MOOIWERK MOOIWAD

Ontwikkeltafel Sublitorale Waddenzee

In opdracht van:

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

MOOIWERK MOOIWAD

WADDENZEE WERELDERFGOED

Foto omslag:

Els van der Zee / Altenburg & Wymenga

Uitgevoerd door:

wing partner in ruimte en ontwikkeling

Altenburg & Wymenga ECOLOGISCH ONDERZOEK

1. Aanleiding en doelen

Een goed functionerend voedselweb in het sublitorale deel van de Waddenzee is essentieel om het ecosysteem van de Wadden te kunnen behouden. Dit voedselweb lijkt echter niet goed te functioneren. Over de wijze waarop het sublitorale deel beschermd kan worden met het oog op verbetering van het ecosysteem bestaan verschillende (wetenschappelijke) opvattingen en zienswijzen. Daarnaast bestaan ook verschillende beelden over de huidige staat van de sublitorale Waddenzeenatuur en de te bereiken doelen. Daarom is het tot dusverre lastig om tot een gezamenlijk gedragen inschatting te komen welke maatregelen op welke plekken zullen leiden tot een verbeterd ecosysteem. PRW acht het belangrijk om de kennisbasis voor het sublitoraal te verbreden en samen met alle betrokkenen op te bouwen.

Het programma Rijke Waddenzee (PRW) wil met beheerders, wetenschappers en gebruikers van de Waddenzee werken aan herstelstrategieën. In het kader van de bescherming van sublitorale natuur zijn inmiddels in zowel het Mosselconvenant als het Viswad akkoord (garnalenvisserij) plekken aangewezen die extra beschermd zullen worden. Er is op dit moment nog een onvoldoende gedeelde en gedragen kennisbasis om (nadere) herstelstrategieën op te kunnen baseren. Daarom wil PRW met overheden, wetenschappers en verschillende gebruikers nagaan hoe de natuurwaarden nog beter kunnen worden beschermd dan wel hersteld.

PRW wil via een ontwikkeltafel de kennisbasis en de herstelstrategieën met wetenschappers en gebruikers, elk met eigen expertise en kennis, bespreken op basis van:

1. een inventarisatie van bestaande kennis over sublitorale natuur in de Waddenzee, uitgevoerd door Altenburg en Wymenga.
2. een oplegnotitie die de grootste discussiepunten beschrijft, geselecteerd aan de hand van een aantal interviews met experts/wetenschappers mede op basis van deze inventarisatie, uitgevoerd door Wing.

Het rapport van Altenburg en Wymenga is te vinden als bijlage 5 van dit verslag. De discussiepunten uit de oplegnotitie zijn verwerkt in dit verslag.

De doelen van de ontwikkeltafel van 6 november 2017 waren:

1. Werken aan gezamenlijke denklijnen als basis om strategieën voor ecosysteemverbetering te kunnen benoemen;
2. Bespreken van strategieën voor ecosysteemverbetering en het aanbrengen van focus daarin;
3. zover als mogelijk concrete voorstellen voor pilot projecten om ervaring met maatregelen in het sublitoraal verder op te bouwen;
4. Bouwstenen aandragen voor de kennisagenda.

2. Opening van de dag

Henk Smit, dagvoorzitter (Wing), opent de dag met een kort voorstelrondje van de aanwezigen (deelnemerslijst: zie bijlage 1). Ook licht hij de doelen kort toe, met nadruk op de eerste twee, als zijnde voorwaardelijk om goed aan de laatste twee te kunnen werken (zie vorige pagina).

3. Inleidende presentaties

Voordat de aanwezige deskundigen met elkaar in gesprek gaan over de denklijnen en mogelijke strategieën, zijn er drie inleidende presentaties:

1. Michiel Firet van Programma Rijke Waddenzee (PRW) zal ter introductie ingaan op de context waaronder de doelstellingen van PRW.
2. Marieke Verweij van Wing zal de discussiepunten introduceren die Wing heeft afgeleid uit de voorbereidende interviews.
3. Els van der Zee van Altenburg & Wymenga zal de hoofdlijnen van de door hen uitgevoerde inventarisatie naar de huidige kennis over het sublitoraal presenteren.

De slides van presentaties 1 en 3 zijn als bijlagen toegevoegd. De slides van presentatie 2 zijn in de tekst verwerkt.

3.1. Context: Michiel Firet (Programma Rijke Waddenzee)

Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) werkt aan een duurzame Waddenzee van Werelderfgoedklasse door verschillende partijen (overheden, natuurorganisaties en gebruikers van het Waddengebied) bij elkaar te brengen. PRW wil de Waddenzee als natuurgebied sterker en veerkrachtiger maken voor mens en de natuur. Een ‘Rijke Waddenzee’ staat o.a. voor een compleet voedselweb. Er is urgentie gemoeid met het sublitoraal, beleidsmatig is de aandacht voor dit deel van de Wadden sterk groeiend. De duurzame benutting van dit gedeelte van de Waddenzee hapert, er mist nog veel kennis over het sublitoraal en er is een sterke schakel tussen wetenschap en beleid nodig. Bouwen aan gezamenlijke denklijnen over het sublitoraal en aan een gezamenlijke kennisbasis en kennisagenda past in de bredere beleidscontext van de Waddenzee. Immers de evaluatie van de structuurvisie had als conclusie dat het beleid met name voor het sublitoraal onvoldoende ontwikkeld is. Dit inzicht is overgenomen door de beleidsverkenning. Vervolgens is de aandacht voor het sublitoraal opgepakt in de verkenning Grote Wateren en de gebiedsagenda Waddenzee 2050. Input vanuit deze ontwikkeltafel is daarom zeer welkom op dit moment.

3.2. Presentatie Wing - Marieke Verweij: introductie op de discussiepunten

Wing heeft 11 interviews afgenomen om op basis daarvan een 'oplegnotitie' op te stellen met daarin een selectie van de grootste discussiepunten zoals geïdentificeerd door de geïnterviewden (zie bijlage 2).

Haren overeind?

Voordat Marieke de discussiepunten presenteert, laat ze een slide zien met daarop termen waar 'de haren recht van overeind gaan staan' (zo bleek uit de interviews), zoals: 'herstel' / 'overbevissing' / 'aan welke knoppen kun je draaien' / 'ecosysteem in balans' / 'een compleet voedselweb' / 'knutselen en tuinieren' / 'natuur maken met economie'.

Het lijstje wordt door de deelnemers herkend. Sommigen wijzen er op dat de verschillen groot zijn en dat discussies uit het verleden maken dat de haren overeind gaan. Veel termen bevatten een normatieve lading. Ook ontbreekt het op veel fronten aan kennis, terwijl er wel veel meningen rondgaan en die klinken ook in deze woorden door. De voorkeur wordt geuit liever op basis van kennis verder te praten, dan op basis van meningen. De overheid is daarbij duidelijk over het hoofddoel van de Waddenzee; dit is natuur. Laat het hoofddoel leidend zijn en op basis daarvan verder discussiëren. Ook met natuur als hoofddoel hebben partijen verschillende beelden over hoe je dat doel het beste kunt bereiken. Een voorbeeld hiervan is het begrip 'een compleet voedselweb': wat verstaan we hieronder, wanneer is dat compleet en hoe kom je daar?

Uitgangspunten in de discussie

Marieke wijst erop dat een deelverklaring voor de gevoeligheden in de discussie is dat er verschillende uitgangspunten zijn. Wing heeft die uitgangspunten voor nu wat extreem geformuleerd omdat we de hoekpunten van de discussie opzoeken. De uitgangspunten die uit de interviews naar voren komen zijn:

1. De Waddenzee als laatste wildernis 'met roggen en haaien' (hands-off).
2. Je mag het systeem gebruiken mits je de impact minimaliseert (mens inclusief).
3. Fysieke structuren terugbrengen is essentieel voor verbeteren biodiversiteit (hands-on).

De geselecteerde discussiepunten

Wing heeft discussiepunten gestructureerd onder de volgende thema's (zoals vermeld in de "discussienotitie" die van tevoren met alle deelnemers aan de ontwikkeltafel is gedeeld):

1. Doel (waar willen we heen?)
   - Er lijken uiteenlopende beelden te bestaan over de benodigde mate van concreetheid van doelen en over de vraag waarop doelen betrekking moeten hebben.
2. Opgave (en huidige toestand)
   - Er is nog veel onbekend over sublitoraal. Mede daardoor zijn er verschillende opvattingen over de huidige toestand van het sublitoraal en hoe dat komt (drukfactoren).
   - Er is nog geen gezamenlijke waardering van de huidige toestand.
   - NB 'opgave' is het verschil tussen de huidige toestand en het beoogde doel.
3. Maatregelen
   - Er zijn diverse ideeën over het wegnemen van drukfactoren, de noodzaak om de natuur een handje te helpen en de schaal (in tijd en ruimte) waarop het zinvol is om maatregelen te treffen.
4. Monitoring en kennis
   - Er lijkt consensus te bestaan over de noodzaak van het verstevigen van de kennisbasis over het sublitoraal.

- Er is behoefte aan afspraken om onderzoeksinspanningen te optimaliseren en te combineren (basismonitoring, fundamenteel onderzoek en praktijkproeven/pilots) en gegevens beter te delen.

5. Draagvlak en communicatie
   - Bij het brede publiek is veel minder bekend wat zich onder water afspeelt (in vergelijking met bekendheid litoraal). Meer bekendheid is wel nodig om draagvlak te krijgen voor het nemen van eventuele maatregelen.

3.3. Presentatie Altenburg en Wymenga - Els van der Zee: inventarisatie beschikbare kennis

De slides van de presentatie van A&W die de hoofdlijnen van dit verslag weergeven zijn te vinden in de bijlage. Daarnaast is ook het volledige rapport van Altenburg en Wymenga opgenomen in de bijlage (bijlage 5).

Primaire productie

Er is onvoldoende systeemkennis om echt te doorgronden hoe de primaire productie zich ontwikkelt.

Reacties:
- Het woord ‘overbevissing’ leidt tot discussie, dit is een oordeel, gebruik indien meer passend bij de casus/context een neutralere term zoals ‘bevissing’.
- Bedijking is niet ‘triviaal’, de menselijke impact is gigantisch (zie afsluitdijk). Dit geeft enorme druk op de Waddenzee.

Macrozoöbenthos

De samenstelling van macrozoöbenthos is veranderd, mede door de komst van invasieve soorten (zoals de Japanse oester) en een groeiende biomassa van o.a. strandgapers en mosselen. Dit is deels goed in beeld gebracht.

Reacties:
- Gevraagd wordt of men tijdens de monitoring recent dieper in de bodem is gaan bemonsteren. Zijn er daarom bijvoorbeeld meer strandgapers gevonden? Antwoord: de systematiek is hetzelfde over de jaren heen. Er is een nieuwe survey die een aanvulling is op de bestaande monitoring. De 2015 monitoring heeft een klein beetje meer diepgang gekregen (wat mogelijk tot iets grotere hoeveelheden Ensis leidt).

Biobouwers (mosselen, oesters, zeegras)

Ten aanzien van mosselen zijn de mechanismen achter de ontwikkeling in relatie tot de abiotische condities en menselijke activiteiten nog niet helder.

Reacties:
- De bemonstering van de punten is niet elk jaar hetzelfde. Er worden steeds monsters genomen daar waar mosselen verwacht worden.
- Het oostelijk wad wordt nog niet structureel gemonitord. Op het moment dat er signalen zijn dat daar mosselzaad is gevallen, wordt ook daar geïnventariseerd. Dat komt in de praktijk slechts zelden voor.

Ten aanzien van de Japanse oester wordt alleen het westelijke Wad jaarlijks gemonitord. In het oostelijke Wad ontbreekt een jaarlijkse monitoring in het sublitoraal. De Platte oester wordt teruggevonden in de Waddenzee bij Texel, maar er is meer onderzoek nodig om vast te stellen hoe het met de Platte oester gaat.

Sublitoraal zeegras is verdwenen sinds 1930, maar wordt litoraal weer aangetroffen (nieuw stuk bij Griend en ook bij Rottumerplaat en Lauwersoog). Er zijn experimenten gedaan met herbeplanting. Er is een verdiepende, uitgebreide habitatgeschiktheidskaart nodig.

Factoren die zeegras beïnvloeden zijn een tekort aan water (de eerste en cruciale factor) en de troebelheid (belangrijker dan het zoutgehalte). Zeegras is sublitoraal ook in de Duitse Waddenzee afwezig, de vraag is waarom?

Vis

De visstand wordt beïnvloed door visserij en klimaat. De dichtheid is beneden het lange termijn gemiddelde. De soortensamenstelling is ook veranderd. Er is een soort specifieke aanpak nodig in relatie tot abiotische voorkeuren en habitateisen.

Reacties:
- Op dit moment worden hypotheses geformuleerd in het kader van o.a. het onderzoek van Ingrid Tulp (Wageningen Marine Research). Het is belangrijk te beseffen dat dit nog geen voorlopige verklaringen zijn voor de ontwikkelingen in de visstanden.

Vogels & zeezoogdieren (w.o. zeehonden)

Er is soorten specifiek onderzoek nodig. Als rust op het water gewaarborgd, is er genoeg voedsel in het sublitorale gedeelte.

Reacties:
- De bruinvis ontbreekt in deze samenvatting.
- De zeehond eet ook in de Noordzee, dus dat moet ook in beschouwing worden genomen.
- Een kanttekening over de stelling dat als er genoeg rust en voedsel is, soorten zullen terugkomen: de hardergronden zijn op orde, er is genoeg voedsel, maar toch wordt er geen harder gezien. Hoe komt dat? Het ligt dus ingewikkelder dan dat.

Invloeden op het sublitoraal

Els laat een overzicht van drukfactoren zien dat in het ‘Waddenhuisberaad’ (juli 2016) is gemaakt. Het overzicht is gemaakt op basis van wegingen van ‘expert judgements’, niet op basis van wetenschappelijke feiten. Het overzicht leidde tot enorme discussie. Daarom is besloten om er bestuurlijk voorlopig niets mee te doen.

Reacties:
- De ranking van invloeden leidt tot discussie, we kunnen beter over de bandbreedtes (variaties) per onderwerp discussiëren. De bandbreedtes van de expert judgements worden overigens weergegeven in de figuur van het Waddenhuisberaad.
- Wat is de betekenis van de zwarte pijlen in de figuur? Antwoord: die staan voor de verschuiving van de bandbreedte als de impact op het aspect ‘landschappelijke waarde’ achterwege wordt gelaten.
- Deze invloeden zijn van toepassing op de hele Waddenzee, niet alleen voor het sublitorale gedeelte.

- Het is interessanter en effectiever om tot een aanpak te komen waarin meerdere sectoren hun impact tegelijkertijd verminderen; in plaats van lange discussie te voeren of anderen hun impact eerst moeten verminderen (risico: op elkaar afwentelen van het probleem).
- Voor abiotiek is data beschikbaar en voor de antropogene effecten is er onduidelijkheid welke activiteiten het meeste effect hebben op het sublitoraal. Om daar zicht op te krijgen is een systeembenadering nodig.
- Verlies de natuurlijke dynamiek niet uit het oog. Er is ook sprake van toeval, zoals optreden van ziektes.

4. Agendaoverleg / voorbereiding Open Space

Henk doorloopt de discussiepunten met de deelnemers met als doel om de vragen en discussiepunten aan te scherpen. Deze worden tijdens de Open Space sessie nader besproken / uitgewerkt. Dit onderdeel is dus te zien als een 'agendaoverleg'. Ytsen Deelstra van Wing past de discussiepunten tijdens het gesprek direct aan zodat voor iedereen duidelijk is wat de aanscherping is.

Vier tafels

Op basis van het agenda overleg is besloten om vier tafels in te richten voor de Open Space sessies:

1. De diagnose (huidige toestand), met als hoofdvraag: waar zijn we het WEL over eens?
2. Het doel: waar willen we naartoe?
3. Het handelingsperspectief: maatregelen voor/door verschillende sectoren (wat kan eenieder doen om de footprint te verminderen?)
4. Monitoring en kennisagenda

De discussiepunten per tafel zoals besproken tijdens het agendaoverleg zijn hieronder nader uitgewerkt. Vervolgens worden in hoofdstuk 4 de discussies tijdens de Open Space sessies toegelicht.

NB de samenstelling van de deelnemers aan de tafels was verschillend (aan een tafel bijvoorbeeld meer wetenschappers en aan een andere meer gebruikers/ondernemers). Dit kan effect hebben op het resultaat.

4.1. Tafel 1: de diagnose

Het agenda-overleg legt bloot dat de opgave (als zijnde het verschil tussen de huidige toestand en de gewenste toestand) nog niet scherp is gedefinieerd. De eerste stap daarbij is om het onderscheid te maken tussen de huidige en gewenste toestand. Een aantal deelnemers denkt dat het makkelijk is om het eens te worden over de huidige toestand, hoewel er wel allerlei kennis vragen zijn. Andere deelnemers wijzen erop dat de reacties op de inventarisatie laten zien dat er nog geen consensus is over de huidige toestand. De deelnemers zijn het eens dat consensus over de gewenste toestand (het doel – tafel 2) van het ecosysteem nog lastiger is om te bereiken. Conclusie is dat een diagnose van de huidige toestand (als een soort dokter) nodig is.

De centrale vraag ter bespreking aan deze tafel is:
'Stel een eerste diagnose van de huidige toestand van het sublitoraal op basis van de zaken waar partijen het WEL over eens zijn.'

