een Waddenzee-dekkende bemonstering (SIBES: *Synoptic Benthic Sampling*). In een regelmatig gridpatroon van 500 bij 500 meter zijn bodemkernen genomen waaruit bodemorganismen zijn verzameld. De resultaten laten zien dat de aanwas van jonge dieren sterk soort- en plaatsgebonden is en grote fluctuaties van jaar op jaar vertoont. Ook de soortensamenstelling van bodemdieren varieert sterk in zowel ruimte (per getijdenplaat en komberging) als tijd (jaren). Vooral fysische verschillen in leefomstandigheden veroorzaken de veranderingen op grote schaal, terwijl de variatie op relatief

kleine schaal vooral door biologische processen wordt gegenereerd.

De SIBES-bemonstering is een verbetering van de eerdere monitoringinspanningen in het gebied. Deze aanpak zou ook toegepast kunnen worden om na te gaan of er effecten optreden op de bodemorganismen in de Waddenzee als gevolg van de bodemdaling door gaswinning in het gebied.

Schelpdieronderzoek







Onderzoekers bij de paal met videocamera om wadvogels te bestuderen

## 2.8 Een door de mens gedreven systeemomslag door het verdwijnen van biobouwers?

*Projectaanvraag samengevat:* De draagkracht van de Waddenzee voorspellen is lastig omdat er twee typen biobouwers gelijktijdig voorkomen: zeegras en mosselen houden de bodem vast, terwijl vooral wadpieren de bodem losmaken. Dit onderzoek kijkt naar de rol van biobouwers in het voedselweb met het oog op herstelmaatregelen.



Zeegras

Biobouwers zoals mosselen en zeegras zijn in dynamische systemen zoals de Waddenzee belangrijk voor de biodiversiteit. Ze veranderen de eigen omgeving, bijvoorbeeld door stroming en golven te dempen, de sedimentatie te bevorderen en het water te filteren. Deze omgevingsveranderingen hebben vaak niet alleen een positief effect op de groei en overleving van de biobouwers zelf, maar ook op die van veel andere soorten. In dit project is een meta-analyse uitgevoerd waarmee wetenschappelijk is vastgesteld dat de toegenomen exploitatiedruk en verstoring van de sedimenthuishouding door de mens in de laatste eeuw heeft geleid tot grootschalig verlies van biobouwers in de Waddenzee.

In het project zijn verder de (ruimtelijke) effecten van biobouwers bestudeerd om zo het belang van biobouwers binnen het Waddenzee ecosysteem te kunnen kwantificeren. Na een combinatie van GIS-analyses, computermodellen en laboratorium- en veldexperimenten, blijkt uit de eerste resultaten dat biobouwers inderdaad sterk hun omgeving beïnvloeden, maar ook dat die effecten niet alleen op lokale schaal optreden: de effecten van mosselbanken op het voedselweb waren tot honderden meters buiten de bank zelf meetbaar. Het Waddenfondsproject Waddensleutels onderzoekt nu de gevolgen van het verlies van biobouwers voor de voedselwebstructuur, en hoe we belangrijke biobouwer-structuren zoals mosselbedden kunnen herstellen.

## 2.9 De invloed van begrazing op de capaciteit van kwelders om de zeespiegelstijging te volgen

*Projectaanvraag samengevat:* Migrerende vogels zoeken voedsel op kwelders, die echter door zeespiegelstijging bedreigd worden. Alleen als de kwelders voldoende sediment kunnen vasthouden met hun planten, kunnen ze de zeespiegelstijging bijbenen. De onderzoekers bestuderen de effecten van begrazing door ganzen en grote grazers zoals koeien op de ophoging van kwelders.

Kwelders (schorren) zijn belangrijke voedselbronnen voor migrerende ganzen. Maar toenemende populaties ganzen en de verwachte zeespiegelstijging kunnen samen de lange termijn overleving van kwelders bedreigen. Kwelders zijn dynamische systemen die van nature ophogen door klei-*invang* tijdens vloed. Planten zijn hierbij belangrijk: ze stabiliseren de bodem waardoor erosie afneemt terwijl de snelheid van het overstromende water wordt vermindert en daarmee de klei-*invang* toeneemt. Hierbij wordt ook veel koolstof opgeslagen. Begrazing vermindert de hoogte van de planten en dit zou de ophoging van de kwelder kunnen remmen. Anderzijds kan een te hoge vegetatie begrazing door ganzen onmogelijk maken. Dit project onderzoekt de effecten van begrazing op de vegetatie, klei-*invang* en koolstofopslag.

Experimenten tonen dat kleine bovengrondse grazers, zoals hazen en ganzen, geen invloed hebben op de lange termijn klei-*invang* en koolstofopslag van



Monstername op de kwelder


kwelders. Aanwezigheid van grote grazers zoals koeien, reduceert de hoogte van de kwelder door vertrappeling van de bodem. Dit kan op de lange termijn kwelders bedreigen, als de ophoging van de kwelder lager wordt dan de zeespiegelstijging. Vertrappeling door koeien zorgt wel voor een toename in koolstofopslag in de kwelderbodem, wat bijdraagt aan het tegengaan van de toename van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. Grazende ganzen zorgden voor een grotere plantendiversiteit.

