

**Systematiek voor de bescherming
van sublitorale natuur in de
Waddenzee - perspectieven voor het
convenant Viswad**

Eelke Folmer

9 juni 2017

Samenvatting

Binnen het convenant Viswad wordt gestreefd naar een beleid dat een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van de Waddenzee mogelijk maakt waarbij perspectief voor een economisch rendabele garnalenvisserij behouden wordt. Omdat garnalenvisserij gepaard gaat met bijvangst en bodemberoering is sluiting van gebieden een belangrijke maatregel in het convenant. Er wordt tevens gezocht naar technische maatregelen die natuurlijke ontwikkeling kan stimuleren; deze maatregelen worden natuurmaatregelen genoemd. De keuze van gebieden dient gebaseerd te zijn op de verwachte ontwikkelingen van de natuurwaarden die ten gevolge van sluiting zullen plaatsvinden. Het is een ingewikkelde opgave om natuurwaarden te duiden en verwachtingen te genereren over toekomstige ontwikkeling met of zonder garnalenvisserij. Voor identificatie van gebieden op basis van (potentiële) natuurwaarden is waardering nodig van de combinatie van populaties, leefgemeenschappen en habitats die de totale natuurwaarde reflecteert. Een dergelijk proces is inherent subjectief omdat waardering gebaseerd is op ethische en esthetische argumenten. Verder is voor het maken van prognoses over natuurontwikkeling die volgt op uitsluiting van visserij kennis nodig over de verspreiding van populaties/leefgemeenschappen/habitats en over relevante ecologische en morfodynamische processen in het dynamische Waddenzee ecosysteem. Veel essentiële kennis over verspreidingen en ecologische processen ontbreekt.

Ondanks deze beperkingen is het mogelijk om met behulp van principes uit de wetenschappelijke discipline *Systematic Conservation Planning* (SCP) ondersteuning te bieden voor besluitvorming rondom sluiting van gebieden. In dit rapport worden kort de principes van SCP beschreven die o.a. gebruikt kunnen worden om op reproduceerbare wijze subjectieve natuurwaarden te specificeren en besluitvorming onder onzekerheid te ondersteunen. Belangrijke elementen van SCP betreffen het opstellen van conceptuele modellen, compilatie van data en de ontwikkeling van ruimtelijke verspreidingsmodellen. Daarom worden in dit rapport de beschikbaarheid en kwaliteit van verschillende soorten data die nodig zijn voor analyses ter onderbouwing van beleid gepresenteerd. Dit betreffen sublitorale gegevens over verspreiding van benthos en vis, abiotische condities en menselijk gebruik zoals garnalenvisserij, baggerwerkzaamheden, schelpen- en zandwinning.

Een belangrijke conclusie van deze studie is dat door gebrek aan data en inzicht in ecologische processen het niet mogelijk is om adequate inschattingen te maken van de huidige sublitorale natuurwaarden en de ontwikkeling ervan wanneer garnalenvisserij beperkt wordt. De situatie is vergelijkbaar met beperkingen die de medische wetenschap ook kent in de zin dat er vaak geen effectieve remedies bestaan voor ziektes en aandoeningen die niet begrepen worden. Verder wordt in het rapport gesteld dat gebiedskeuze niet gebaseerd kan worden op wetenschappelijke gronden alleen. Wetenschap kan bijdragen aan besluitvorming door de best mogelijke kennis en onzekerheden te presenteren; stakeholders dienen betrokken te zijn bij de duiding van natuurwaarden. Verder wordt geconcludeerd dat de natuurherstelmaatregelen - zoals aanleg van mosselbanken en het zaaien van zeegras - die tot dusver zijn uitgevoerd weinig reden

tot optimisme bieden. Het rapport eindigt met enkele perspectieven en aanbevelingen om tot betere onderbouwing van gebiedskeuze te komen. Met name het belang van participatieve processen om subjectieve natuurwaarden te specificeren, ontwikkeling van kennis over relaties tussen het dichtheden van organismen en abiotische factoren en menselijk gebruik wordt uitgewerkt. Aangezien data en proceskennis zeer beperkend zijn is het voor toekomstige besluitvorming van belang om sluiting van gebieden te combineren met adequate monitoring en controle gebieden in te stellen.