4.2. Tafel 2: het doel

Het definiëren wat een compleet voedselweb concreet inhoudt is bij deze tafel een eerste stap. Daarbij moet de focus liggen op functionele groepen (niet op soorten) en de huidige doelen als vertrekpunt moeten dienen. De meetbaarheid en voorspelbaarheid van het sublitorale ecosysteem moet gezocht moet worden op het niveau van de emergente eigenschappen van het systeem. Een emergente eigenschap kan worden gedefinieerd als een eigenschap die optreedt of wordt waargenomen wanneer men van organisatieniveau verandert, bijvoorbeeld van het organisatieniveau van het individu naar het organisatieniveau van de populatie. Een manier om deze in beeld te brengen is om te kijken naar de functionele (soorten)groepen in het systeem en hoe het met deze groepen gaat. Stuurbaarheid op het niveau van soorten is onrealistisch (al zie je een dergelijke focus wel in beleid). Daarbij speelt mee dat biobouwers als soorten ook voor bepaalde habitats (en de daarbij behorende biodiversiteit) staan, dus niet als losstaande soort. Bovendien vervult de Waddenzee zelf ook een bepaalde functie voor bepaalde soorten; er is dus sprake van een tweerichtingsverkeer tussen soorten en de functies van de Waddenzee. Discussiepunt is nog hoe we tegen exoten als de Japanse oester aankijken nu ze inmiddels een bepaalde functie in het ecosysteem zijn gaan vervullen.

Ten aanzien van de uitgangspunten werd duidelijk dat het onderscheid tussen hands-off, mens-inclusief en hands-on kunstmatig is. Volledig hands-off is niet meer aan de orde, gelet op de grote ingrepen die in het verleden zijn gedaan en nog steeds doorwerken (denk o.a. aan de afsluitdijk). Acceptatie van menselijk gebruik is dus een logisch uitgangspunt en het beperken van de impact daarvan ook. Tot slot is dit uitgangspunt niet strijdig is met het introduceren van fysieke structuren die kunnen helpen om de biodiversiteit te vergroten. Een aantal deelnemers ziet deze uitgangspunten (in deze volgorde ook) als de strategie op hoofdlijnen. De discussie zit hierin dat standaard de 2de of de 3de optie aan de orde is, omdat volledig hands-off beleid zou leiden tot volledige sluiting van de Waddenzee voor menselijke activiteiten. Conclusie is dat het voor nu het meest waardevol is om de functionele groepen nader in te vullen omdat dit een goede operationalisering is van de doelstelling voor het sublitoraal.

De centrale vraag ter bespreking aan deze tafel is:
‘Op welke functionele groepen zou ecosysteemverbetering zich moeten richten?’

4.3. Tafel 3: het handelingsperspectief

De deelnemers wensen een omslag van discussie/onenigheid over de grootte van de bijdrage van verschillende sectoren aan de problemen, naar een dialoog over de bijdrage die álle sectoren kunnen leveren aan de oplossing. Dat de druk op het ecosysteem verminderd moet worden, daar is iedereen het over eens. Over de schaal en locatie van maatregelen (gebieden niet meer verstoren) en het introduceren van soorten zoals biobouwers is meer discussie. In dat kader is kennis nodig over de levenscyclus (levensgeschiedenis) van soorten en welke habitats zij daarbij nodig hebben (ook buiten de Waddenzee). Een dergelijke benadering is vooral interessant voor de functionele (soorten)groepen. De vraag die onbeantwoord blijft is hoe groot een gebied moet zijn dat je sluit om waar te kunnen nemen of veranderingen echt optreden. Als besloten wordt om gebieden te sluiten dan hoeft dat oveigens niet alleen om wetenschappelijke redenen te zijn, het kan ook intrinsiek gemotiveerd zijn. De komberging

Eijerlandsegat wordt momenteel op die manier besproken. Het is belangrijk om vanuit een zuivere redenering tot sluiting over te gaan en de overheid moet dus duidelijk de motivaties toelichten. Conclusie van het gesprek is dat het voor nu het meest waardevol is om door te praten over de bijdrage die sectoren elk voor zich kunnen leveren om hun druk op het systeem te verminderen.

De centrale vraag ter bespreking aan deze tafel is:
'Hoe kunnen sectoren elk bijdragen aan de opgave?'

4.4. Monitoring en kennisagenda

Uit het agendaoverleg blijkt dat er consensus is dat basismonitoring, fundamenteel onderzoek en praktijkonderzoek goed te combineren zijn. Het vergt wel een slimme aanpak om in het sublitoraal de versnipperde kennis efficiënt te combineren.

De centrale vragen ter bespreking aan deze tafel zijn:

1. **'Wat zijn de grootste kennisleemtes om op te lossen?'**
2. **'Hoe ziet een slimme aanpak er uit die basis monitoring, fundamenteel onderzoek en praktijkonderzoek zodanig combineert dat er een efficiënt onderzoeksprogramma ontstaat dat voortbouwt op de reeds bestaande kennis over het sublitoraal?'**

5. Open Space sessies

5.1. Tafel 1. De diagnose (huidige toestand): waar zijn we het (wel) over eens?

Samenvatting van de resultaten

Het 'landgoed' staat voor abiotische (randvoor)waarden. Daar zien we grote veranderingen, waarvan de belangrijkste: waterbeweging, zoet-zout gradiënten, zand-slib verhoudingen (en daarmee samenhangend de troebelheid), verdeling litoraal/sublitoraal. Op het landgoed staat een huis, dat staat voor biotische relaties. Het gaat om het voedselweb (wie eet wie?) en om structuren en faciliterende functies (bijvoorbeeld zeegras biedt schuilplaats voor …). Het huis heeft een uitbouw (daar zijn de exoten gevestigd).

De diagnose is dat het dak lekt (flink) omdat de toppredatoren van het sublitoraal zoals haaien, roggen, kabeljauwen, bruinvissen en tuimelaars sterk zijn afgenomen. Deze predatoren zijn essentieel in het voedselweb omdat ze een indicator zijn voor het functioneren van het systeem als geheel.

Daarnaast is ook de basisfundering verzwakt, het verdwenen sublitorale zeegras en veranderingen in andere biobouwers zoals mosselen, oesters en Sabelleria zijn daarvoor indicatoren. Over de toestand van het fundament zijn de denkbeelden tussen partijen nog niet afgestemd (bijvoorbeeld: in hoeverre zijn mosselbanken aan het herstellen). Wel is duidelijk dat garnalen en krabben zijn oververtegenwoordigd in het voedselweb. Ook is duidelijk dat verschillende exoten in biomassa zijn toegenomen (waaronder schelpdieren zoals Japanse Oester). De grote lijn is dat sprake is van een scheef gegroeid voedselweb.

De groep heeft nog kennisvragen, zie daarvoor de nadere details hieronder. Tot slot zijn er een aantal zaken in deze diagnose nog niet besproken. Het gaat om de gevolgen van: pesticiden, eutrofiëring en plastics.

Nadere details

In de groep was discussie over de vraag of het benoemen van de oorzaken van bepaalde trends onderdeel moet zijn van de diagnose. In de discussie lukte het voor sommige gevolgen wel om de oorzaken aan te wijzen en voor andere (nog) niet. Let wel: de oorzaak kan anders zijn dan de oplossing. Een ander punt voor het stellen van de diagnose is dat deze niet los is te zien van ontwikkelingen in het verleden. Wat is onze kennis van het verleden? Ecologische reconstructies gaan tot 1000 jaar terug in de tijd. Van de afgelopen 150 jaar hebben we documentatie (eerst vooral anekdotisch en met name vanuit economisch perspectief, daarna ook metingen). Maar de vraag is hoever kijk je terug? De Waddenzee kent grote verschuivingen 'beenbreuken' door menselijke interventies zoals de afsluitdijk, het droogleggen van de Middelzee en veengebieden. De Waddenzee is daarvan nog steeds niet geheel van hersteld. Een voorbeeld hiervan is dat de abiotiek in het westelijke deel van de Waddenzee sterk is veranderd, door de afsluitdijk. De estuariene functie is daardoor veranderd. De Waddenzee heeft zandhonger, daar lijdt de Griend ook aan. De verandering in de abiotiek werken door op de biotiek; het

verdwijnen van sublitoraal zeegras bijvoorbeeld. De precieze impact van ingrepen uit het verleden op het ecologisch functioneren is nog een stevige kennisvraag. Meer specifieke vragen zijn:

- Kwelderwerken en oeververdediging. We fixeren de kustlijn: als je niet kunstmatig ingrijpt, verdwijnen kwelders (die slaan horizontaal af). Sublitoraal wordt omgezet in litoraal, dus die verhouding verandert.
- Stroomsnelheid en diepte veranderen ook. Het Borndiep is bijvoorbeeld aan het dichtslibben door inpolderen Middelzee. Er is een trend van verzanden.
- Sublitoraal zeegras is verdwenen. En dat zeegras is een heel belangrijke biobouwer. Discussie: kan een andere waterplant die functie niet overnemen?
- Op macro-schaal (kombergingsniveau) kan je zeggen: zeegras (biotiek) volgt ontwikkelingen in de morfologie (abiotiek). Op meso-schaal (vierkante kilometers) kan je zeggen: zeegras beïnvloedt de morfologie (zeegras kan bijvoorbeeld zorgen voor sedimentatie / effecten op stromingspatronen water).
- Mosselbanken: zijn die er meer of minder dan vroeger? (en wat is 'vroeger')? Kennisvraag of doorverwijzing naar specialist.

Ook de visserij heeft grote invloed op het sublitoraal, bijvoorbeeld de verdwijnen van haaien en roggen in de Waddenzee. Komt dit door visserij op de Noordzee? De voorlopige waarneming is dat Waddenzee-breed grote vissen en andere toppredatoren sterk zijn afgenomen. Maar wat daarvan de onderliggende oorzaak is, is niet volledig duidelijk. In de discussie speelt daar door heen, dat de afname van deze soorten verschillend kan worden beoordeeld: is het erg of niet? Wel is duidelijk dat deze trend effecten heeft op het voedselweb via kettingreacties (zgn 'trophische cascades') een voorbeeld is dat andere soorten juist toenemen. Een andere vraag over het functioneren van het voedselweb heeft betrekking op exoten. Hoe komt het dat exoten in biomassa zijn toegenomen?

Reactie op de presentatie

- De middenmoot van het huis is ondervertegenwoordigd; deze betreft kleine vis zoals spiering (die is afgenomen). Garnalen en krabben zitten nog lager in het voedselweb, zij eten dertritus en zijn daarmee de stofzuigers van de Waddenzee die goed kunnen omgaan met bodemverstoring. De grote aantallen garnale en krabben in het systeem is een indicator voor een scheef systeem en sluit aan bij de voorspelde volgorde van mate van aftakeling van het voedselweb aan in vergelijking met andere estuaria wereldwijd.
- Met de garnalen ging het vorig jaar overigens niet goed, dit was wel een positief jaar voor de mosselgroei.
- De Japanse oester neemt erg toe, zie je exoten als slecht voor het systeem?
- Er zitten waardeoordelen in deze diagnose (bijvoorbeeld een 'flink lek' dak). Dat kan neutraler.
- Het tijdsbeeld van deze veranderingen moet in acht genomen worden.

5.2. Tafel 2: Het doel: waar willen we heen?

Samenvatting van de resultaten

Een compleet voedselweb bestaat uit de verschillende trofische niveaus, een hoog-dynamisch systeem, functionaliteit, historie en een diversiteit aan habitats. Belangrijke elementen zijn:

- Hoge primaire productie (kustsysteem): algen, zeegras en kweldervegetatie.
- Aanwezigheid van grote bodemdieren: schelpdieren en wormen, meerjarige mosselbanken.
- Aanwezigheid van consumenten: (doortrekkende) vogels zoals eidereenden, sterns en lepelaars en een kraamkamer voor vissen.
- Aanwezigheid van toppredatoren: vogels (sterns, viseters), zeehonden, vissers.
- Habitat diversiteit: waardevolle habitats tbv biodiversiteit (zoals zeegras en kwelders) en functies voor het voedselweb. Een belangrijke kennisvraag is: welke habitats moeten verbeterd worden om het voedselweb vooruit te helpen?

De groep heeft voor de verschillende elementen geprobeerd het streefbeeld te concretiseren:

Element	Ontwikkelingen	Doelen*
Exoten	Een aantal hebben zich permanent gevestigd	voorkom invasie nieuwe exoten (geen risico nemen: je weet niet wat ze gaan doen)
Grote vis (incl roggen/haaien)	Klimatologisch en de ontwikkeling van de Noordzee	Graag meer grote vis, maar hoe dat is lastig
Vis	• Minder vis • Kraamkamer functie onder druk • Juveniele vis kleiner, minder groei	Geen doelen maar vragen: • Welke habitats zijn geschikt? • Hoe kraamkamer-functie te verbeteren? • Hoe kunnen we de trage groei van juveniele vis verklaren?
Zeegras	Is verdwenen	Ja graag, maar lastig
Schelpdieren	Komen genoeg voor	Meerjarige sublitorale banken
Zeehonden	Komen veel voor	Houden zo (conflict met vis?)
Vogels	Met broedvogels zoals de Scholekster gaat het slecht; wel veel Kanoeten aanwezig	Natura 2000-doelen Prima de Kanoet is een gewenste soort
Krab en garnalen	Grote hoeveelheden aanwezig omdat systeem zich scheef heeft ontwikkeld. Veel Garnalen blijven langer klein	Nastreven dat deze soorten meer gegeten worden

* notie: deze lijst focust op huidige soorten en de doelen zijn geformuleerd vanuit de context hoe het voedselweb functioneert

Reacties op de resultaten

- In relatie tot exoten hebben we wel een voorkeur voor inheemse soorten.
- Roggen en haaien terugbrengen is lastig, maar ze kunnen een sleutelfiguur zijn.
- Hoe zit het met doelen voor gebruik? De huidige beleidsnota's gingen daar stevig op in, hoe gaan de nieuwe nota's met het gebruik om?
- Hoe gaan we dit meten? (dit is een vraag voor tafel 4)

5.3. Tafel 3: Handelingsperspectief (maatregelen voor/door verschillende sectoren)

Samenvatting van de resultaten

De groep heeft gefocust op de bijdrage die sectoren zelf kunnen leveren om hun ecologische druk te verminderen. Over twee vormen van innoveren is gesproken. Ten eerste de grote sprongen of transities, het drastisch inperken van de impact van het gebruik. Bij dergelijke innovaties loop je snel aan tegen economische barrières op de korte termijn. Een voorbeeld hiervan is dat als een haven geen diepe schepen meer kan ontvangen dat daarmee de economische drager weg valt om voorzieningen in stand te houden voor kleinere schepen. Een omslag naar havens voor ondiepere schepen is daarmee heel lastig te maken. Dergelijke transities zijn alleen mogelijk als partijen gezamenlijk een toekomstbeeld voor de Waddenzeeregio schetsen dat ten minste 60 jaar vooruit kijkt en een perspectief ontwikkelt op de innovaties om zonder (te grote) ecodruk een leefbare regio te zijn.

De tweede vorm van innoveren betreft meer lokale innovaties, dichter bij de praktijk. Op dit vlak zijn op kortere termijn win-win situaties mogelijk. Dit is aantrekkelijk perspectief. Hiervan zijn een aantal voorbeelden uitgewerkt door de groep. Eerste voorbeeld is dat bij het baggeren nog slimmer omgegaan kan worden met het storten. Tweede voorbeeld is voedseloogst zo inrichten dat het een link heeft met ecologische functies. Dit kan onder andere met oesters door mandjes op te hangen op een visperceel en de oesters hun larven te laten verspreiden. Iets vergelijkbaars kan ook met kokkelkweek. En ook het benutten van gebouwen en grond voor nesten van vogels (scholekster/oeverzwaluw) kan helpen; vaak zijn maar kleine aanpassingen nodig.

In de discussie is ook een aantal meer fundamentele noties gedeeld. Ten eerste dat het belangrijk is om bij maatregelen vanuit een economische sector prudent om te gaan met het grensvlak tussen actief natuurbeheer enerzijds en het eigen economische ‘ productie’ proces anderzijds. Actief natuurbeheer vergt een prudente en voorzichtige aanpak. Als veel ondernemers gaan innoveren en daarbij over deze grens heen gaan, dan raak je de controle misschien kwijt. Beter is het om je te concentreren op de vermindering van de footprint. Tweede notie is dat partijen zo vroeg mogelijk in het proces win-win combi’s moeten zoeken. Hiervoor is het nodig om te bouwen aan het bewustzijn en om serieus economisch perspectief te bieden aan ondernemers voor hun investeringen (niet zwabberen met het beleid). Ook is kennisdeling zowel aan de praktijk als wetenschappelijke kant nodig.