Opschaling van deze experimentele onderzoeksresultaten naar de landschapsschaal door middel van modelstudies, tonen dat de sediment*invang* vergroot wordt wanneer koeien op specifieke plekken grazen. Modelstudies tonen verder dat de effecten van kwelder-vegetatie-sterfte (een wereldwijd voorkomend fenomeen dat nog slecht begrepen is) op de sediment*invang* op de rest van de kwelder, sterk afhangen van het ruimtelijk patroon waarin de sterfte optreedt.





Hef Schanskerdiep bij de Dollard



# 3 Transnationaal onderzoek naar invasieve soorten en de sediment-huishouding

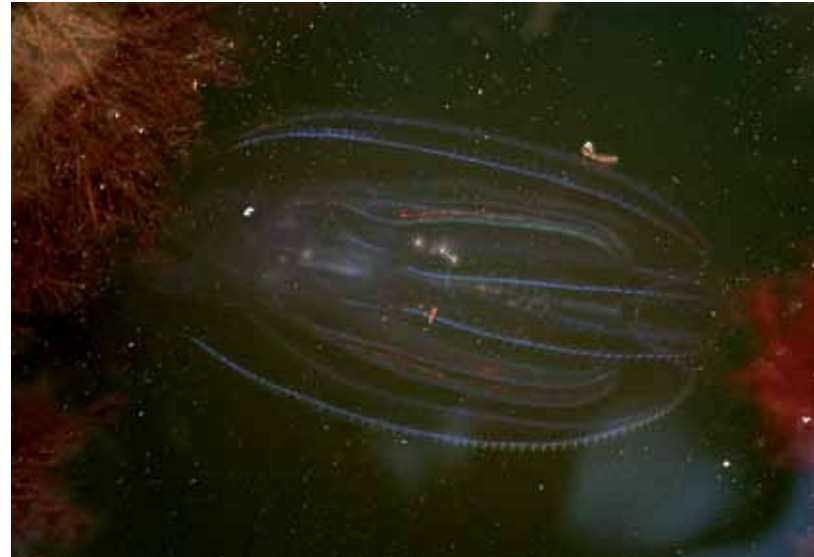
Het transnationale onderzoek is opgesplitst in twee onderdelen. De projecten in de eerste twee paragrafen bestuderen de gevolgen van invasieve soorten voor de Waddenzee. De andere twee projecten zijn gericht op water- en slibbewegingen in de Waddenzee en het Eems-estuarium. De transnationale projecten zijn in 2012 gestart en dus nog in de beginfase.

### 3.1 De invloed van biologische invasies op het voedselweb van de Waddenzee

*Projectaanvraag samengevat:* Dit onderzoek beschrijft de voedselketen in drie verschillende delen van het internationale waddengebied. De drie gebieden hebben te maken met een verschillende gradatie van invloed van invasieve soorten. Dit project stelt de regionale verschillen vast van de invloed van invasieve soorten op de voedselketen.

Al decennia lang komen er nieuwe soorten in de Waddenzee. Op grond van hun aantal moeten ze wel invloed hebben op het functioneren van het systeem. Voorbeelden hiervan zijn Amerikaanse zwaardschedes, Japanse oesters en recentelijk de Amerikaanse langlobbrikkwal. Dit Duits-Nederlandse samenwerkingsproject onderzoekt de effecten van deze en andere invasieve soorten op de voedselketen in drie gebieden in de Nederlandse en Duitse Waddenzee.

De belangrijkste bron van informatie komt uit een analyse van lange termijn series van metingen van de aantallen en soortensamenstelling van algen, bodemdieren en vis in het gebied. Waar nodig worden deze aangevuld met laboratoriumexperimenten en veldonderzoeken. Met deze basisinformatie worden reconstructies van het voedselweb in de Waddenzee uitgevoerd. Dit project is in 2012 begonnen maar er zijn al eerste resultaten. Verschillende lange termijnseries en inventarisaties laten zien dat er grote verschillen zijn tussen



Amerikaanse langlobbrikkwal

de verschillende kombereinigingsgebieden, in elk geval in het Nederlandse deel van de Waddenzee. Verder blijkt uit een eerste analyse dat de achteruitgang van de kraamkamerfunctie van de wadplaten in het gebied voor met name jonge platvis (zie ook 3.4) niet is ingevuld door andere vissoorten, maar mogelijk wel voor een deel door garnalen en krabben.

Het is uit de eerste analyse ook duidelijk geworden dat er kennishiaten zijn die de reconstructie van het voedselweb in de Waddenzee bemoeilijken. Nu al kunnen meer monitoringsinspanningen aanbevolen worden die invasieve soorten in de Waddenzee volgen.



## 3.2 Effecten van invasieve soorten op inheemse predator-prooi- en pathogeen-gastheerrelaties

*Projectaanvraag samengevat:* Nieuwe soorten in de Waddenzee, zoals de Japanse oester, veranderen niet alleen predator-prooi relaties maar nemen ook nieuwe ziekteverwekkers mee. De onderzoekers stellen het risico vast voor het ecosysteem van het waddengebied.

Ook dit project richt zich op invasieve soorten. Veel van de negatieve effecten die veroorzaakt worden door nieuwe soorten omvatten predator-prooi interacties, bijvoorbeeld doordat inheemse soorten als prooi dienen voor invasieve soorten. Daarnaast kunnen invasieve soorten ook de pathogeen-gastheer dynamiek beïnvloeden, bijvoorbeeld door nieuwe ziekteverwekkers te introduceren die op hun beurt inheemse soorten kunnen infecteren. Dit wordt het *spill-over*-effect genoemd. Dit stelt inheemse soorten bloot aan nieuwe ziektes. De interacties tussen de twee bovengenoemde processen is tot nu toe nog niet volledig duidelijk. Daarom onderzoekt dit project de effecten van de invasieve Japanse oester op inheemse predator-prooi en pathogeen-gastheerwebben in de Waddenzee, om uiteindelijk de risico's van de introductie van de Japanse oester voor het ecosysteem te bepalen.

Het project is in 2012 gestart via drie onderzoekslijnen. Ten eerste wordt de predatiedruk van vogels en benthische predatoren op de Japanse oester bepaald. Experimenten in combinatie met veldwaarnemingen



Op zoek naar parasieten in oesters en mosselen

stellen de gevolgen voor hogere trofische niveaus vast. Ten tweede brengt het onderzoeksteam belangrijke bacteriële en meercellige pathogenen van de Japanse oester in kaart, om vervolgens met experimenten te onderzoeken of deze ziekteverwekkers ook inheemse soorten kunnen infecteren (*spill-over*-effect). Tenslotte worden de data geïntegreerd in een bestaand voedselweb van de Waddenzee om het effect van de Japanse oesterinvasie op het voedselweb te kwantificeren.

De eerste resultaten laten zien dat een invasieve copepode samen met de Japanse oester is geïntroduceerd en zich over de hele Waddenzee heeft verspreid. Deze parasiet bleek zich ook in andere inheemse weekdieren te kunnen vestigen. Het team bestudeert het effect van infecties met deze copepode op de overleving en *fitness* van inheemse soorten. Dit onderzoek zal helpen om de complexe effecten van deze dominante exoot in de Waddenzee te begrijpen, hetgeen als basis kan dienen voor het exotenbeleid.

### 3.3 De toekomst van sedimentfluxen in de Waddenzee: houden ze de zeespiegelstijging bij?

*Projectaanvraag samengevat:* De Waddenzee is een dynamisch systeem dat continu in verandering is door de invloed van stroming en getij. De onderzoekers proberen met een modelbenadering de belangrijkste mechanismen te begrijpen die verantwoordelijk zijn voor sedimenttransport van de Noordzee naar de Waddenzee en vast te stellen wat de invloed van klimaatverandering hierop kan zijn.

De centrale vragen van dit project zijn:

- 1) komt er voldoende sediment de Waddenzee in om gelijke tred te houden met de zeespiegelstijging?
- 2) wat zijn de mechanismen achter dit transport en hoe zouden deze kunnen veranderen bij klimaatverandering?

Voor dit project is een consortium opgericht met zeven partners uit Nederland, Duitsland en Denemarken. Hoofddoel is de opzet van een numeriek model voor de gehele Waddenzee, en vervolgens inzoomen op een aantal deelgebieden. Het Nederlandse aandeel (NIOZ, Deltares) richt zich op de zeegaten van het Marsdiep tot de Rottumerplaat, met een focus op Marsdiep en Vlie. In eerste instantie wordt in de numerieke modelberekeningen gekeken naar de waterbewegingen, temperatuur en zoutgehalte, alsook naar droogvalduren van getijplaten. De onderzoekers vergelijken twee modellen (GETM en

Delft3D) en maken een vergelijking met metingen van onder andere getijstations. Deze modelresultaten blijken ook al van groot nut te zijn voor ecologische studies. Inmiddels is een begin gemaakt met de volgende fase door de toevoeging van een bodemmodule aan het model, die de (netto) transporten van gesuspendeerd sediment door de zeegaten berekent. Dit maakt het mogelijk om te analyseren welke mechanismen verantwoordelijk zijn voor dit transport. Tenslotte zal worden bekeken of en hoe deze mechanismen veranderen voor verschillende klimaatscenario's.



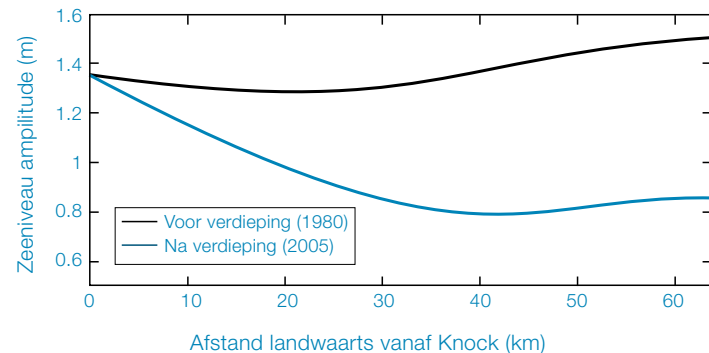
### 3.4 De invloed van klimaatverandering en menselijke ingrepen op de hydrodynamiek en natuur van het Eems-estuarium

*Projectaanvraag samengevat:* Het Eems-estuarium, op de grens van Nederland en Duitsland, komt onder meer door klimaatverandering en menselijk ingrijpen steeds meer onder invloed te staan van de getijdewerking. De gevolgen voor de ecologie van het gebied en voor landschapsbeheer en veiligheid zijn groot. Met een multidisciplinaire aanpak worden de onderliggende processen systematisch in kaart gebracht.