Reactie op de resultaten

- Organisatorisch kan je dit aanpakken door als voorbeeld de Waddenzeehavens te nemen. Hier worden al verschillende partijen samengebracht. Havens worden vaak als vertrekpunt gebruikt.
- Het herstellen van structuren in de Waddenzee. Er lijkt een tegenstrijdigheid in de presentatie: oesters opkweken voor de oogst versus oesters opkweken voor actief natuurbeheer mag niet. Hoe bedoelen jullie dit? Het voorbeeld gaat over oesters kweken met als bijeffect dat oesterlarven vrijgelaten worden (mens inclusief denken) de vraag is hoever je met dit soort interventies gaat. Ga je vanuit bedrijfsvoering ook echt actief ingrijpen in de natuur?
- Is er geen discrepantie tussen deze maatregelen en wat er aan tafels 1 en 2 is besproken? Vanuit de groep: we vertrokken vanuit de opdracht wat sectoren zelf kunnen doen. Ondanks dat dit laaghangend fruit is, krijgen mensen misschien de smaak te pakken om verder te gaan.
- Zonder streefbeeld is het lastig om te weten of je met intrinsieke kleine innovaties er echt komt? Zijn er niet alleen reactieve maar ook proactieve innovatie sprongen aan bod gekomen in de lijn naar 60 jaar toekomstbeeld? Vanuit de groep: het toekomst beeld hebben we niet ontwikkeld vanmiddag.

Wel zijn we het er mee eens dat er eigenlijk is een transitiemanagement-aanpak nodig is waarbij je ook opzoek gaat naar proactieve innovatiesprongen.

5.4. Tafel 4: monitoring/kennis(agenda)

De groep aan tafel 4 heeft een overzicht gemaakt wat belangrijke onderwerpen zijn voor de monitoring en heeft doorgepraat over een efficiënte onderzoeksaanpak. De onderwerpen voor de monitoring zijn door de groep geprioriteerd: **** belangrijke kennisleemte tot * er is redelijk wat bekend.

NB Eind 2017 wordt er door verschillende partijen aan kennisagenda's gewerkt. PRW zal de uitkomsten van deze tafel verbinden met die agenda's.

Abiotische sleutelprocessen (basismonitoring)

De abiotische processen die bepalend zijn voor de onderwaterstructuur, zowel hard als zacht, zijn een relatief grote onbekende. De monitoring moet beter gaan aansluiten op vragen die leven. Belangrijke onderwerpen zijn:

- Structuur (stenen, veenblokken, dode schelpenbanken) ****
- Doorzicht (organisch/anorganisch) ***
- 'bottom shear stress' (integreert getijdestroom e.d./hydrodynamisch) ***
- Substraat stabiliteit ***
- Sedimentsamenstelling **
- Stormen (golfhoogte) **
- Watertemperatuur *
- Zoutgehalte *
- Bathymetrie*
- Zeespiegelstijging *
- Zoetwateraanvoer / nutriëntenaanvoer *

Biotiek/groepen (basismonitoring)

Wat betreft de biotische processen/ functionele groepen zijn er nog kennisleemtes over plankton, kleine vis plus habitat, structuren en mobiele bodemdieren. De onderwerpen om op te pakken via de basis monitoring zijn:

- Structuren ****
- Plankton/fyto (productie en samenstelling) ****
- Zoöplankton (copepoden) ****
- Predator vissen (wijting, kabeljauw, geep, zeebaars, kleine haai, rog) ****
- Kleine vis (haring, sprot, zandspiering) i.r.t. kraamkamer (kwelder, pelagisch) ***(*)
- Mobiele bodemdieren (crustacea) ***
- Bodemdieren overig (infauna) ***
- Schelpdieren / kraamkamerfunctie (deelhabitats) **
- Benthisch demersale soorten (schol, bot) **
- Visetende vogels plus schelpdieretende vogels (duikeenden) **
- Trekvissen (zoet-zout overgang) (paling, stekelbaars, wolhandkrab) **
- Iconische soorten (zeepaardje, sertularia, zeestekelbaars, dolfijn en bruinvis) **
- Mosselbanken (*), zand- en schelpkokerwormen, oesterbanken (**), zeegrasvelden
- Endobenthische schelpdierbanken *
- Zeezoogdieren *

Ecologische processen/interacties (procesgerichte monitoring)

De ecologische processen zijn meer systeemgericht, soms ontbreken er nog koppelingen. Hier is dus meer procesgerichte monitoring nodig. Het gaat om de volgende onderwerpen:

- Voedselwebinteracties (wie eet wie?) ****
- Kraamkamerfunctie (vismigratie) ****
- Biotische ~ abiotische koppelingen ****
- Rekrutering (patronen?) (populatiedynamica tweekleppigen) ***
- Filtratie **

Overige processen (wettelijke monitoring)

Met overige processen bedoelen we vooral menselijk gebruik. Monitoring vindt plaats in de context van vergunningen.

- Visserij inspanning en opbrengst (type tuig, welke soorten worden waar/wanneer gevangen) **
- Bodemdaling door delfstoffenwinning **
- Schelpenwinning **
- Zandsuppletie *
- Baggeren en storten *
- Schelpdierkweek *

Aanpak

De onderzoeksaanpak moet zich richten op het volgen van herstelmaatregelen en ingrepen. Dat betekent dat bij sluiting en bij andere grote ingrepen goed en langdurig gemonitord moet worden. Er is een sterke voorkeur om het onderzoek niet te fragmenteren. Beter is het om te komen tot grote geïntegreerde programma's van monitoring en onderzoek, zo komen de sleutelprocessen beter in beeld en kan aan de andere kant bespaard worden op o.a. scheepstijd. Pilots zijn een logisch onderdeel van de onderzoeksaanpak. Deels hebben ze een publieke functie, maar de onderwerpen moeten wel relevant zijn. Soms zijn pilots zelfs de enige mogelijkheid om iets te meten. Het doen van pilots loopt parallel aan monitoring.

Commentaar op samenvatting (plenair)

- Een belangrijke kennis vraag betreft de rol van plankton, terwijl dat de basis voor de voedselketen is.
- De drie grote pijlers voor de kennisagenda zijn: (1) abiotiek: bodem en troebelheid, (2) biotiek: belangrijkste functionele groepen/soorten en (3) ecologische processen: de belangrijkste interacties tussen beiden.
- Het beste onderzoek is relevant en oplossingsgericht, benadruk niet de tegenstellingen of verschillen tussen fundamenteel en toegepast onderzoek. Relevant onderzoek krijg je door gedegen wetenschap en praktijkonderzoek gekoppeld aan monitoring. En er wordt momenteel belangrijk wetenschappelijk onderzoek gedaan in het kader van 'learning by doing', maar wel volgens de wetenschappelijke regels. Zoek de verbinding!
- Voer deze discussie niet alleen met ecologen, maar ook met sociaalwetenschappers, zoals sociologen en economen. Die doen onderzoek naar maatschappelijke veranderingen waarop geanticipeerd kan worden. De afnemende bereidheid risico's te accepteren (culture of fear) is een belangrijk breder sociologisch fenomeen dat ook in de Waddenzee speelt.
- We moeten zoeken naar alternatieven voor bedijking en zandsuppletie. Hier is interesse voor vanuit Natuurmonumenten.

6. Conclusies

Conclusies van opdrachtgever Michiel Firet (PRW)

De resultaten van vandaag zijn hoopgevend. Er blijkt veel meer een constante denkrichting te zijn dan tevoren verwacht. Deze dag met beleid, wetenschap en gebruikers aan tafel was spannend en is goed geslaagd.

De discussies hebben geleid tot boodschappenlijstjes voor kennisontwikkeling en nieuw beleid. Hoewel de Waddenzee bij de verkenning Grote Wateren geen grote plek heeft ingenomen (omdat andere grote wateren veel grotere investeringen vereisen) is de Waddenzee net zo belangrijk. Er is echter een andere aanpak nodig. Vandaag zijn voor een dergelijke aanpak ingrediënten aangedragen.

Een belangrijk inzicht voor PRW is dat communiceren en beter delen van informatie over de sublitorale Waddenzee een uitdaging is. Je kan er bijvoorbeeld niet van uit gaan dat iedereen op de hoogte is van beleidsstukken. Kennisname daarvan is belangrijk, want het vastgestelde beleid willen we niet meer ter discussie stellen. Een andere les is: maak elkaar geen verwijten, het taalgebruik neutraler en de toon positiever. Daar heeft de hele groep vandaag stappen in gezet.

Voor de strategie vielen een aantal zaken op. Het bedrijfsleven verlangt terecht perspectief en zekerheid met het oog op voorziene investeringen. Bij het doen van pilots: struikel niet over de bewijslast. En over het geheel genomen: op de cumulatieve effecten zowel van gebruik als van maatregelen is echt maar beperkt zicht. En als afsluiting: laten we ons er allemaal van bewust zijn dat ieder van ons waarschijnlijk naar een ander ‘deel van het geheel’ kijkt.

Conclusies van Wing

De discussies en gesprekken tijdens de Open Space sessies van deze dag geven een eerste richting over gezamenlijk gedragen denkkaders over:

- de diagnose (de huidige staat van de sublitorale onderwaternatuur in de Waddenzee),
- het doel (waar willen we heen),
- handelingsperspectief (in een breder kader aan maatregelen te plaatsen), en
- een kennisagenda

Al deze vier thema’s verdienen nadere uitwerking. Wing adviseert om de gesprekken over deze vier thema´s voort te zetten. De deelnemers hebben vooral meerwaarde ervaren door als wetenschappers, gebruikers, natuurorganisaties en overheden, in gezamenlijkheid te werken aan denklijnen. Wing beveelt aan om hiervoor een kennisplatform op te richten, in nauwe samenwerking met de Waddenacademie. Dit kennisplatform kan vervolgens input geven aan verschillende beleidstrajecten, zoals de Gebiedsagenda Wadden 2050. Dit kennisplatform kan ook verbinding leggen met verschillende convenanten waar ook over maatregelen in het sublitoraal wordt gesproken.

Bijlage 1: Deelnemers workshop

- Ernst Lofvers (Rijkswaterstaat Noord-Nederland en Programma Rijke Waddenzee)
- Jacco Doze (Rijkswaterstaat Noord-Nederland)
- Durk van Tuinen (Nederlandse Vissersbond)
- Hein Sas (Programma Rijke Waddenzee, ZZP'er)
- Gerard Janssen (Rijkswaterstaat Noord-Nederland)
- Han Olff (Rijksuniversiteit Groningen)
- Hans van Hilten (Waddenfonds)
- Wouter Lengkeek (Bureau Waardenburg)
- Sanne Brouwer (Student Kust-en Zeemanagement, stagiaire Haven van Harlingen)
- Sander Holthuijsen (NIOZ)
- Laura Govers (Rijksuniversiteit Groningen)
- Eelke Folmer (NIOZ en Ecospace)
- Reiner de Vries (Haven van Harlingen)
- Barbara Schouten (Natuurmonumenten)
- Barbara Rodenburg (Stichting Goede Vissers, TS31)
- Karin Troost (Wageningen Marine Research)
- Lies van Nieuwerburgh (Waddenvereniging)
- Arno Kangeri (Programma Rijke Waddenzee, Wageningen Marine Research)
- Marnix van Stralen (MarinX)
- Karin van der Reijden (Rijksuniversiteit Groningen)
- Anneke Rippen (Altenburg & Wymenga)
- Els van de Zee (Altenburg &Wymenga)
- Michiel Firet (Staatsbosbeheer, Programma Rijke Waddenzee, initiatiefnemer van deze dag)
- Henk Smit (Wing)
- Marieke Verweij (Wing)
- Linde Van Bets (Wing)
- Ytsen Deelstra (Wing)

Bijlage 2: Geïnterviewden t.b.v. oplegnotitie

- Eelke Folmer
- Peter Herman
- Gerard Janssen
- Ernst Lofvers
- Karsten Reise
- Han Olff
- Barbara Rodenburg
- Quirin Smeele
- Marnix van Stralen
- Ingrid Tulp
- Karin Troost

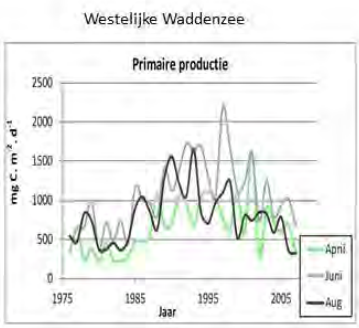
Bijlage 3:
slides presentatie Altenburg & Wymenga

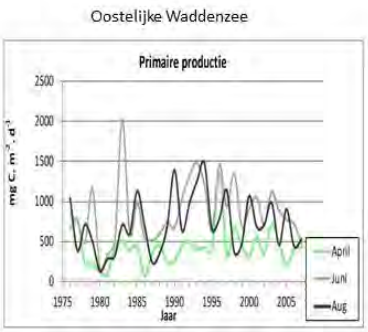
Inventarisatie A&W onderwaternatuur

- Korte samenvatting beschikbare wetenschappelijke kennis over huidige toestand ecologische groepen met rol in het voedselweb van het sublitoraal:
  - Primaire productie
  - Macrozoöbenthos
  - Biobouwers
  - Vis
  - Vogels & Zeezoogdieren
- Invloeden op het sublitoraal

Primaire productie

- Systeemkennis nog onvoldoende om te bepalen hoe veranderingen in nutriëntenaanbod, overbevissing, bedijking en klimaatsverandering, de primaire productie beïnvloeden en daarmee de hogere trofische niveaus van het voedselweb.



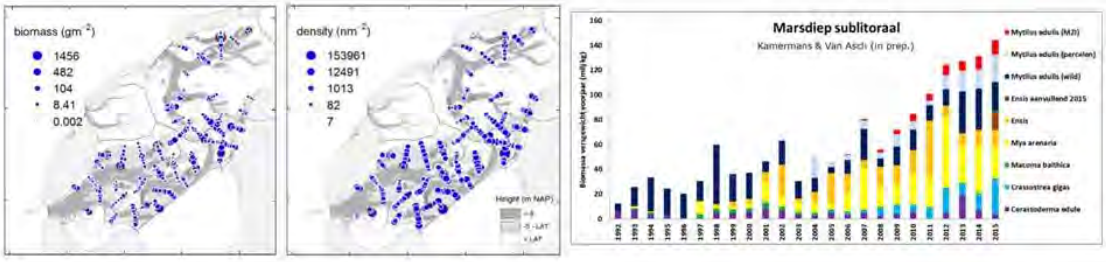


Bron: Riegman 2014

Macrozoöbenthos

- Samenstelling is veranderd, o.a. door opkomst van invasieve soorten, biomassa neemt toe (gegevens westelijke Waddenzee)

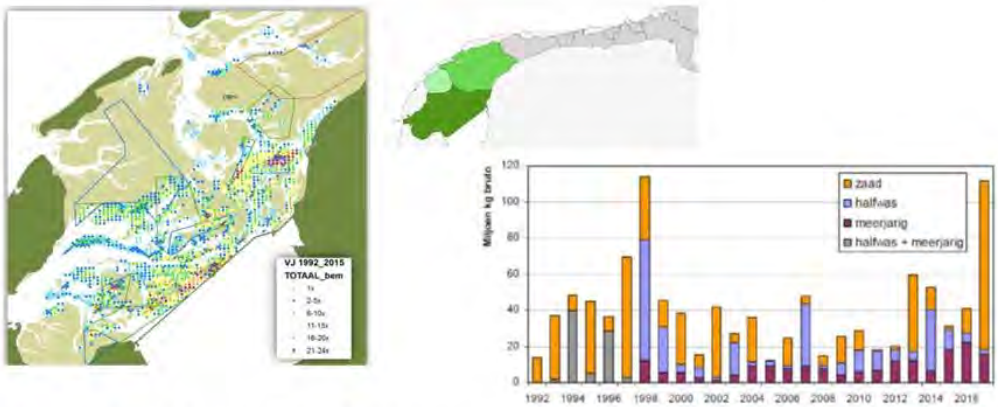
- Deels goed beeld over ruimtelijke en temporele verspreiding van het sublitorale macrozoöbenthos en hoe ecologische/abiotische processen het functioneren van deze groep beïnvloeden



Bron: Dekker & Drent 2013; figuur uit Powerpoint Jansen & Troost 2017; Kamermans & Van Asch (in prep.)

Biobouwers – mosselen

- Jaarlijkse survey sublitoraal sinds jaren '90 (m.n. westelijke Waddenzee) Mosselzaadval is in 2016 en in 2017 heel goed geweest.
- Mechanismen achter ontwikkeling irt. tot abiotische condities en menselijke activiteiten nog niet helder.

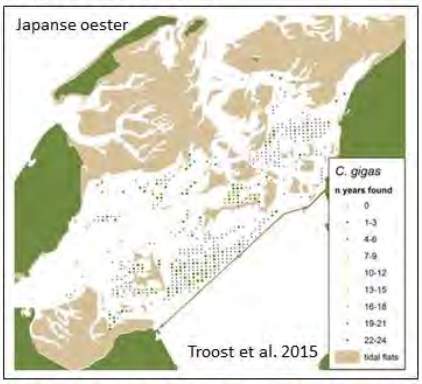


Bron: Powerpoint Jansen & Troost 2017; Folmer 2017; Powerpoint Jansen & Troost 2017; gebaseerd op Van Stralen et al. 2016, 2017

Biobouwers – oesters

- Japanse oester (exoot) vaak met mosselen in gemengde banken.
- Jaarlijkse kwalitatieve inventarisatie (met mosselsurvey), Waddenzee-brede monitoring ontbreekt.