Dit project analyseert een urgent probleem: de snelle achteruitgang van de milieuomstandigheden in het Eems-estuarium over de afgelopen decennia. Het meest opvallend zijn de toename in de getijslag (het verschil tussen hoog- en laagwater op een bepaalde plek) en de vertroebeling van het water. De troebelheid heeft geleid tot zuurstofgebrek in delen van de waterkolom en in een afname van de fytoplanktonconcentraties. De maatschappelijke implicaties van de verslechterde toestand zijn een toegenomen kans op overstromingen, kanalen en havens die dichtslibben en een verlies van ecologische waarde. De kosten van het baggeren van havens en geulen zijn hoog: het baggeren van de vaargeul tussen Emden en het stroomopwaarts aan de Eems gelegen Papenburg kost jaarlijks naar schatting 24 miljoen euro. Het baggeren van de geulen tussen Emden en de Noordzee kost een

slordige 7 miljoen. Om deze kosten te beperken zijn modellen nodig die aangeven hoe dit systeem reageert op veranderende omgevingsomstandigheden. De belangrijkste zijn de gevolgen van zeespiegelstijging en die van menselijke ingrepen. Het bereiken van deze doelstelling vraagt in het geval van het Eems-estuarium om een transnationale benadering. Ook is er een multidisciplinaire aanpak nodig waarin oceanografen, biochemici en geowetenschappers nauw met elkaar samenwerken.

Het overkoepelende wetenschappelijke doel van dit project is de ontwikkeling van een verbeterd model voor het Eems-estuarium, om de respons in te schatten van waterbewegingen, sediment, zuurstof- en fytoplanktonconcentraties op zowel klimaatverandering als mense-



De amplitude van het dubbeldaags getij als functie van de afstand langs het estuarium zoals voorspeld door een analytisch hydrodynamisch model. Er is een aanzienlijk verschil in amplitudatie van de getijgolf voor en na de verdieping tussen 1980 en 2005.

lijke ingrepen. Dit model is gebaseerd op data-assimilatietechnieken, die zijn geïntegreerd met een bestaand numeriek model. De kwaliteit en de prestaties van dit model verbeteren door toevoeging en aanpassing van beschrijvingen van processen die van essentieel belang zijn voor het inschatten van de kans op verdere verslechtering van de toestand. Dit zijn onder andere de terugkoppelingen tussen verschillende processen en variabelen, zoals de concentratie opgeloste stoffen, de zuurstofconcentratie, menging en stromingspatronen en de vorming van zogeheten *fluid mud*. Verder leiden de nieuwe data tot een betere kalibratie van het model.

Een belangrijke manier van aanpak in het project is uitvoering van *'time-slice'*-experimenten. Hierbij worden vele momentopnamen van het systeem met het model doorgerekend. Elk van die momentopnames wordt gekarakteriseerd door verschillende randvoorwaarden en parameterwaarden die steeds een ander scenario representeren.

De onderzoekers willen de respons van het Eems-estuarium op klimaatverandering (op basis van IPCC-klimaatscenario's) vergelijken met de respons op voorgestelde maatregelen zoals vaargeulverdieping of verplaatsing van de stuw. Deze verbeterde voorspelling geeft beleidsmakers een solide wetenschappelijke basis waarmee ze de juiste, betaalbare maatregelen kunnen treffen. Deze maatregelen verbeteren de ecologische waarde van het systeem zonder dat het gebied zijn waarde voor de lokale economie verliest. De resultaten zijn ook relevant voor estuariene systemen elders in de wereld die met dezelfde problemen kampen.



Het troebele water van de Eems





Een mosselzaadinvanginstallatie (mzi)



# 4 De verbinding tussen wetenschap en beleid

Het onderzoek naar de wisselwerking tussen wetenschap en beleid is uitgevoerd binnen drie projecten. Elk kijkt vanuit een eigen theoretisch kader naar het functioneren van deze koppeling. Er is ook samenwerking en afstemming tussen de drie projecten. Dat moet een aantal handelingsperspectieven opleveren die de rol van wetenschappelijke kennis versterken bij het opstellen en uitvoeren van waddenbeheer- en beleid.

## 4.1 Kennis delen en beheerstrategieën in kustgebieden: de case van de Waddenzee

*Projectaanvraag samengevat:* In het waddengebied ontstaan geregeld conflicten over de balans tussen natuurbescherming en maatschappelijke activiteiten zoals visserij, recreatie, kustbescherming en industriële activiteiten. De onderzoekers brengen in kaart onder welke condities kennisdelende netwerken functioneren en bijdragen aan het op een vruchtbare manier omgaan met dergelijke conflicten.