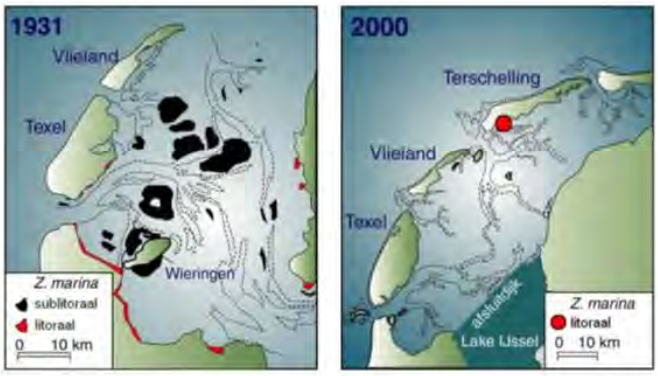
- Platte oester is terug in de Waddenzee, losse exemplaren gevonden bij Texel.
- Meer onderzoek nodig (waar liggen ze, wat voor condities nodig, kunnen ze zichzelf uitbreiden?)



Biobouwers – Zeegras

- Sublitoraal zeegras afwezig sinds de jaren '30 in de NL Waddenzee

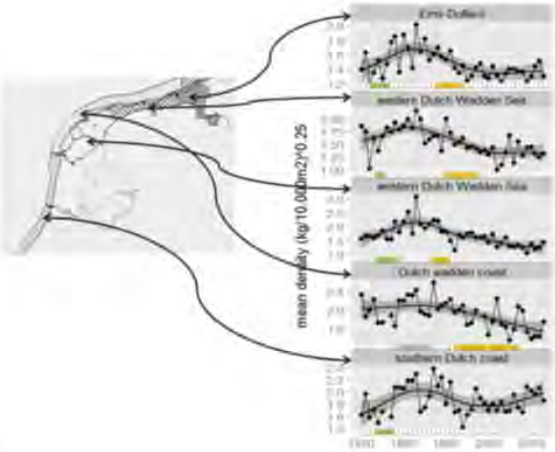
- Verdiepende, uitgebreide habitatgeschiktheidskaart nodig voor nieuwe inzichten (abiotische condities koppelen aan voorkomen sublitoraal zeegras in bv. Duitse Waddenzee en gemodelleerde verspreiding).



Wanink & Van de Graaf 2008

Vis

- Visserij en klimaat veel effect op visstand
- Dichtheid van verschillende vissoorten beneden lange termijn gemiddelde, soortensamenstelling en grootte/leeftijd van de vis is veranderd, aantallen afgelopen 40 jaar gedecimeerd
- Soortspecifieke aanpak nodig over abiotische voorkeuren en habitateisen

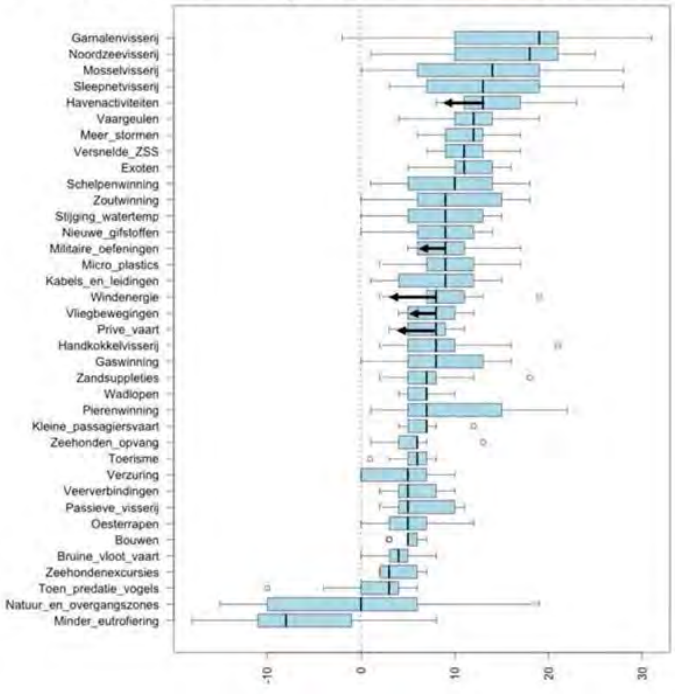


Tulp & Van der Veer 2015

Vogels & zeezoogdieren

- Vogels: soortspecifiek onderzoek nodig (duik-eenden, sterns, visdieven)
- Vogels & zeehonden:
  Als de rust op het water gewaarborgd wordt en er genoeg/gezond/beschikbaar voedsel (schelpdieren en vis) is in het sublitoraal, zijn de specifieke milieucondities in principe aanwezig

Invloeden op het sublitoraal

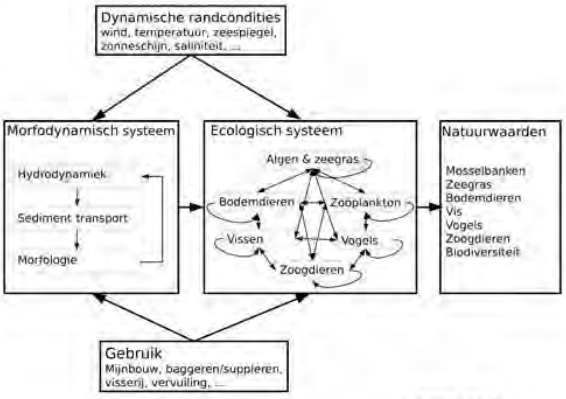


Sas *et al.* 2016

Invloeden op het sublitoraal

- <u>Abiotiek :</u>
  (gemodelleerde) data beschikbaar van sediment (AufMod project, MWTL), droogligduur, bodemschuifspanning, orbitaalsnelheid, saliniteit, morfodynamiek (sedimentatie en erosie)

- <u>Antropogene effecten:</u>
  onduidelijk welke activiteiten meeste effect hebben op sublitoraal, afhankelijk van ruimtelijke en temporele schaal



Folmer 2017

Bijlage 4: slides presentatie PRW

Waar werken we aan?

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) werkt aan een duurzame Waddenzee van Werelderfgoedklasse.

PRW brengt overheden, natuurorganisaties en (economische) gebruikers van het Waddengebied bij elkaar.

We werken er aan om de Waddenzee als natuurgebied sterker en veerkrachtiger te maken voor mens en de natuur.

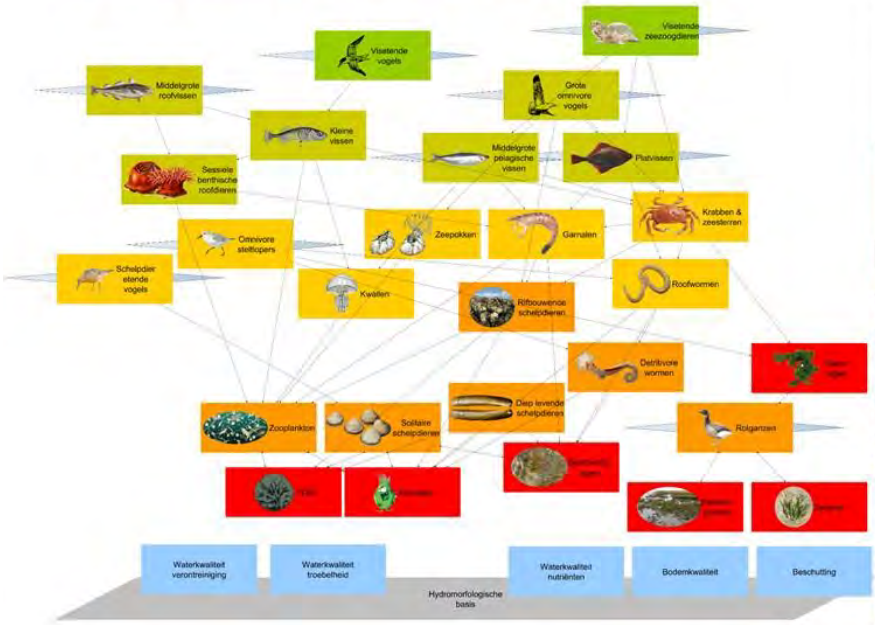
PRW zet in op een natuurlijke populatiedynamiek

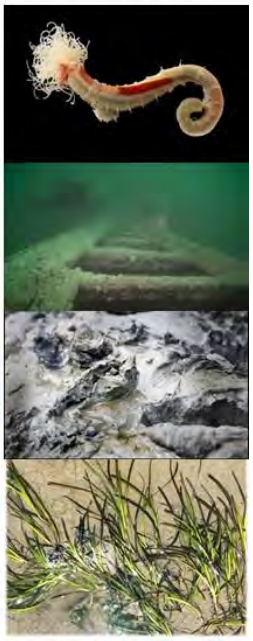
Het einddoel is een compleet voedselweb als basis van een gezond ecosysteem

MOOIWERK MOOIWAD

Op weg naar een rijke Waddenzee

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

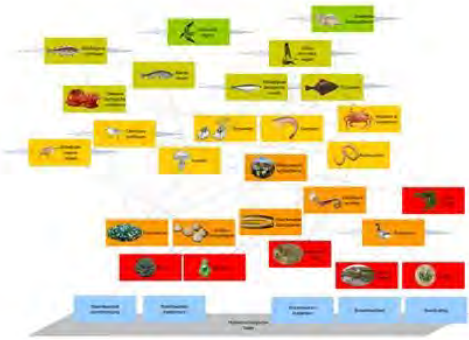




Urgentie

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

- Er zijn aanwijzingen dat het niet goed gaat met de onderwaternatuur
- Duurzame benutting (oogst surplus) hapert
- Nog veel onder water onbegrepen
- Schakel tussen wetenschap en beheer



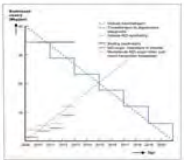
MOOIWERK

Werken aan onderwater natuur

Bouwen aan gezamenlijke kennisbasis: wat weten we al wel over het sublitoraal

Gezamenlijk bouwstenen aandragen voor de kennisagenda (wat weten we nog niet)

Bespreken van te zetten stappen voor versterking ecosysteem



Bijlage 5:

RAPPORT ALTENBURG & WYMENGA

MOOIWERK
MOOIWAD

Inventarisatie "Ontwikkeltafel Onderwaternatuur Waddenzee"

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

Inventarisatie "Ontwikkeltafel Onderwaternatuur Waddenzee"

Datum: 4 december 2017

Auteurs: Els van der Zee en Anneke Rippen

A&W-rapport 2387

Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden

MOOI WERK MOOI WAD

© Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv. Overname van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding.

Projectnummer	Projectleider	Status
2874suw	J.B. Latour	Eindrapport

Autorisatie	Paraaf	Datum
Goedgekeurd	J.B. Latour	4 december 2017

Kwaliteitscontrole

J.B. Latour

Inhoud

Inhoud **3**

1 Inleiding 4

1.1 Kader 4

1.2 Opzet 4

2 Sublitorale natuur in de Waddenzee **6**

2.1 Primaire productie 6

2.2 Macrozoöbenthos 8

2.3 Biobouwers 10

2.4 Vis 13

2.6 Zeezoogdieren 15

3 Invloeden op het sublitoraal **17**

3.1 Introductie 17

3.2 Abiotiek 18

3.3 Antropogene effecten 18

4 Suggesties voor kennisagenda **20**

5 Referenties **21**

1 Inleiding

1.1 Kader

Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) werkt met veel partijen aan een duurzame en rijke Waddenzee. Het streefbeeld is om de Waddenzee als natuurgebied sterker en veerkrachtiger te maken voor mens en de natuur. PRW onderzoekt, verbindt en begeleidt richting uitvoering. Een belangrijke opgave is te komen tot een divers en compleet voedselweb.

Mede in dat kader staat de sublitorale natuur in de Waddenzee sterk in de belangstelling. Het sublitoraal kent essentiële bouwstenen van het Waddenzee voedselweb, maar de zorg wordt geuit dat het sublitoraal onder druk staat, en dat de sublitorale natuur onderontwikkeld is (o.a. Van Moorsel & van Leeuwen 2013; Sas et al. 2016; Tulp et al. 2017). Zonder extra inspanningen worden de (inter)nationale beleidsdoelen dan ook niet gehaald (Tabel 1). Daarom jaagt PRW o.a. het behoud en herstel van biobouwers en visgemeenschappen aan.

Om concrete doelen te realiseren, moeten we het ecologisch functioneren vandaag de dag onderwater beter begrijpen en daar gedeelde denkkaders over ontwikkelen. Dat is nog onvoldoende het geval. Een integrale kennisbasis en gedeeld beeld van welk onderzoek en beheer er nodig is voor het sublitoraal is een belangrijke eerste stap. Daarom organiseert PRW een Ontwikkeltafel op 6 november 2017 die zich richt op de volgende zaken:

1. Werken aan gezamenlijke denklijnen (gezamenlijk begrip van het functioneren van het sublitoraal op conceptueel niveau) als basis om strategieën voor ecosysteemverbetering te kunnen benoemen.
2. Bespreken van strategieën voor ecosysteemverbetering en -herstel en het aanbrengen van focus daarin.
3. Concrete voorstellen voor pilot projecten (inclusief benodigde wetenschappelijke borging) om ervaring met maatregelen in het sublitoraal verder op te bouwen.
4. Bouwstenen aandragen voor de kennisagenda.

PRW heeft Altenburg & Wymenga gevraagd om ter voorbereiding een beknopte inventarisatie te maken van de bestaande kennis en kennisleemten van de sublitorale natuur van de Waddenzee. Bureau Wing interviewt vervolgens een tiental experts/wetenschappers op basis van deze inventarisatie om de grootste discussiepunten helder te krijgen en schrijft een voorbereidende oplegnotitie die samen met de inventarisatie input zijn voor de discussie tijdens de ontwikkeltafel.

1.2 Opzet

In het eerste deel van deze inventarisatie wordt een korte samenvatting gegeven van de beschikbare wetenschappelijke kennis over de huidige toestand van de ecologische groepen die een rol spelen in het voedselweb van het sublitoraal: primaire productie, macrozoöbenthos, biobouwers (d.w.z. mosselen, Japanse oesters, platte oesters en zeegras en hoewel deze soorten deels ook onder macrozoöbenthos vallen, is hier in dit rapport apart aandacht aan geschonken), vis, vogels (duikeenden etc.) en zeezoogdieren. In dit deel van de inventarisatie worden ook de grootste kennisleemten aangegeven. Aansluitend wordt een beknopt overzicht gegeven van de belangrijkste drukfactoren op het sublitoraal. Samen leidt dit tot een voorstel voor een kennisagenda. De geplande interviews met Waddenzee-experts en de Ontwikkeltafel zullen vervolgens meer richting geven aan het bepalen van breed gedragen denkkaders over natuurwaarden en beheer/behoud strategieën in het sublitoraal. Deze inventarisatie dient als bouwsteen in de discussie over een gezamenlijk beeld over de systematische aanpak van natuurbeheer en –behoud in het sublitorale deel van de Waddenzee.

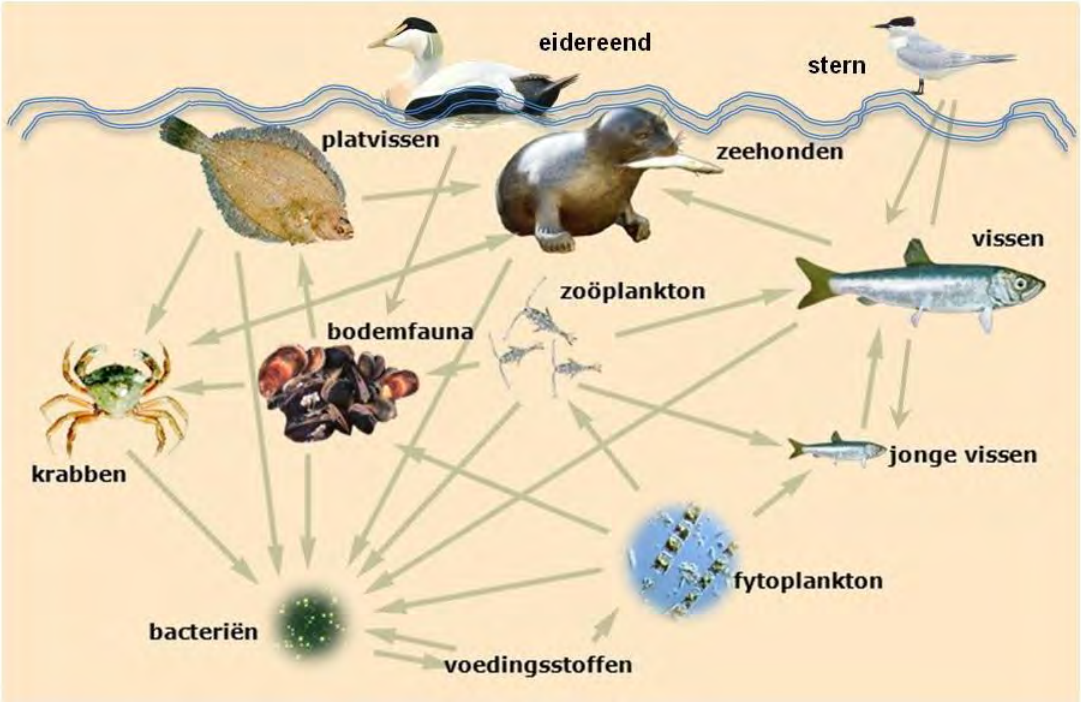
De geografische scope is het Nederlandse deel van de Waddenzee om de inventarisatie enigszins af te bakenen, maar ook ecologische processen in de Noordzee(kustzone) en de Duitse en Deense Waddenzee zijn van belang voor het functioneren van de Waddenzee. Dit punt zal dan ook terug komen tijdens de Ontwikkeltafel als discussiepunt.

Tabel 1 Natuurwaarden en doelen, op basis van verschillende beleidskaders en duurzame natuurvisies, die een rol spelen in het voedselweb van het sublitoraal van de Waddenzee.

Natuurwaarden	N2000	KRW	PRW	ICES	Internationaal/ UNESCO
Abiotische condities		Chemische en ecologische waterkwaliteit	Schoon en helder water		
Ecologie			Compleet voedselweb	Gezonde garnalen-populatie	Onverstoorde ecologische processen
Bodem			Herstel biobouwers		
Vis	Zeeprik, Rivierprik, fint		Rijke visstand	Vermijden bijvangst	
Vogels	Eider, Topper, Aalscholver, Brilduiker, Grote Zaagbek, Sterns		Waddenzee biedt optimale huisvesting aan vogels		(Trek)vogels
Zeezoogdieren	Gewone en Grijze zeehond		Rust in delen Waddengebied		

2 Sublitorale natuur in de Waddenzee

De Waddenzee is een dynamisch kustsysteem en aanwezige soorten zijn onderhevig aan onder andere getij, golven, sedimentatie en erosie, en fluctuaties in zoutgehalte. De natuur in het sublitorale deel van de Waddenzee is echter door de loop der jaren veranderd. In het begin van de vorige eeuw waren er nog sublitorale zeegrasvelden, platte oesters en Sabelleria riffen te vinden en was er een rijke visstand (Lotze et al. 2005, 2006; Reise 2005). In de Waddenzee van nu komen deze soorten nauwelijks meer voor en is de visstand achteruit gegaan. Niettemin is de Waddenzee nog steeds een productief en divers systeem en er zijn veel soorten die van het sublitorale voedselweb deel uitmaken. De hedendaagse flora en fauna in het sublitorale deel van de Waddenzee worden gekenmerkt door een combinatie van soorten uit de Noordzee en soorten die ook voorkomen op de droogvallende platen in de Waddenzee. Hieronder wordt nader toegelicht wat de huidige toestand is van de soorten en soortgroepen uit het sublitorale voedselweb en wordt aangegeven welke kennis nog ontbreekt.

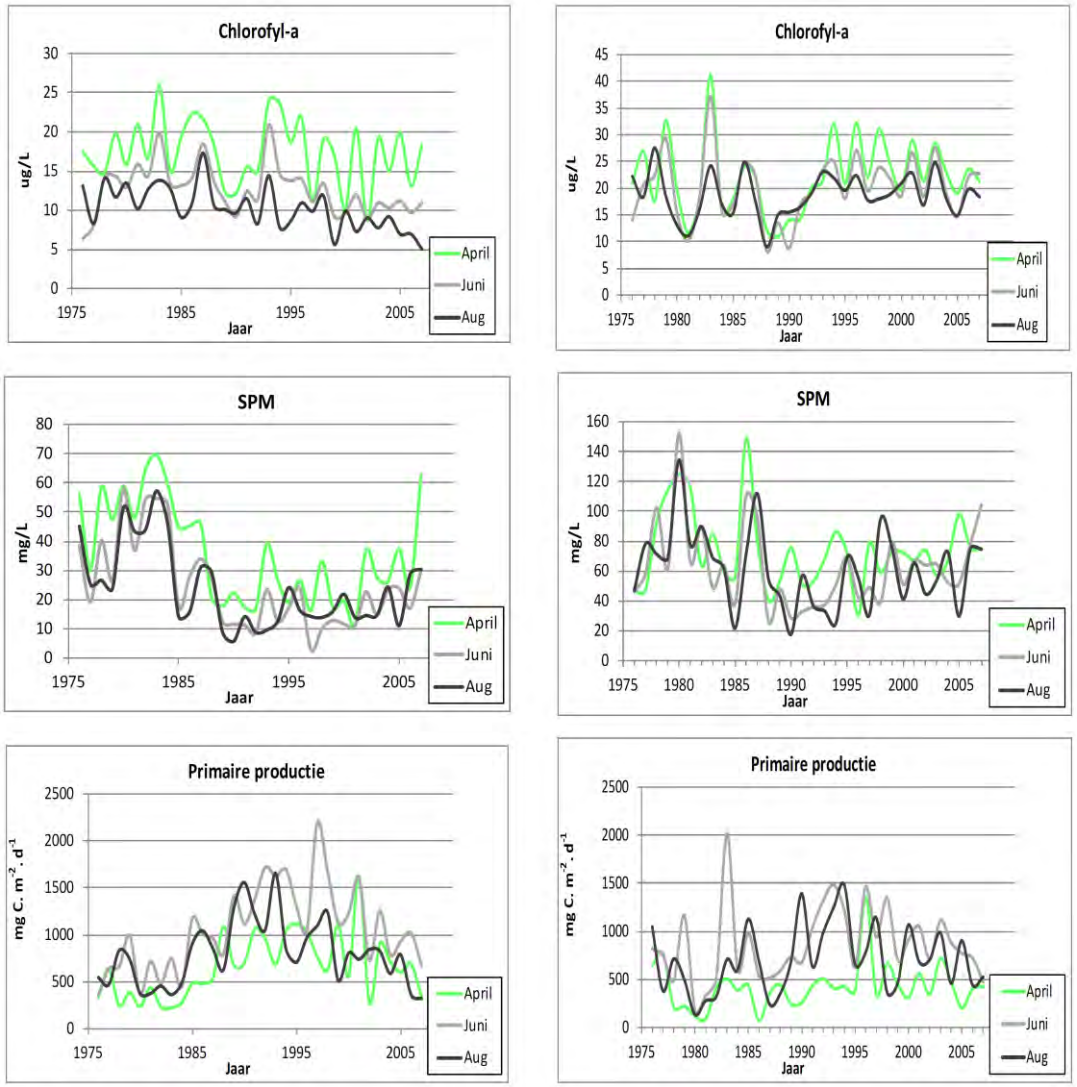


Figuur 1 Schematische afbeelding van de verschillende onderdelen van het sublitorale voedselweb in de Waddenzee (naar een afbeelding van Ecomare en de Vogelbescherming)

2.1 Primaire productie

Huidige toestand

Primaire productie is de aanmaak van plantaardig materiaal uit zonlicht en ligt aan de basis van het marine voedselweb. Primaire productie is een sleutelproces in het Waddenzee ecosysteem, omdat het de draagkracht voor hogere trofische niveaus bepaalt. De belangrijkste producenten in het sublitorale deel van de Waddenzee zijn microalgen zoals fytoplankton. De productie wordt bepaald door de beschikbare hoeveelheid licht in de waterkolom en de beschikbare nutriënten. In Nederland was er lange tijd een overschot aan nutriënten, door zware bemesting in de landbouw en het gebruik van fosfaat in wasmiddelen. Inmiddels is door succesvol beleid met name de fosfaat- en silicaattoevoer flink verminderd. Dit lijkt echter door te werken in de primaire productie (Riegman 2014; Figuur 2, onderste grafieken), middels een afname in productie en verandering van soortsamenstelling van het fytoplankton. Met een vertraging van een paar jaar is ook een verandering in de soortensamenstelling van bodemdieren waargenomen (Philippart *et al.* 2007). De troebelheid (hoeveelheid opgelost SPM) lijkt de laatste jaren juist weer toe te nemen (met name in westelijke Waddenzee, middelste grafieken Figuur 2).



Figuur 2 Lange termijn trends van chlorofyl-a, gesuspendeerd materiaal (SPM) en berekende primaire productie in de westelijke Waddenzee (links) en de Oostelijke Waddenzee, in maandgemiddelde waarden (rechts; overgenomen uit Riegman 2014).

Kennisleemten

Systeemkennis is nog onvoldoende om te bepalen hoe veranderingen in nutriëntenaanbod, tezamen met andere invloeden zoals bevissing, bedijking en klimaatsverandering, de primaire productie beïnvloeden en daarmee de hogere trofische niveaus van het voedselweb. De resultaten van de verschillende meetinspanningen aan primaire productie in het waddengebied zijn onderling niet altijd of moeilijk vergelijkbaar. De laatste jaren worden deze gegevens beter op elkaar afgestemd (Kromkamp & Philippart 2015; Riegman 2014).

2.2 Macrozoöbenthos

Huidige toestand

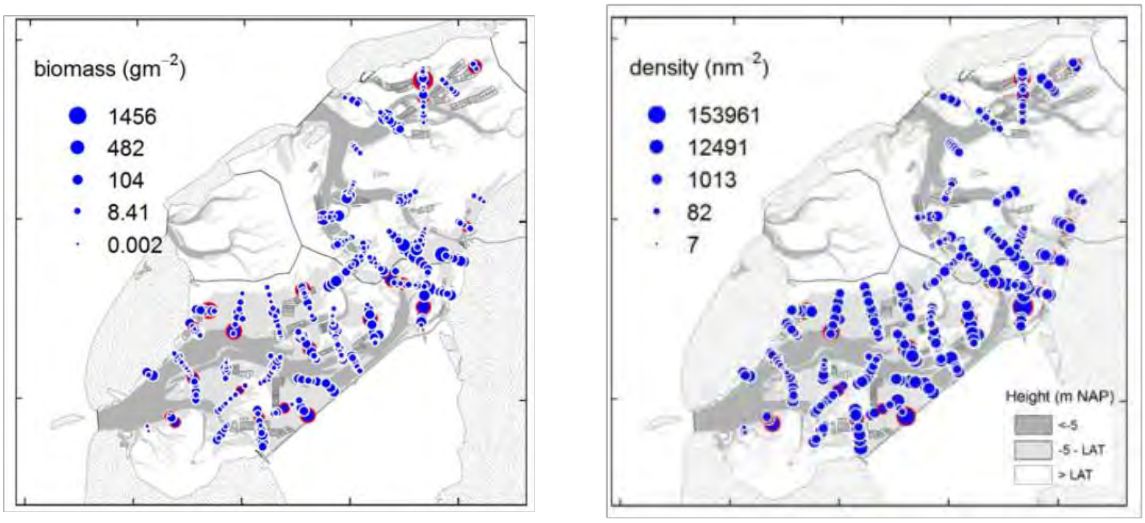
Macrozoöbenthos behoort tot ongewervelde dieren die op, in of bij de zeebodem leven (schelpdieren, (koker)wormen, slakken, stekelhuidigen en kreeftachtigen). Veel voorkomende soorten in en op de bodem zijn wormen zoals zandzagers (*Nepthys* spp.), schelpkokerwormen (*Lanice conchilega*) en borstelwormen (*Spio* spp.), schelpdieren zoals mossel (*Mytilus edilus*), nonnetje (*Macoma balthica*), strandgaper (*Mya arenaria*) en Japanse oester (*Crassostrea gigas*), kreeftachtigen zoals de strandkrab (*Carcinus maenas*) en grijze garnaal (*Crangon crangon*), en soorten op hard substraat, zoals de zeeanjelier (*Metridium senile*), zakpijpen, zeesterren, zeenaaktslakken en wieren. Deze benthische ongewervelde gemeenschap vormt een belangrijke component in het sublitorale ecosysteem van de Waddenzee. Ze bevorderen de remineralisatie van afgestorven organisch materiaal en versnellen daarmee de primaire productie. Op hun beurt is het macrozoöbenthos weer een voedselbron voor andere ongewervelde dieren, vissen en vogels. Het is bekend dat de biodiversiteit van het macrozoöbenthos over het algemeen hoger is in het sublitoraal dan in het litoraal, en dan met name rondom sublitorale mosselbanken en Japanse oesterbanken, waar de biodiversiteit twee keer zo hoog kan zijn dan op plekken zonder mosselen/ oesters (Smaal et al. 2013; Dekker & Drent 2013).

De samenstelling van de sublitorale macrozoöbenthos gemeenschap nu, onderzocht in het westelijk deel van de Waddenzee, is heel anders geworden vergeleken met 1981/82 (Dekker & Drent 2013). Het meest opvallend is de opkomst van invasieve soorten: terwijl de mossel in 1981/82 dominant was in termen van biomassa, droegen in 2008 de strandgaper en de Amerikaanse zwaardschede het meest bij aan de biomassa (Dekker & Drent 2013). Recente analyses van WMR (ongepubliceerde data) laten zien dat de biomassa sinds 2008 snel toeneemt in het sublitoraal van de westelijk Waddenzee. Mosselen, Japanse oesters en strandgapers hebben daarin een groot aandeel (Kamermans & Van Asch, in prep., Figuur 4).

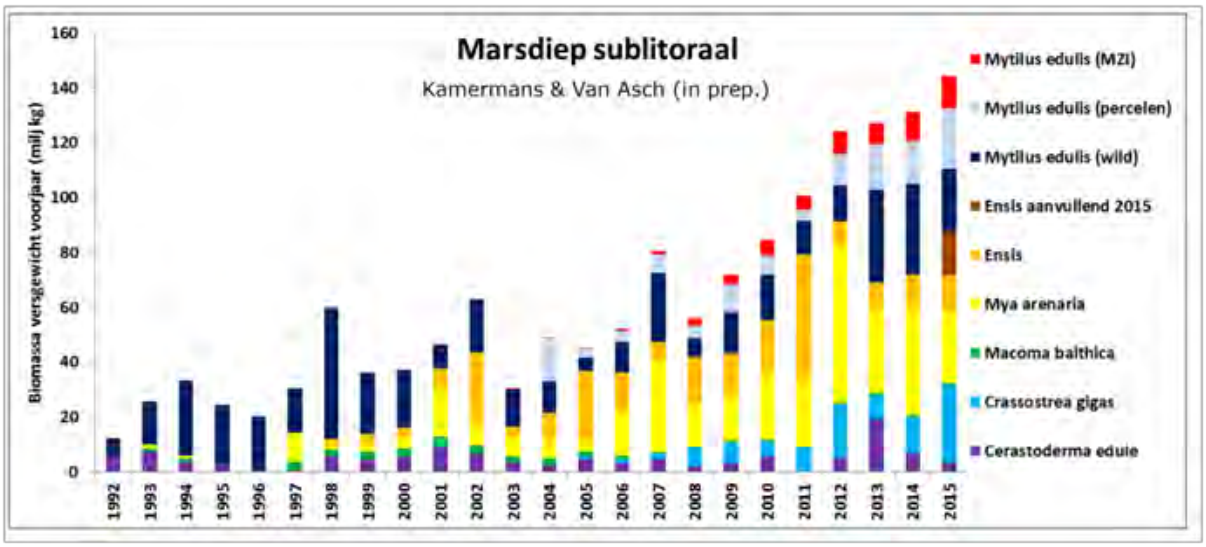
De gegevens over macrozoöbenthos komen voornamelijk uit de westelijke Waddenzee. Vanuit het verduurzamen van de schelpdiervisserij zijn er daar mossel- en macrobenthossurveys uitgevoerd (PRODUS, Marinx, WMR, NIOZ, Dekker & Drent 2013, Figuur 3). Binnen het MWTL-programma (Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands) worden ook sublitorale macrobenthosmonsters verzameld, hetzij op een beperkt aantal vaste locaties in de Waddenzee die voor een analyse van temporele en ruimtelijke patronen niet representatief zijn voor de hele Waddenzee. In 2015 en 2016 heeft het NIOZ in de Oostelijke Waddenzee op een 1 km grid het sublitoraal bemonsterd en analyse van deze monsters loopt momenteel nog. Een jaarlijkse Waddenzee brede survey voor het macrozoöbenthos in het sublitoraal ontbreekt, zoals die al wel bestaat voor het litoraal (SIBES-NIOZ).

Kennisleemten

De beschikbare gegevens over de verspreiding van macrozoöbenthos in het sublitorale deel van de Waddenzee zijn beperkt. Zo is er nog geen goed beeld over de ruimtelijke en temporele verspreiding van het sublitorale macrozoöbenthos en hoe ecologische/abiotische processen het functioneren van deze groep beïnvloeden. Hierbij kan de kanttekening geplaatst worden dat er wel meer bekend is over schelpdieren dan over wormen en andere soorten. Mechanismen achter de populatieontwikkelingen van het macrozoöbenthos in relatie to abiotische condities en menselijke activiteiten zijn nog moeilijk te achterhalen door de beperkte ruimtelijke en temporele resolutie van de huidige monitoring. Momenteel worden de gegevens van de westelijke Waddenzee wel nader uitgewerkt en zal inzicht geven in trends in tijd en verspreiding (Kamermans & Van Asch, in prep). Dr. Karin Troost (WMR) doet in opdracht van het ministerie van Economische Zaken onderzoek naar de ontwikkeling van sublitorale natuurwaarden in de gebieden die in 2014 zijn gesloten in het kader van het Mosselconvenant en Viswad en maakt in dit kader verspreidingskaarten van een aantal belangrijke soorten.



Figuur 3 Macrozoöbenthos biomassa (links) en dichtheden (rechts) in het sublitorale deel van de westelijke Waddenzee in de herfst van 2008. Monsterpunten met mosselen zijn aangegeven met een rode cirkel (figuur uit Drent & Dekker 2013).



Figuur 4 Ontwikkeling schelpdiersoorten in Marsdiep (figuur uit Powerpoint Jansen & Troost 2017; Kamermans & Van Asch (in prep.))

2.3 Biobouwers

Biobouwers die schelpenbanken en structuren vormen zoals Mosselen en Japanse oesters, spelen een belangrijke rol in het ecosysteem van de Waddenzee (Van der Zee *et al*. 2012, Christianen *et al.* 2015). In onderstaande paragraven worden ze nader besproken.