De afgelopen jaren zijn er in het Waddengebied op diverse beleidsterreinen nieuwe samenwerkingsverbanden ontstaan tussen beleidsmakers, natuurorganisaties, experts en gebruikers van het gebied. Voorbeelden hiervan zijn convenanten die gesloten zijn op het gebied van visserij en vaarrecreatie. Dergelijke beheersverbanden, ook wel met de term ‘governance’ aangeduid, worden gekenmerkt door een hoge mate van interactie tussen betrokken partijen, wederzijdse afhankelijkheid, overleg en onderhandeling. Daarnaast zijn zulke verbanden plekken waar kennis van verschillende partijen uitgewisseld en geïntegreerd wordt. Denk hierbij aan wetenschappelijke kennis maar ook aan op lokale praktijkervaring gebaseerde kennis. Dergelijke verschillende ‘kennissystemen’ samenbrengen is ingewikkeld en kan tot fricties leiden. De centrale vragen in dit onderzoek zijn welke factoren en condities van invloed zijn op de stabiliteit of het succes van governance-netwerken in het waddengebied, en welke

rol de kennis van verschillende betrokken partijen daarin speelt. Dit onderzoek wil aanbevelingen formuleren voor een optimale benutting en uitwisseling van kennis uit verschillende bronnen in governance van het waddengebied.

Eén van de deelonderzoeken is een vergelijkend casestudyonderzoek naar governance-netwerken in het waddengebied en de rol die kennis van verschillende betrokken partijen daarin speelt. Cases op het gebied van mosselvisserij, vaarrecreatie en kustbeheer staan hierin centraal. Een ander deelonderzoek richt zich onder meer op de methodologie van participatieve benaderingen in kustzonebeheer en -beleid. Gegevensverzameling vindt deels plaats door middel van focusgroepen. Dit zijn groepsinterviews met betrokkenen waarin gezamenlijk de problematiek en samenwerking rondom een governance-netwerk in kaart gebracht wordt.

Uit de eerste resultaten blijkt dat *joint fact finding*, het gezamenlijk genereren van een gedeelde kennisbasis, een belangrijke factor is voor succesvolle samenwerking. Tegelijkertijd kunnen verschillen van inzicht ontstaan over de interpretatie van deze feiten. Dit speelt vooral bij vraagstukken waarin onzekerheid een rol speelt, zoals risico's beheersen bij verplaatsing van invasieve exoten naar de Waddenzee door de visserij. Bepalen wanneer zo'n risico al dan niet acceptabel is, is niet alleen een kwestie van feiten maar ook van waarden.





Mosselvisser

## 4.2 De rol van kennis in dynamische besluitvormingsprocessen in het waddengebied

*Projectaanvraag samengevat:* Twee ontwikkelingen beïnvloeden het toekomstige Waddenzeebeleid. De aangegeven Natura 2000-gebieden zullen spanningen opleveren tussen bescherming van ecosystemen en gebruik ervan. En vanwege klimaatverandering zal besluitvorming over civieltechnische ingrepen in het gebied plaats moeten vinden. Dit onderzoek kijkt in deze context naar samenwerkingsvormen tussen wetenschappers, beleidsmakers en andere betrokkenen.

Dit project richt zich op het veelzijdige proces van co-creatie van kennis en bestaat uit twee deelprojecten. Het eerste betreft de ontwikkeling van beheersplannen voor de aangewezen Natura 2000 gebieden. Het tweede deelproject richt zich op civieltechnische ingrepen, zoals kustverdediging, die nodig zullen zijn als antwoord op de groeiende invloed van klimaatverandering op het waddengebied.

In het eerste deelproject wordt onderzocht hoe wetenschappers, beleidsmakers en andere betrokkenen kunnen samenwerken zodat nieuwe, bruikbare kennis ontstaat, die op een directe wijze een actieve functie vervult bij de ontwikkeling van beheersplannen voor de Natura 2000-gebieden. De onderzoekers kijken onder meer naar het gebruik van verschillende soorten kennis bij de mosselvisserij.

In het tweede deelproject wordt het proces van kennisontwikkeling onderzocht in drie kustprojecten; waterveiligheid op Texel, natuurherstel in de baai van San Francisco, en gebiedsontwikkeling in Delfzijl. Wat zijn de mechanismen van gezamenlijke kennisontwikkeling tussen onderzoekers, beleidsmakers en andere betrokkenen? Wat is de motivatie van de betreffende projectorganisatie om diverse partijen te betrekken in de kennisontwikkeling?

Beide onderzoeksprojecten resulteren in de ontwikkeling van vormen van netwerklere, gebaseerd op nieuwe samenwerkingsvormen tussen wetenschappers, beleidsmakers en andere betrokkenen. Door concrete richtlijnen voor zulke samenwerkingsvormen te formuleren en door methoden van samenwerken en leren te ontwikkelen tussen wetenschappers en beleidsmakers, draagt dit project bij aan toekomstig Waddenzeebeleid dat uitgaat van een geïntegreerde aanpak van bescherming, gebruik en veiligheid.