2.3.1 Mosselen en Japanse oesters

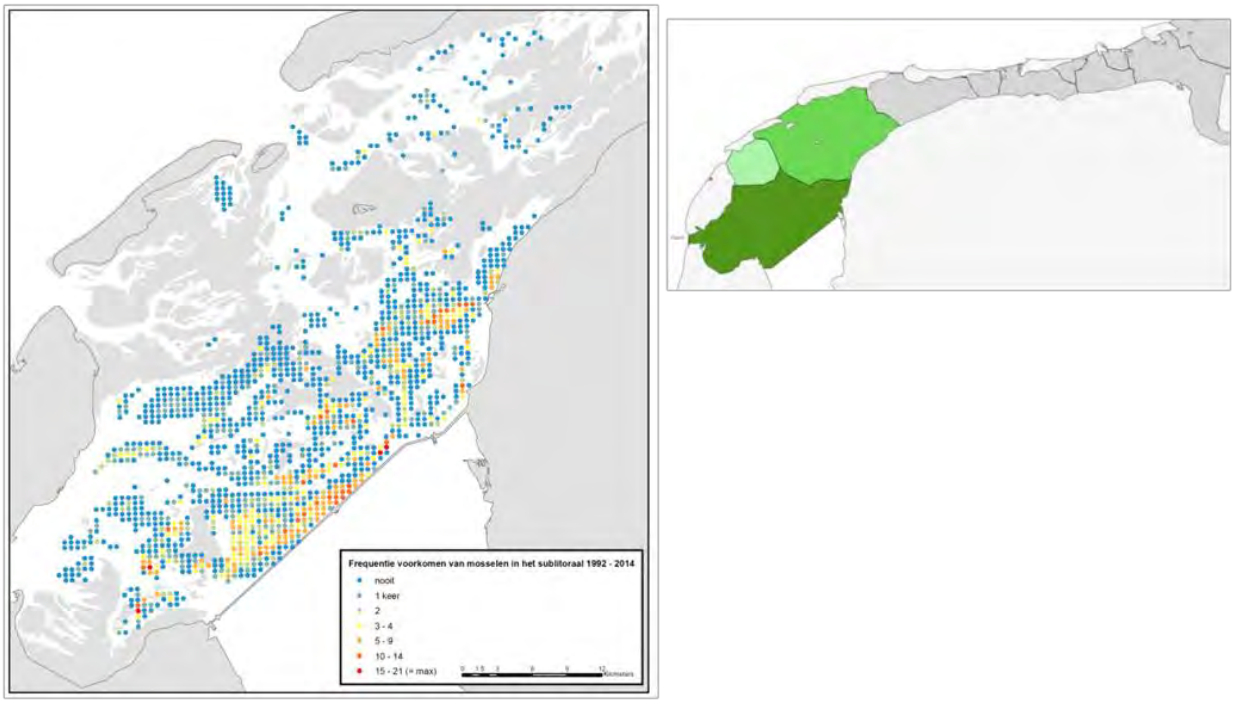
Huidige toestand

Mosselbanken zijn in de jaren '80 en '90 op grote schaal verdwenen, maar er hebben zich weer nieuwe banken kunnen vestigen, vaak samen met Japanse oesters. De verspreiding van sublitorale mosselen in de westelijke Waddenzee wordt door het RIVO (inmiddels WMR), en vanaf 2000 door Marinx, in opdracht van de PO-mosselcultuur al meer dan twintig jaar in kaart gebracht. Het voorkomen van mosselen sinds 1992 is weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6. De mosselzaadval in de Waddenzee is in 2016 heel goed geweest. Niet eerder sinds de metingen vanaf 1992 is er zoveel mosselzaad geweest als in het voorjaar van 2017 (ruim 70 miljoen kilogram mosselzaad). De zachte, relatief rustige winter van 2016/2017 zorgde ervoor dat een deel van het mosselzaad, dat in 2016 gevallen is, kon doorgroeien en de banken zijn niet beschadigd door zware stormen (rijkewaddenzee.nl; Wageningen Marine Research / Marinx). De huidige verspreiding van mosselen in het sublitoraal is vooral langs de Afsluitdijk in de kombergingsgebieden Marsdiep en Vlie, gebaseerd op de frequentiekaart van Troost et al. (2015), data van Produs (Smaal et al. 2014) en gegevens van de inventarisatie in het voorjaar 2017 (Marinx).

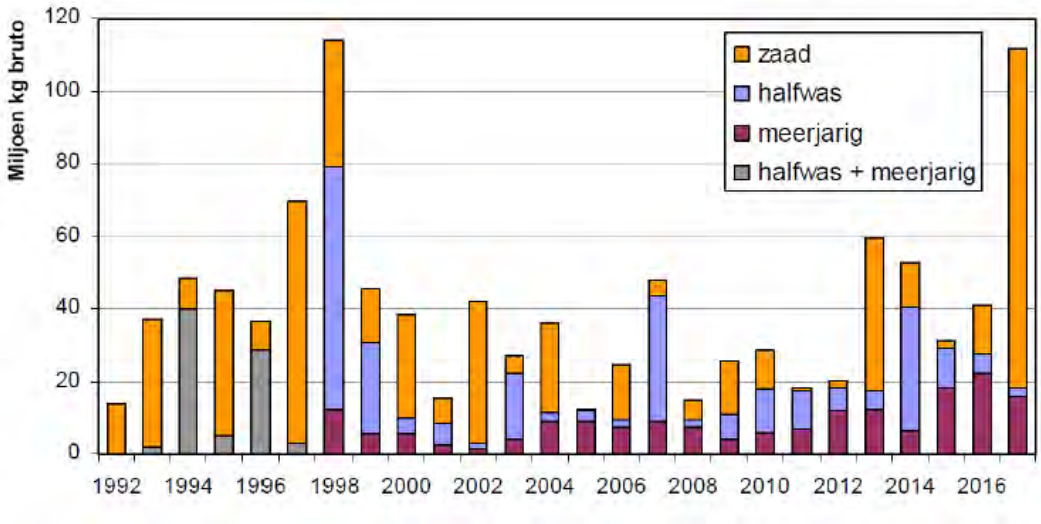
De Japanse oester is een exoot en komt van oorsprong niet in de Waddenzee voor. De soort is voor het eerst in Nederland geïntroduceerd in 1964 om deze soort voor de kweek te gebruiken (als alternatief voor de platte oester, waar het slecht mee ging). Door gunstige omstandigheden en juiste eigenschappen van de Japanse oester heeft deze biobouwer zich daarna snel verspreid en komt nu in de hele Waddenzee voor. Tegenwoordig vormen ze vaak met mosselen voor in gemengde banken. Het bestand aan Japanse oesters in het sublitoraal van de Waddenzee wordt elk jaar meegenomen met de najaarsinventarisatie van sublitorale mosselen in het westelijk deel van de Waddenzee (Marinx & Wageningen Marine Research), echter dit is vaak kwalitatief en echte aantallen zijn niet bekend. De meest recente openbare gegevens geven lage dichtheden aan (<5% bedekking) (Brummelhuis et al. 2012). De huidige verspreiding van Japanse oesters in het sublitoraal is vooral in de buurt van de Afsluitdijk in het kombergingsgebied Marsdiep, gebaseerd op de frequentiekaart van Troost et al. (2015) (Figuur 7), maar een Waddenzeebrede monitoring ontbreekt.

Kennisleemten

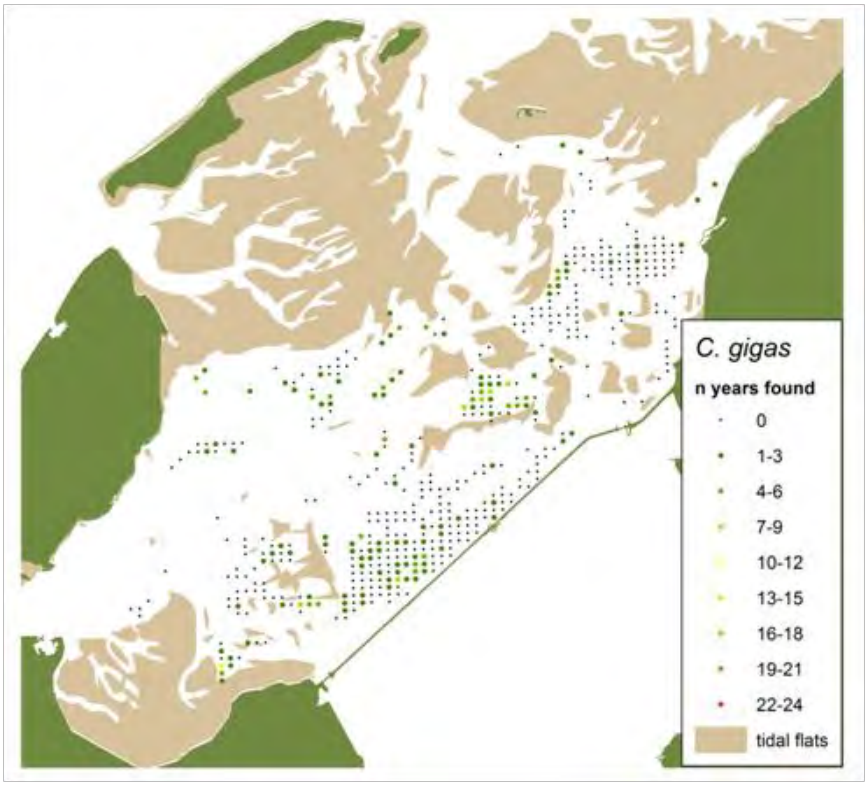
De monitoring die plaatsvindt aan sublitorale mosselen, Japanse oesters en andere bodemdieren beperkt zich grotendeels tot de westelijke Waddenzee. Alleen als er meldingen zijn van mosselzaadval worden ook andere gebieden geïnventariseerd. Het bestand aan sublitorale mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee wordt daardoor niet zo goed bemonsterd als de litorale banken. Dit leidt ertoe dat er geen Waddenzeebrede en jaarlijkse gegevens beschikbaar zijn van de verspreiding van de sublitorale mosselen en Japanse oesters. Mechanismen achter de aantalsontwikkelingen van sublitorale mosselen en Japanse oesters in relatie tot abiotische condities en menselijke activiteiten zijn nog moeilijk te achterhalen door de beperkte ruimtelijke en temporele resolutie van de huidige monitoring.



Figuur 5 Voorkomen sublitorale Mosselen in westelijke Waddenzee (aantal keer aangetroffen in periode 1992-2014) (links) en inzicht in hoeveelheid mosselbanken per kombergingsgbied (rechts) Donkergroen: veel mosselbanken; lichtgroen: weinig mosselbanken; grijs: geen data (Troost et al. 2015; Folmer 2017).



Figuur 6 Mossel biomassa (natgewicht) in sublitorale westelijke Waddenzee, met inzicht in populatie samenstelling (figuur uit Powerpoint Jansen & Troost 2017; gebaseerd op Van Stralen et al. 2016, 2017).



Figuur 7 Voorkomen sublitorale Japanse oester in westelijke Waddenzee (aantal keer aangetroffen in de periode tussen 1992-2014, figuur uit Troost et al. 2015).

2.3.2 Platte oester

Huidige toestand

Platte oesters kwamen vroeger talrijk voor in de sublitorale delen van de Nederlandse en Duitse Waddenzee. Vooral, in de grotere getijdengeulen, maar ook op ondieper gelegen delen in de Westelijke Waddenzee en tussen Vlieland en Terschelling (Gercken & Schmidt 2014; Van der Have & Van der Zee 2016). Echter, in de 19e en eerste helft van de 20e eeuw werden de aanwezige platte oesterbanken in de Waddenzee (en Noordzee) opgevist. Herstel werd belemmerd door de opkomst van mechanische boomkorvisserij en oesterziektes. Op dit moment zijn enkele waarnemingen van platte oesters in de Waddenzee bekend en er zijn plannen voor herstel van de platte oesterbanken in de Waddenzee (Programma Naar een Rijke Waddenzee). Voor herstel van platte oesterbanken is een combinatie nodig van geschikt hard substraat (voorkeur voor losse schelpen zoals oude kokkels etc.), een nabije bron van platte oester larven voor de jonge aanwas en uiteraard geschikte diepte, stroomsnelheid, sedimentcondities en voedselaanbod. Bodemberoerende activiteiten zoals boomkorvisserij en schelpenwinning staan herstel mogelijk in de weg.

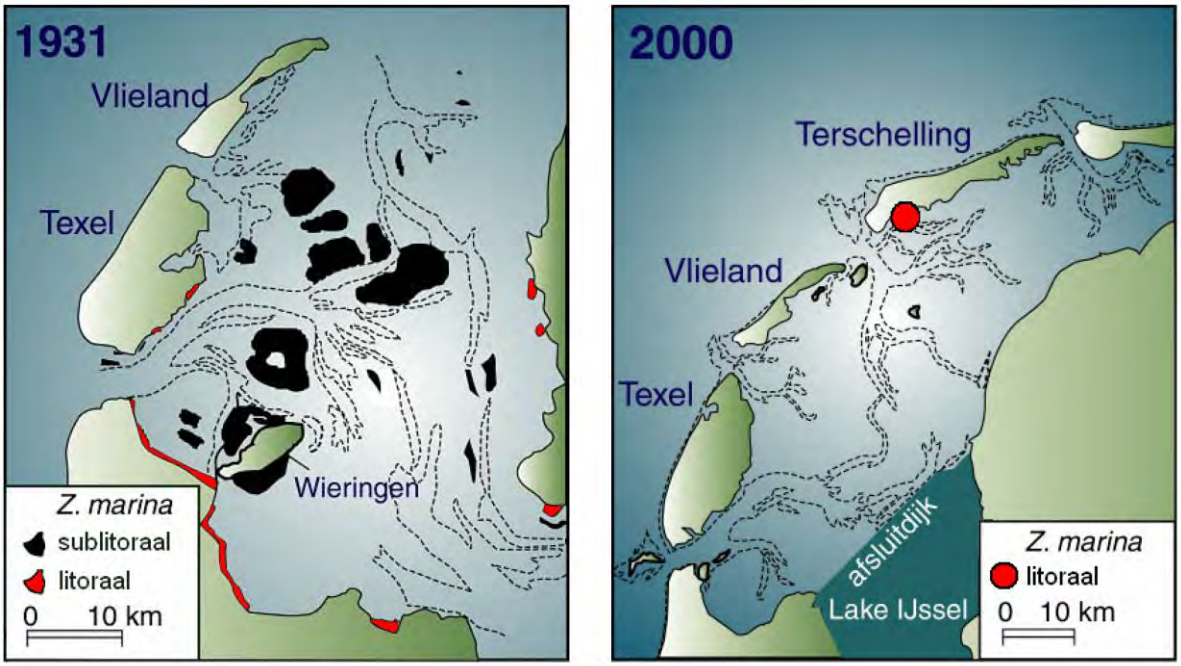
Kennisleemten

Het is nu nog onduidelijk waar losse individuen van de platte oesters exact voorkomen en wat de optimale condities in de Waddenzee zijn. Het is van belang te onderzoeken waar ze liggen, hoeveel het er zijn en hoe snel ze zich (zelf) kunnen uitbreiden, alvorens er vervolgstappen kunnen worden ondernomen.

2.3.3 Zeegras

Huidige toestand

Naast mosselen, Japanse en platte oesters, is ook zeegras een belangrijke biobouwer. Voor zover bekend, is sublitoraal zeegras verdwenen sinds de jaren '30 en nog steeds afwezig in de Nederlandse Waddenzee. Voor het litorale zeegras is recent een uitgebreide kansenkaart verschenen (Folmer et al. 2016). De meest recente kansenkaart voor sublitoraal zeegras dateert uit 2006 (Van der Heide et al. 2006). Voor groeimogelijkheden van sublitoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee is de troebelheid van de Waddenzee momenteel te hoog. Plaatselijk, bijvoorbeeld in ondiepe geultjes, is doorzicht misschien wel goed genoeg, maar er spelen ook andere factoren een rol die limiterend zijn voor de groei van zeegras, zoals concurrentie met wieren, golfslag, afwezigheid van een grote bronpopulatie en grote zoutfluctuaties (Van der Heide et al. 2006, Folmer et al. 2016).



Figuur 8 Verspreiding in de westelijke Waddenzee van sublitorale (zwart) en litoraal (rood) Groot zeegras in 1931 en 2000 (figuur uit Wanink & van de Graaf 2008).

Kennisleemten

Over de verspreiding van en mogelijkheden voor sublitoraal zeegras in de Waddenzee is nog weinig bekend en gebaseerd op de huidige abiotische condities is de kans op herstel laag. Een verdiepende, uitgebreidere habitatgeschiktheidskaart waarbij abiotische condities gekoppeld worden aan voorkomen van sublitoraal zeegras (in bijvoorbeeld de Duitse Waddenzee bij Sylt) en gemodelleerde verspreiding kan mogelijk nieuwe inzichten opleveren. Hoewel zaaiproeven van (sub)litoraal zeegras in het veld en laboratorium veel nieuwe informatie opleveren, zijn de resultaten tot dus ver niet veelbelovend.