De haven van Delfzijl





### 4.3 Verkenning en evaluatie van *science-policy interfaces* in het waddengebied

*Projectaanvraag samengevat:* Dit onderzoek wil voorstellen doen ter verbetering van de wisselwerking tussen beleid en kennis. Daarbij moet er aansluiting ontstaan tussen de gamma-gerichte bevindingen en de bètagericte praktijk van veel waddenonderzoek. Dit project bestaat uit twee deelprojecten die hieronder afzonderlijk worden beschreven.

#### **De rol van kennis in de ecosysteembenadering**

In de Waddenzee zijn veel actoren betrokken bij het zoeken naar een duurzame balans tussen enerzijds sociaaleconomische ontwikkelingen en anderzijds het herstel en behoud van het Waddenzee-ecosysteem en haar deelsystemen. In het beheer van de Waddenzee heeft de ecosysteembenadering zich gevestigd als een nieuw paradigma. Deze benadering wordt gekenmerkt door besluitvorming die is gebaseerd op kennis van de deelsystemen die geraakt kunnen worden. In principe zou deze benadering geschikt moeten zijn om de gewenste balans te bereiken. Management volgens de ecosysteembenadering ontstaat in een context die wordt gekenmerkt door vele verschillende actoren. Daarom moet binnen de benadering worden omgegaan met uiteenlopende en soms conflicterende vormen van kennis en manieren van kennisgeving.

Er bestaan maar weinig empirische studies die systematisch de rol van wetenschap hebben onderzocht

in de ecosysteembenadering in het algemeen en de toepassing ervan in het waddengebied in het bijzonder. Dit deelproject zoekt uit in welke mate de ecosysteembenadering wordt toegepast in de waddenregio; een andere vraag is of wetenschappelijke kennis daadwerkelijk bijdraagt aan besluitvorming, en hoe de koppeling tussen wetenschap en beleid te verbeteren is. Hiertoe worden drie *case studies* uitgevoerd. Ten behoeve van de analyse van deze besluitvormingsprocessen is een raamwerk ontwikkeld gebaseerd op de principes van de ecosysteembenadering. De geselecteerde cases zijn het Deense rivierherstelproject het Houting-project, het Nederlandse havenontwikkelingsproject Mainport Rotterdam en het trilaterale management van de zeehondenpopulaties in de Waddenzee. Door de systematische analyse en evaluatie van deze drie cases wil dit project de theoretische en praktische kennis opleveren over hoe de wetenschap een effectieve rol kan krijgen bij managementprojecten die de ecosysteembenadering volgen.

#### ***Science-policy interfaces en de Waddenzee***

De Waddenzee is een gebied waar diverse al dan niet tegengestelde ecologische en economische belangen spelen. De rol van (wetenschappelijke) kennis kan cruciaal zijn in het maken van goed onderbouwde beleidsbeslissingen. De interactie tussen wetenschap en beleid verloopt dikwijls om uiteenlopende redenen moeizaam. Partijen kunnen elkaar bijvoorbeeld bestrijden met verschillende wetenschappelijke rapporten of wetenschappers leveren niet de gevraagde informatie. Er is vaak een gebrek aan legitimiteit, geloofwaardigheid

en/of gedeelde relevantie. De literatuur veronderstelt dat de interactie tussen kennis en beleid kan worden verbeterd door het gebruik van zogenaamde *science-policy interfaces*: personen, instanties of processen die kennis en beleid samenbrengen en de interacties beter trachten te laten verlopen. De hoge mate van abstractie in de beschrijving van dit concept vraagt om meer empirisch onderzoek voor een antwoord op de vragen: wat werkt, wanneer en hoe?

Dit deelproject onderzoekt drie *science-policy interfaces*:

- *boundary organisations*, organisaties die zichzelf op de grens tussen kennis en beleid plaatsen;
- het proces van participerende kennisontwikkeling;
- individuen die een bemiddelende en grensoverschrijdende rol spelen binnen de arena van de Waddenzee.

Deze interfaces worden ingedeeld en onderzocht aan de hand van drie variabelen: actoren, doelen en strategieën (zie tabel).

Science-policy interface	Actoren (I: initiërend, P: participierend)	Doel	Strategie
Boundary organisations	Organisaties bestaande uit, bijv. wetenschappers, experts en/of beleids-gerelateerde adviesraden (I); wetenschappers en/of experts (P)	Overbruggen van de afstand tussen wetenschap en beleid. Focus ligt hierbij op het vergroten van de legitimiteit en de geloofwaardigheid van kennis	Verzamelen en distribueren van wetenschappelijke kennis, onderzoeks- en kennisvragen structureren, ontwikkelen en 'vertalen' van wetenschappelijke rapporten voor beleidsmakers
Proces van participerende kennisontwikkeling	Wetenschappers vanuit verschillende disciplines, beleidsmakers, overige stakeholders (zowel I als P)	Creëren van een gedeeld begrip en gedeelde kennis d.m.v. participerende processen. Focus ligt hierbij op het produceren van kennis met meer legitimiteit en gedeelde relevantie	Middels participerende bijeenkomsten en processen met alle betrokken partijen, het laten plaatsvinden van uitwisseling van en onderhandelingen over ideeën, visies en kennis
Individueen met een bemiddelende en grensoverschrijdende rol	Individuele, vermaarde wetenschappers of experts (I); wetenschappers en beleidsmakers (P)	Faciliteren van het ontwikkelen, delen en gebruiken van kennis. Focus ligt hierbij op het identificeren en produceren van kennis met meer legitimiteit en geloofwaardigheid.	Door middel van bemiddelen, uitleggen en vertalen als brug tussen kennis en beleid fungeren.