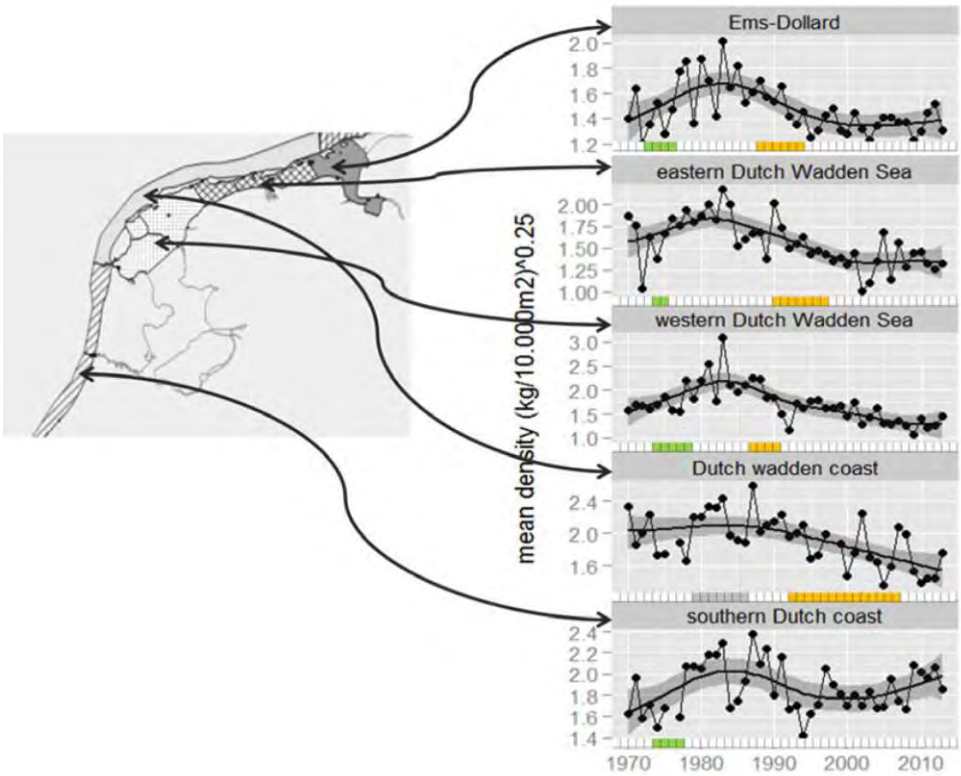
2.4 Vis

Huidige toestand

Vissen gebruiken de Waddenzee om voedsel te zoeken, om te schuilen, om eieren af te zetten of om op te groeien. In de Waddenzee komen vissoorten voor die het gebied als opgroeigebied gebruiken, er zijn soorten die er de hele levenscyclus verblijven (residente soorten) en er zijn trekvissen die de Waddenzee op doortrek gebruiken. Verschillende studies laten zien dat de dichtheid van verschillende vissoorten tegenwoordig beneden het lange termijn gemiddelde ligt, dat soortensamenstelling en grootte/leeftijd van de vis verandert en dat de aantallen de afgelopen 40 jaar zijn gedecimeerd (Figuur 9). Lange termijn vismonitoring in de Waddenzee (gehele Nederlandse Waddenzee en deels Duits) gebeurt middels de Demersal Fish Survey (Wageningen Marine Research, sinds 1970) en de monitoringsfuik in het Marsdiep (NIOZ, sinds 1960).

Kennisleemten

Van der Veer & Tulp (2015) stellen als hypothese dat een combinatie van factoren effect heeft op de visgemeenschap in de Waddenzee. Met name watertemperatuur, habitatdestructie, predatie, hydrodynamische condities en visserij worden genoemd als mogelijke verklaringen. Garnalenvisserij kan via bijvangst, via effecten op de bodem en via voedselwebinteracties effect op de visstand hebben (bijv. Glorius et al. 2015; Folmer & van der Meer 2016; Folmer 2017). Maar veel is nog onduidelijk. Om verklaringen te vinden voor ontwikkelingen in de aanwezigheid van de verschillende soorten vis in de Waddenzee is een soortspecifieke aanpak nodig waarbij meer kennis wordt verkregen over abiotische voorkeuren en habitateisen van specifieke soorten (Tulp et al. 2017).



Figuur 9 Gemiddelde dichtheid van demersale vissoorten in de Nederlandse kustzone, gebaseerd op DFS data. Groen laat een periode van toename zien, oranje van afname en wit van stabiele dichtheden (figuur uit Tulp & Van der veer 2015).

2.5 Vogels

Huidige toestand

Vogels die gebruik maken van het sublitoraal zijn vooral overwinterende eendensoorten die voedsel zoeken, met name op sublitorale mosselenbanken een geassocieerde fauna. Maar ook soorten die foerageren op vis zoals sterns, zaagbekken en aalscholvers. Door natuurbescherming en het inrichten van vogelreservaten zijn de populaties grote sterns en (duik)eenden, toegenomen en zijn de aantallen broedvogels in de Waddenzee vele malen hoger dan rond 1900, maar een aantal soorten neemt de laatste jaren af zoals de eidereend (Arts et al. 2016), aalscholver en sterns (www.sovon.nl). Voor andere soorten fluctueren de aantallen sterk en zijn er voorbeelden van perioden waarin extreme voedselschaarste grote sterfte onder vogels, zoals eidereenden, veroorzaakt heeft. Zowel natuurlijke als menselijke activiteiten spelen hierbij een rol.

Kennisleemten

Voorspellingen voor aantalsontwikkelingen van vogels zijn lastig te maken omdat de vogels die gebruik maken van het sublitorale deel van de Waddenzee beïnvloed worden door allerlei factoren zoals voedselbeschikbaarheid, klimaatverandering, habitatdestructie in broedgebieden en overwinteringsgebieden en predatie. Om verklaringen te vinden voor ontwikkelingen in de aanwezigheid van de verschillende soorten vogels die gebruik maken van het sublitoraal is soortspecifiek onderzoek nodig. Als de rust op het water gewaarborgd wordt en er genoeg voedsel (schelpdieren en vis) is in het sublitoraal, zijn de specifieke milieucondities lokaal (Nederlandse Waddenzee) in principe aanwezig voor vogels die foerageren in het sublitoraal, al spelen uiteraard ook externe factoren een rol in de ontwikkeling in aantallen (bijv. kwaliteit broedgebied).

2.6 Zeezoogdieren

Huidige toestand

Rond 1900 leefden er naar schatting 10.000-20.000 gewone zeehonden in de Waddenzee, maar rond 1975 waren dit er nog maar 700. De grijze zeehond was al in de Middeleeuwen uitgestorven in de Waddenzee. Door afschaffing van de jacht en bescherming namen beide soorten sinds de jaren '70 weer toe. De afgelopen jaren kwamen er zo'n 8.000 - 10.000 gewone zeehonden en 3500 grijze zeehonden in de Nederlands Waddenzee voor. De laatste jaren lijkt de groei af te vlakken. Zeehonden worden jaarlijks meerdere keren Waddenzeebreed gemonitord door WMR en er vindt onderzoek plaats naar effecten van het steeds intensievere gebruik van de Waddenzee door recreanten, visserij, scheepvaart, baggeren en zandwinning.

In de Waddenzee en Zuiderzee leefden rond 1900 ook veel bruinvissen, toen daar nog veel ansjovis voorkwam. Vanaf 1950 werd de burinvis nauwelijks meer gezien, door oorzaken als de aanleg van de Afsluitdijk, vervuiling, dalende visstanden en aantasting van leefgebied. Sinds de jaren '90 zijn er wel weer meer waarnemingen van bruinvissen in de Waddenzee, mogelijk door verbeterde waterkwaliteit, voedselaanbod, en verschuivingen van de populatie.

Kennisleemten

Het is niet precies duidelijk wat bijvoorbeeld een mogelijke nieuwe ziekte-uitbraak doet met de populaties zeehonden, wat effecten van verstoring en visserij op de Waddenzee en Noordzee (waar de zeehonden met name foerageren) zijn en wat er op lange termijn gebeurt met zeespiegelstijging en het risico op het verdrinken van getijdeplaten. Daarnaast is er vooralsnog weinig kennis over welke gebieden belangrijk zijn voor de voedsel voorziening en wat voor effecten de zeehonden zelf hebben op de visstand. Echter, als de rust op de zandbanken gewaarborgd wordt en er genoeg voedsel (gezonde vis) is, zijn de specifieke milieucondities lokaal (Nederlandse Waddenzee) in principe aanwezig voor zeehonden (en bruinvissen), al spelen uiteraard ook externe factoren een rol in de ontwikkeling in aantallen(bijv. visstand op de Noordzee).

2.7 Aanvulling kennisleemten op basis van Ontwikkeltafel Sublitorale Waddenzee

Tijdens de Ontwikkeltafel (06-11-2017) zijn de kennisleemten en monitoring/kennisagenda verder besproken. Er werd door de deskundigen naar voren gebracht dat de onderwaternatuur qua abiotische processen nog erg onbekend is. Kennisleemten op het gebied van de abiotiek gaan vooral over:

- de structuur en type habitats onder water (stenen, veenblokken, dode schelpenbanken);
- het doorzicht (organisch / anorganisch), de bodemschuifspanning en substraat stabiliteit.

Wat betreft de biotische processen zijn er kennisleemten over:

- het fyto- en zoöplankton (productie, samenstelling);
- kleinere vis en hun habitats (kinderkamerfunctie) en predatorvissen;
- biotische structuren onder water en mobiele bodemdieren (Crustacea).

De ecologische processen zijn meer systeemgericht, maar vaak is het nog onduidelijk hoe koppelingen / interacties precies werken. Er zijn kennisleemten over:

- voedselwebinteracties;
- de kraamkamerfunctie van het sublitoraal;
- koppelingen tussen abiotiek - biotiek;
- rekrutering (populatiedynamica tweekleppigen).

Onderzoekstrategie

De bovengenoemde onderdelen, waar een kennisleemte over bestaat, zouden een plek kunnen krijgen in een basismonitoring in combinatie met procesgerichte monitoring. Onderzoek vindt nu nog vaak gefragmenteerd plaats, maar het streven is naar grote (zowel in ruimte als in tijd), geïntegreerde programma's van monitoring en onderzoek die langdurig lopen.

Pilots van relevantie zouden parallel aan monitoring kunnen lopen. Dit soort type onderzoek is soms de enige mogelijkheid om (op korte termijn) iets te meten, uit te proberen en/of te onderzoeken en heeft daarnaast ook een publieke functie. Relevant onderzoek krijg je door gedegen wetenschap en praktijkonderzoek gekoppeld aan monitoring. En er wordt momenteel belangrijk wetenschappelijk onderzoek gedaan in het kader van “learning by doing”, maar wel volgens de wetenschappelijke regels.

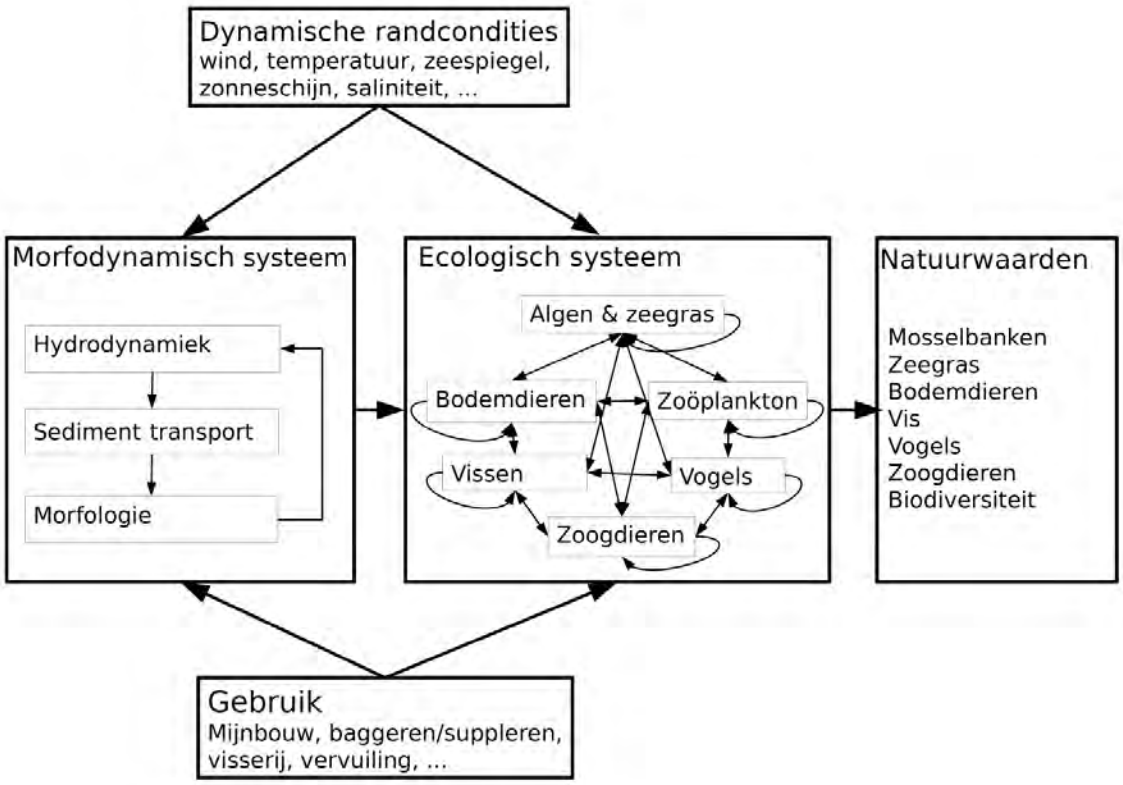
Samengevat zijn de drie grote pijlers voor nader onderzoek:

- Abiotiek (bodem en doorzicht)
- Biotiek (belangrijke functionele groepen/soorten, met name fytoplankton: de basis voor de voedselketen)
- Ecologische processen (belangrijke interacties tussen abiotiek - biotiek)

3 Invloeden op het sublitoraal

3.1 Introductie

Het voorkomen van primaire producenten en bodemdieren (en waarschijnlijk ook vis) in het sublitoraal van de Waddenzee wordt sterk gedreven door abiotische condities zoals zoutgehalte en temperatuur en de morfodynamiek zoals sedimentsamenstelling, stroomsnelheid, golfslag etc. (o.a. Ysebaert & Herman 2002, Folmer 2017, Figuur 10). Daarbij verschillen soorten sterk onderling in hun voorkeur voor bepaalde abiotische condities. Naast abiotiek, hebben ook menselijke activiteiten een grote invloed op het voorkomen van soorten. Menselijke activiteiten die effect hebben op het ecosysteem van de Waddenzee zijn o.a. vervuiling, kustverdediging, zandsuppleties, baggeren, schelpen- en zandwinning, mosselkweek/visserij, (garnalen)visserij, Noordzeevisserij, recreatie(vaart), scheepvaart, gaswinning, klimaatverandering en introductie van invasieve soorten (Wolff et al. 2010, Sas et al. 2016). Deze menselijke activiteiten kunnen direct de verspreiding van soorten in het voedselweb beïnvloeden (zoals bijv. overexploitatie door visserij) of indirect door de morfodynamiek en abiotische condities te veranderen (zoals bijv. door de bouw van de Afsluitdijk)(Figuur 10).



Figuur 10. Weergave van het morfodynamische en ecologische systeem van de Waddenzee in relatie tot abiotische randvoorwaarden en menselijk gebruik (figuur uit Folmer 2017).

In de volgende twee paragrafen wordt kort in gegaan op de abiotische condities, het menselijk gebruik en het effect daarvan op het sublitoraal. Hierbij wordt ook aangegeven wat er beschikbaar is aan kennis en waar verdieping van kennis nodig is.

3.2 Abiotiek

Om inschattingen te maken van de verspreiding (ruimtelijk) en ontwikkeling (temporeel) van soorten en ecologische gemeenschappen in het sublitoraal (en daarmee de natuurwaarden) is het van belang om de relevante ecologische relaties te begrijpen tussen soorten, gemeenschappen en abiotische condities (Folmer et al. 2016, Folmer 2017). Voor veel van deze abiotische condities zijn gegevens beschikbaar die kunnen worden gebruikt bij het in kaart brengen van de verspreiding van soorten in het sublitoraal. Voor zover bekend zijn er (gemodelleerde) data beschikbaar van sediment (AufMod project, MWTL), droogligduur, bodemschuifspanning, orbitaalsnelheid, saliniteit, morfodynamiek (sedimentatie en erosie) (Elias et al. 2012, Grawe et al 2016, Donker 2015, data van RWS) in het sublitoraal van de Waddenzee.

Analyses waarbij deze abiotiek gekoppeld wordt aan verspreiding van soorten en menselijk gebruik moeten uitwijzen of de resolutie (in ruimte en tijd) van de huidige abiotische gegevens voldoende is. Daarbij is er ook nog het element van natuurlijke dynamiek ('toeval)' van belang, in het systeem waar minder grip op te krijgen is, maar wat wel de ontwikkeling en verspreiding van soorten bepaalt. Het ene jaar kan er bijvoorbeeld een betere broedval zijn van een bepaalde soort dan het andere jaar, en eens in de zoveel tijd breken ziekten uit die een effect kunnen hebben op de populatie van een soort.

3.3 Antropogene effecten

Effecten van menselijke activiteiten zijn divers: bijvoorbeeld garnalenvisserij kan via bijvangst, via bodemberoering en via voedselwebinteracties effect hebben op de visstand (Glorius et al. 2015, Folmer & van der Meer 2016). Bodemvisserij kan de complexiteit van de zeebodem en biogene structuren aantasten (Kaiser et al 2006) en tot lagere schelpdierdichtheden leiden (Duineveld et al., 2007). Zandsuppleties zorgen ervoor dat de bodemfauna in het suppletiegebied armer aan soorten is en ook de biomassa lager is na suppletie en dat het 5 jaar kan duren voor herstel volledig optreed (Essink 2005). En de Afsluitdijk heeft tot grote veranderingen geleid in sedimentatie en erosieprocessen in de Westelijke Waddenzee en deze ontwikkelingen zullen zich de komende decennia nog voortzetten voordat er weer een natuurlijk evenwicht is (Elias et al. 2012).

Welke van deze activiteiten het meest effect hebben op het sublitoraal van de Waddenzee is deels nog onbekend. Wel wordt de afgelopen jaren steeds vaker de zorg geuit dat vooral bodemberoerende activiteiten (zoals boomkor- en garnalenvisserij, zandwinning, etc.) in de Waddenzee een rijk bodemleven en een rijk voedselweb in de weg staan. Waddenzee experts wijzen ook in deze richting en beoordeelden de garnalenvisserij, Noordzeevisserij, mosselvisserij, sleepnetvisserij en havenactiviteiten als meest negatief voor het Waddenzee ecosysteem (Sas et al. 2016). Meerdere wetenschappelijke artikelen laten zien dat bodemberoerende visserij in verschillende gebieden in de wereld voor sterke verstoring van de bodem zorgt en daardoor negatief effect heeft op levensgemeenschappen en habitats (e.g. Watling & Norse 1998, Van Moorsel & van Leeuwen 2013 en referenties daarin). Vooral door de vaak grote ruimtelijke en temporele schaal waarop de bodemberoerende visserij plaatsvindt, maakt de impact van deze vormen van visserij groot (Folmer 2017). Maar aangezien de Waddenzee een zeer dynamisch gebied is, zal de impact van bodemberoerende activiteiten op de benthische habitats en soorten sterk afhangen van de mate waarin de habitats ook door de natuurlijke ‘lokale‘ dynamiek verstoord worden. Dit vergt nader onderzoek specifiek in de Waddenzee op het gebied van bodemberoerende activiteiten in relatie tot verspreiding van soorten en abiotiek. In beperkte mate en resolutie zijn ruimtelijke en temporele gegevens beschikbaar van de intensiteit van de garnalenvisserij (WMR), en bagger, schelp- en zandwinlocaties (WaLTER, Overheid).

Om uitspraken te kunnen doen over hoe de effecten van menselijke (bodemberoerende) activiteiten doorwerken op verspreiding van soorten en ontwikkelingen in de tijd, is een combinatie van twee onderzoekslijnen nodig. Enerzijds is grootschalige meerjarige monitoring nodig en anderzijds gerichte oorzaak-gevolg studies (zoals Before-After-Control-Impact analyse in gebieden waar niet meer gevist wordt) en gerichte kleinschalige studies in deelgebieden.

Box 1. De diagnose (huidige toestand) van het sublitoraal van de Waddenzee

Tijdens de Ontwikkeltafel Sublitorale Waddenzee werd de vergelijking gemaakt met een huis, dat staat voor de biotische relaties (voedselweb). De uitbouw van het huis geeft de aanwezigheid van exoten in het systeem aan, en het dak lekt omdat de toppredatoren (haaien, roggen, kabeljauw, bruinvissen, tuimelaars) van het sublitoraal sterk zijn afgenomen. De basisfundering van het huis is verzwakt omdat het sublitorale zeegras is verdwenen en vanwege veranderingen in andere biobouwers, zoals mosselen, oesters en Sabellaria. Garnalen en krabben zijn in het voedselweb oververtegenwoordigd en verschillende exoten zijn in biomassa toegenomen, hetgeen resulteert in een 'scheef voedselweb'.

Deze diagnose is niet los te zien van ontwikkelingen in het verleden en de natuurlijke dynamiek. Mogelijke oorzaken voor de huidige toestand zijn o.a. menselijke ingrepen die het systeem van de Waddenzee hebben veranderd (en dat nog steeds aan het veranderen is), zoals de aanleg van de Afsluitdijk en drooglegging (effecten op abiotiek en biotiek), bodemberoering, visserij (ook op de Noordzee) en introductie van exoten.

4 Suggesties voor kennisagenda

Onderzoek en beleid

Op basis van voorgaande hoofdstukken, komt naar voren dat er een gebrek is aan gegevens en inzicht in de verspreiding van soorten en de daarbij horende ecologische en antropogene processen in het sublitorale deel van de Waddenzee.

Om deze kennisleemten op te vullen, kan gedacht worden aan de volgende bouwstenen/onderdelen voor de kennisagenda sublitoraal:

- Alle tot nu toe beschikbare gegevens bij elkaar brengen en analyseren om meer inzicht te krijgen in verspreiding van soorten en ecologische processen in relatie tot abiotiek en menselijk gebruik (bijvoorbeeld via een centrale database/gemeenschappelijke project waarbij ook gedacht kan worden aan gegevens vanuit de Duitse en Deense Waddenzee).

- Ecosysteemverbetering zou zich moeten richten op functionele (soort)groepen, waarbij de Waddenzee zelf ook een functie vervult voor bepaalde (soort)groepen.
    - Daarbij bestaat een compleet voedselweb uit verschillende trofische niveaus (hoge primaire productie, grote bodemdieren, consumenten en toppredatoren), een hoogdynamisch systeem, functionaliteit, historie en een diversiteit aan habitats.

- Jaarlijks, naast het litorale, ook het sublitorale deel van de Waddenzee grootschalig (in ruimte en tijd) bemonsteren op macrobenthos, mosselen en oesters. Deze bemonstering kan ondergebracht worden in al bestaande surveys zoals SIBES en MWTL of een nieuw plek krijgen in de basismonitoring van de Waddenzee.

- Drie grote pijlers voor de kennisagenda zijn: abiotiek (bodem en doorzicht), biotiek (belangrijke functionele groepen / soorten, met name plankton: de basis voor de voedselketen) en ecologische processen (belangrijke interacties tussen abiotiek - biotiek)

- Relevant onderzoek wordt gevormd door gedegen wetenschappelijk en praktijkonderzoek gekoppeld aan (basis)monitoring.

- Meer soort-specifiek onderzoek naar vis in relatie tot watertemperatuur, habitatdestructie, predatie, hydrodynamische condities en visserij.

- Abiotische condities worden grotendeels al Waddenzee breed gemonitord of gemodelleerd. Of een hogere resolutie in ruimte en tijd van deze gegevens nodig, moet blijken uit analyses waarin abiotiek aan biotiek en menselijk gebruik wordt gekoppeld.

- Om ook de effecten van bodemberoerende activiteiten op de bodemgemeenschap in kaart te brengen, is nader onderzoek nodig. Deels gebeurt dit al, maar meer inzicht is nodig in bodemberoering door bodemberoerende activiteiten als mosselzaadvisserij, garnalenvisserij, schelpenwinning, zandwinning en baggeren in relatie tot de verspreiding van soorten en abiotiek.

- Monitoring, goed en langdurig, na sluiting van gebieden zoals nu gebeurt in het kader van VisWad in relatie tot controle gebieden of met een Before-After-Control-Impact analyse (BACI).

- Learning by doing. Bijvoorbeeld door het monitoren van gesloten gebieden na sluiting, kleinschalige lokale monitoring met hoger detail (bijv. voor Platte oester die in grote surveys gemist kan worden en indien gewenst verrijken van onderwaternatuur).

- Lokale innovaties, dichter bij de praktijk, kunnen win-win situaties opleveren (vb. voedseloogst, link met ecologische functies: oesterlarven verspreiden, kokkelkweek).

5 Referenties

Arts, F. A., S. Lilipaly, P.A. Wolf & L. Wijnants (2016). Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2015 en januari 2016. Rapport RWS – Centrale Informatievoorziening. Rapport BM 16.07

Bijleveld, A.I., & E.O. Folmer (2017). Wat verklaart de grootschalige ecologische ontwikkelingen in de Waddenzee? Implicaties voor monitoring, onderzoek en beleid. NIOZ

Cervencl, A., K. Troost, E. Dijkman, M. de Jong, C.J. Smit, M.F. Leopold & B.J. Ens (2015). Distribution of wintering Common Eider *Somateria mollissima* in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. Marine Biology 162: 153-168

Christianen, M.J.A., S.J. Holthuijsen, E.M. van der Zee, A. van der Eijk, L.L. Govers, T. van der Heide, H. de Paoli & H. Olff (2015). Ecotopen- en Kansrijkdomkaart van de Nederlandse Waddenzee. Waddensleutels rapportnummer 2015.04.01

Compton, T.J., S. Holthuijsen , A. Koolhaas, A. Dekinga , J. ten Horn , J. Smith, Y. Galama, M. Brugge, D. van der Wal, J. van der Meer, H.W. van der Veer & T. Piersma (2013). Distinctly variable mudscapes: Distribution gradients of intertidal macrofauna across the Dutch Wadden Sea. Journal of Sea Research 82: 103–116

CWSS: Z. Jager, L. Bolle, A. Dänhardt, B. Diederichs, T. Neudecker, J. Scholle, R. Vorberg (2009). Fish. Thematic Report No. 14. In: Marencic, H. & Vlas, J. de (Eds.), 2009. Quality Status Report 2009. WaddenSea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany

Dankers, N. & F. Fey-Hofstede (2015). Een zee van Mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Lisse, pp. 108

Dekker, R. & J. Drent (2013). The macrozoöbenthos in the subtidal of the western Dutch Wadden Sea in 2008 and a comparison with 1981-1982. NIOZ-Report 2013-5.

Donker, J.J.A. (2015). Thesis: Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Department Physical Geography Faculty of Geosciences - Utrecht University. ISSN 2211-4335

Duineveld, G.C.A.; Bergman, M.J.N.; Lavaleye, M.S.S. (2007). Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. ICES Journal of Marine Science 64(5): 899-908

Elias, E.P.L., A.J.F. v.d. Spek, Z.B. Wang & J.D. Ronde (2012). Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. Netherlands Journal of Geosciences, 91, 293-310.

Essink, K. (2005) Bodemfauna en beleid. Een overzicht van 35 jaar bodemfauna onderzoek en monitoring in Waddenzee en Noordzee. Report No. RWS/RIKZ-2005.028, RIKZ, Haren

Folmer, E.O. J. Drent, K. Troost, H. Büttger, N. Dankers, J. Jansen, M. van Stralen, G. Millat, M. Herlyn, C.J.M. Philippart (2014) Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) Bed Coverage in the German and Dutch Wadden Sea. Ecosystems 17: 550. https://doi.org/10.1007/s10021-013-9742-4

Folmer, E.O., J.E.E. van Beusekom, T. Dolch, U. Gräwe, M.M.van Katwijk, K. Kolbe & C.J.M. Philippart (2016). Consensus forecasting of intertidal seagrass habitat in the Wadden Sea. Journal of Applied Ecology 53: 1800-1813.

Folmer, E.O. & J. van der Meer (2016). Sample size requirements for testing the effectiveness of pulse gear for reducing discards in shrimp fisheries - a power analysis. Tech. Rep. 2016-2, NIOZ Royal Netherlands Institute for Sea Research, Texel.

Folmer, E.O (2017). Systematiek voor de bescherming van sublitorale natuur in de Waddenzee - perspectieven voor het convenant Viswad. Ecospace Ecological Research and Consultancy.

Gercken, J. & A. Schmidt (2014). Current Status of the European Oyster (*Ostrea edulis*) and Possibilities for Restoration in the German North Sea 2014. BFN report.

Gittenberger, A., M. Rensing, R. Dekker, P. Niemantsverdriet, N. Schrieken & H. Stegenga (2015). Native and non-native species of the Dutch Wadden Sea in 2014. GiMaRIS 2015_08

Glorius, S., A. Rippen, M. de Jong, B. van der Weide, J. Cuperus, A. Bakker en M. van Hoppe (2014). De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009-2013. IMARES Wageningen UR. Rapport C109.14

Glorius, S., J. Craeymeersch, T. van der Hammen, A. Rippen, J. Cuperus, B. van der Weide, J. Steenbergen & I. Tulp (2015). Effecten van garnalenvisserij in Natura 2000 gebieden. IMARES Rapport C013/15

Gräwe, U., Flöser, G., Gerkema, T., Duran-Matute, M., Badewien, T.H., Schulz, E. & Burchard, H. (2016). A numerical model for the entire Wadden Sea: Skill assessment and analysis of hydrodynamics. J. Geophys. Res. Oceans. 121, 5231–5251

Kaiser, M.J., K.R. Clarke, H. Hinz, M.C.V. Austen, P.J. Somerfield, I. Karakassis (2006). Global analysis of response and recovery of benthic biota to fishing. Marine Ecology Progress Series 311: 1-14

Kromkamp, J.C., C.J.M. Philippart (2015). Primaire productie in het waddengebied: meten en berekenen. NIOZ Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee. NIOZ Rapport 2015-3.

Lotze, H.K, K. Reise, B. Worm, J. van Beusekom, M. Busch, A. Ehlers, D. Heinrich, R.C. Hoffmann, P. Holm, C.Jensen, O.S. Knottnerus, N. Langhanki, W. Prummel, M. Vollmer, W.J. Wolff (2005). Human transformations of the Wadden Sea ecosystem through time: a synthesis. Helgoland Mar Res 59:84–95.

Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke RG, Kay MC, Kidwell SM, Kirby MX, Peterson CH, Jackson JBC. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. Science 312:1806–9

Reise, K. (2005) Coast of change: habitat loss and transformations in the Wadden Sea. Helgoland Marine Research 59: 9–21.

Riegman (2014). Schatting van de primaire productie in de Waddenzee in de laatste drie decennia. Imares. Rapport C186/13.

Sas, H., J. Bazelmans, H. Lindeboom, T. Oegema, M. de Jong & K. Nackenhorst (2016). Opzet en resultaten van het Waddenhuisberaad. Programma Naar Een Rijke Waddenzee & Waddenacademie.

Smaal, A.C., J. Craeymeersch, J. Drent, J.M. Jansen, S. Glorius & M.R. van Stralen (2013). Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. Rapport C006/13 PR1

Smaal, A.C., A.G. Brinkman, T. Schellekens, J. Jansen, A. Agüera & M.R. van Stralen (2014). Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport. IMARES Wageningen UR rapport C066.14

Troost, K. (2010). Causes and effects of a highly successful marine invasion: Case-study of the introduced Pacific oyster Crassostrea gigas in continental NW European estuaries. Journal of Sea Research 64: 145–165

Troost, K., M. van Stralen, C. van Zweeden & B. Brinkman (2015). Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992-2013. IMARES Wageningen UR. Rapport C062/15

Tulp, I., H.W. van der Veer, P. Walker, L. Van Walraven, L. J. Bolle (2017). Can guild- or site-specific contrasts in trends or phenology explain the changed role of the Dutch Wadden Sea for fish? Journal of Sea Research 127: 150–163.

Tulp, I., P. Walker & A. Dänhardt (2017). Presentation Swimway Strategy. QSR fish, fisheries and the Swimway strategy, Tønder, 9 May 2017,

Van der Have, T.M. & Van der Zee, E. (2016). Terugkeer van de platte oester in de Waddenzee. Verkenning naar een mogelijk herstel van platte oesterbanken in de Waddenzee. Bureau Waardenburg en Altenburg & Wymenga Rapportnr. 16-091, Culemborg i.o.v. Programma naar een Rijke Waddenzee.

Van der Heide, T., M.M. van Katwijk, G.W. Geerling (2006). Een verkenning van de groeimogelijkheden van ondergedoken Groot zeegras (Zostera marina) in de Nederlandse Waddenzee

Van Moorsel, G. & S. van Leeuwen (2013). Effecten van menselijk gebruik op mariene weekdieren in Nederland. Achtergrondrapport bij: Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Ecosub & Stichting Anemoon

Van der Veer, H.W., R. Dapper, P.A. Henderson, A.S. Jung, C.J.M. Philippart, J.IJ. Witte, A.F. Zuur (2015). Changes over 50 years in fish fauna of a temperate coastal sea: Degradation of trophic structure and nursery function. Estuarine, Coastal and Shelf Science 155: 156-166

Van der Veer, H.W. & Tulp, I. (2015). Insight in status and functioning of the Wadden Sea fish fauna - summary of current knowledge and research agenda. Tech. rep., Programma naar een Rijke Waddenzee, Leeuwarden.

Wanink, J.H. & A.J. van der Graaf (2008). Zeegras in de Waddenzee. Rol in de Waddenzee en in Nederland, kansen in de toekomst en wettelijk kader. Koeman en Bijkerk bv. Rapport 2008-002.

Watling, L. & E.A. Norse (1998). Disturbance of the Seabed by Mobile Fishing Gear: A Comparison to Forest Clearcutting. Conservation Biology 12: 1180-1197.

Wolff, W.J., J.P. Bakker, K. Laursen & K. Reise (2010). The Wadden Sea Quality Status Report - Synthesis Report 2010. Wadden Sea Ecosystem No. 29. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven, Germany

Ysebaert, T. & P.M.J. Herman (2002). Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. Mar Ecol Prog Ser 244: 105-124

https://rijkewaddenzee.nl/nieuws

http://www.wur.nl/nl/Dossiers/dossier/Zeehonden.htm

PROGRAMMA NAAR EEN RIJKE WADDENZEE

Zuidersingel 3, 8911 AV Leeuwarden

info@rijkewaddenzee.nl
www.rijkewaddenzee.nl

RijkeWaddenzee