Het empirisch onderzoek naar de werking van *boundary organisations* is in volle gang. Gekeken wordt naar drie organisaties: de Waddenacademie, IMSA Amsterdam en de Commissie voor de m.e.r. (Milieueffectrapportage). De onderzoekers proberen een beter beeld van deze drie organisaties als interface te genereren. De focus ligt op het institutionele speelveld en de *room for manoeuvre* van de verschillende actoren, de typen problemen die de interface op lijkt te lossen, en hun strategieën om de mate van legitimiteit, geloofwaardigheid en/of gedeelde relevantie te verbeteren.



## 5 Tot slot

Uit de projectoverzichten uit hoofdstuk 2, 3 en 4 blijkt dat binnen het ZKO-programma een divers en omvangrijk onderzoeksprogramma in het waddengebied is gerealiseerd. De diversiteit van het onderzoek benadrukt hoeveel verschillende disciplinaire kennis nodig is om grip te krijgen op de draagkracht van de Waddenzee. Hoewel een deel van de projecten nog niet is afgerond, is er al een belangrijke algemene aanbeveling voor toekomstig onderzoek te doen. Het blijkt nodig om meer te investeren in een goede geïntegreerde monitoring van het waddengebied. Dit leidt tot een efficiënter gebruik van de middelen en bovenal tot dataserieën die tot meer inzichten kunnen leiden. Uit meerdere projecten komt naar voren dat de huidige monitoring tekort schiet. Belangrijke variabelen worden niet regulier en gebiedsdekkend gemonitord. Ook zijn er grote verschillen tussen de frequentie en de dekking van de meetprogramma's voor de verschillende variabelen. Hierdoor gaat belangrijke informatie verloren, bijvoorbeeld over de verbanden tussen het voorkomen van bepaalde schelpdieren en variaties in de watertemperatuur.

Het grensoverschrijdende onderzoek heeft met het NWO-ZKO-programma een extra impuls gekregen door de samenwerking tussen instituten uit Nederland, Duitsland en Denemarken. Deze samenwerking kan en moet nog verder worden versterkt. De Waddenzee is niet alleen een dynamisch maar ook een zeer open systeem. Veranderingen in beleid en beheer in Nederland kunnen rechtstreeks gevolgen hebben voor het Duitse of Deense deel en vice versa. Deelsystemen op de grenzen tussen

de landen, zoals het Eems-estuarium, vragen om intensieve samenwerking tussen wetenschappers en beleidsmakers van de betrokken landen. Bindende afspraken hierover kunnen gemaakt worden in het kader van de trilaterale Waddenzeeconferenties en/of op grond van Europese initiatieven voor gezamenlijke onderzoeksprogrammering (bijvoorbeeld JPI Oceans).

De volgende organisaties financierden het waddenonderzoek binnen het ZKO-programma:

- NWO
- Ministerie van OCW
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Ministerie van Economische Zaken
- Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM)
- Waddenacademie

## Overzicht van alle aan de wadden gerelateerde onderzoeksprojecten binnen het ZKO-programma

Een overzicht van de deelprojecten is te vinden op: [data.zkonet.nl](http://data.zkonet.nl).

<b>Titel</b>	<b>Paragraaf</b>	<b>Betrokken instituten*</b> (zie p46 voor afkortingen)	<b>Projectleider</b>
Integrated Network for Production and Loss Assessment in the Coastal Environment (IN PLACE)	2.1	NIOZ, VU, UT, Rijkswaterstaat	Dr. ir. C.J.M. Philippart (NIOZ)
Optimalisation of monitoring in coastal waters (OPTIMON 1)	2.2	Deltares, UvA	Prof. dr. R.W.P.M. Laane (Deltares)
Consequences of phosphorus reduction for the dynamic transfer of organic matter between primary producers and primary consumers	2.3	NIOZ, UvA, RU	Dr. J.C. Kromkamp (NIOZ)
The nitrogen cycle and changes in the carrying capacity of coastal waters (NICYCLE)	2.4	NIOZ, UvA, RUG, UU	Prof. dr. L.J. Stal (NIOZ)
Wadden Sea ecosystem data assimilation and integrated modelling	2.5	IMARES, NIOZ	Dr. ir. A.G. Brinkman (IMARES)
Structure and trophic functioning of Wadden Sea fish fauna, an integrated program: the monitoring part	2.6	IMARES, NIOZ	Dr. ir. H.W. van der Veer (NIOZ)
Monitoring abundance, composition, development and spatial variation in macrozoobenthos and birds	2.7	IMARES, NIOZ, UvA, Sovon, Bureau Waardenburg B.V., TNO Defensie en Veiligheid, EcoCurves, Alterra, Kees Kersting Ecosystem Research, RUG, VU	Dr. ir. M.J. Baptist (IMARES)



A human-driven regime shift through the loss of ecosystem engineers: consequences for the trophic structure and recovery potential of the Wadden Sea ecosystem (Wadden Engine)	2.8	NIOZ, RUG	Prof. dr. B.D.H.K. Eriksson (RUG)
Unraveling interacting feedback loops that control non-linear saltmarsh dynamics: combining experiments and modeling	2.9	NIOZ, RUG, Deltares, Universiteit Antwerpen, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg	Dr. T.J. Bouma (NIOZ)
The impact of biological invasions on the food web of the Wadden Sea (INFOWEB)	3.1	AWI-Wadden Sea Station Sylt, Research and Technology Center Büsum, University of Kiel, Senckenberg am Meer, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Max Planck Institute for Marine Microbiology, RUG, NIOZ, DTU Aqua	Dr. H. Asmus (AWI)
Effects of invasive species on native predator-prey and pathogen-host webs	3.2	NIOZ, AWI-Wadden Sea Station Sylt	Dr. D. Thieltges (NIOZ)
The future of the Wadden Sea sediment fluxes: still keeping pace with sea level rise? (PACE)	3.3	IOW, NIOZ, HZG, Deltares, DHI, University of Copenhagen, AWI-Wadden Sea Station Sylt	Prof. H. Burchard (IOW)
Impact of climate change and human intervention on hydrodynamics and environmental conditions in the Ems-Dollart estuary: an integrated data-modelling approach	3.4	UU, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, TU Delft, HZG, University of Kiel, UT, Senckenberg am Meer, Bundesanstalt für Gewässerkunde	Prof. dr. H.E. de Swart (UU)
Sharing knowledge and management approaches in coastal zones. The case of the Wadden Sea	4.1	RUG	Dr. J.A.A. Swart (RUG)

Engaging science in dynamic decision making for the Wadden Sea	4.2	WUR, UT, IMARES, Deltares	Prof. dr. ir. J.P.M. van Tatenhove (WUR)
Synchronizing science and policy: exploring and evaluating science-policy interfaces in the Wadden Sea	4.3	EUR, UU, WUR	Dr. M.W. van Buuren (EUR)

**\*Lijst van afkortingen:**

AWI:	Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (Duitsland)
DTU-AQUA:	National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark (Denemarken)
EUR:	Erasmus Universiteit Rotterdam
HZG:	Helmholtz Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung (Duitsland)
IMARES:	Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies (onderdeel van de WUR)
IOW:	Leibniz Institute for Baltic Sea Research Warnemünde (Duitsland)
NIOZ:	Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee
RU:	Radboud Universiteit Nijmegen
RUG:	Rijksuniversiteit Groningen
Sovon:	Stichting Vogelonderzoek Nederland
TU Delft:	Technische Universiteit Delft
UT:	Universiteit Twente
UU:	Universiteit Utrecht
UvA:	Universiteit van Amsterdam
VU:	Vrije Universiteit Amsterdam
WUR:	Wageningen Universiteit & Research Centre



# Colofon

Deze publicatie is een gezamenlijke uitgave van NWO en de Waddenacademie.

## Redactie

Tim van Oijen, Waddenacademie

René Prop, NWO Aard- en Levenswetenschappen

Josef Stuefer, NWO Aard- en Levenswetenschappen

Wij danken de projectcoördinatoren en -medewerkers voor hun bijdragen.

**Productie** Synergos Communicatie

**Vormgeving** Glamcult Studio

**Druk** Platform P

[www.nwo.nl/zko](http://www.nwo.nl/zko)

[www.waddenacademie.nl](http://www.waddenacademie.nl)

**ISBN** 978-94-90289-30-0


juli 2013

## Fotografie

Omslag: Salko de Wolf; p8 Thea Smit; p11 Katja Philippart;  
p13 Rijkswaterstaat; p14 Jacco Kromkamp; p16 Lucas Stal; p20 Robbert  
Jak; p22 en p23 Martin Baptist; p24 Sytske Dijkse/Fotofitis; p25 Frauke  
Muller; p26 Joop van Houdt/Rijkswaterstaat; p28 Sytske Dijkse/Fotofitis;  
p29 Reinier Nauta; p32 Waddenvereniging; p34 en p37 Tim van Oijen;  
p38 Joop van Houdt/Rijkswaterstaat

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere  
wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.  
No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint,  
microfilm or any other means without written permission from the publisher.

© 2013 NWO/Waddenacademie



Het waddengebied is een rijk en veranderlijk natuurgebied, vanaf 2009 behorend tot het UNESCO Werelderfgoed. Tegelijkertijd gebruikt de mens de wadden voor allerlei doelen, zoals visserij, toerisme en kustbescherming. Met het Nationaal Programma Zee- en Kust Onderzoek (ZKO) startte NWO in samenwerking met verschillende partners in 2007 een onderzoeksprogramma met name voor de Waddenzee. NWO en de Waddenacademie geven in deze publicatie een overzicht van de onderzoeksprojecten, met een focus op resultaten. Nu, met het eind van het programma in zicht, biedt deze uitgave zowel handvatten ten behoeve van beheer en beleid, als ideeën voor verder wetenschappelijk onderzoek.