1 Achtergrond en inleiding

Binnen het convenant Viswad wordt gestreefd naar een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling van de Waddenzee in combinatie met een duurzaam opererende garnalenvisserij. Een van de maatregelen in het convenant betreft de sluiting van gebieden. Sluiting van gebieden kent een stapsgewijze systematiek, gebaseerd op ecologische gronden (kansen, verwachte hersteltijd). In de uitwerking van de maatregelen heeft het Waddenfonds de Tenderregeling Garnalenvisserij Waddenzee opgesteld. Met deze tenderregeling beoogt het Waddenfonds het aantal GK-vergunningen blijvend met 20% tot 30% af te laten nemen en daarmee bij te dragen aan de reductie van de visserijdruk en bodemberoering in de Waddenzee. Het Waddenfonds heeft te kennen gegeven dat de Tenderregeling Garnalenvisserij Waddenzee alleen bijdraagt aan de doelen van het Waddenfonds als deze wordt uitgevoerd in samenhang met de andere maatregelen die de convenantpartners Viswad nemen. Dit betreft de volgende mogelijkheden en maatregelen uit het Uitvoeringsprogramma Viswad:

- Een toename van (kombergings)gebieden die gevrijwaard zijn van de impact van bodemberoering (bovenop de 6,5% sublitoraal die reeds is gevrijwaard van garnalenvisserij)¹;
- Het nemen van natuurmaatregelen in deze gebieden²;
- Het visplan en het verduurzamingsplan voor een beheerste garnalenvisserij op de Waddenzee;
- Het uitrusten van schepen met een volg- en registratiesysteem ('black box') voor controle en handhaving van gesloten gebieden;
- Maatregelen voor het monitoren en handhaven van de Viswad-afspraken.

1.1 Vraagstelling en aanpak

Het Waddenfonds wil vanuit een ecologisch gezichtspunt inzicht in de meest geschikte gebieden om te sluiten voor garnalenvisserij en voor natuurmaatregelen. Opdracht aan de Waddenacademie is om een advies op te stellen waarbij de volgende vragen worden beantwoord:

- Welke bruto-gebieden (positionering en omvang) in de Waddenzee zijn vanuit een ecologisch standpunt het meest effectief om te sluiten?

¹Deze mogelijkheid is onderdeel van de huidige Viswad discussie en is niet opgenomen in het Uitvoeringsprogramma (mededeling M. van Stralen)

²Technische natuur (bouw) maatregelen zijn niet onderdeel van Viswad maar is een PRW ambitie (mededeling M. van Stralen)

- Welke natuurmaatregelen zijn zinvol in de gesloten gebieden (hierbij rekening houden met ervaring tot nu toe)? Hierbij gaat het om het potentieel voorkomen (dus deelgebieden die in principe geschikt zijn voor bepaalde soorten zoals zeegras en mosselbanken, maar waar deze soorten op dit moment niet voorkomen).
- Het is hierbij niet de intentie dat de soorten onderling gewogen worden. Het gaat om die maatregelen die ecologisch het meest bijdragen aan herstel of bevorderen van de natuurwaarden in de Waddenzee.

1.2 Systematic Conservation Planning

Identificatie van de meest geschikte gebieden om te sluiten voor garnalenvisserij (en eventuele natuurmaatregelen) vraagt om een systematische aanpak die volgens principes van *Systematic Conservation Planning* (SCP) (bijv. Margules & Pressey, 2000; Trombulak & Baldwin, 2010) en *Adaptive Management* (Holling, 1978) worden uitgevoerd. Omdat socio-ecologische systemen zoals het Waddenzee ecosysteem complexe adaptieve systemen zijn die op integraal niveau moeilijk te begrijpen zijn (Levin *et al.*, 2013), en omdat het ecosysteem vanuit verschillende perspectieven beschouwd en begrepen kan worden, is het van belang om de planning en besluitvorming in een participatieve setting te laten plaatsvinden (Pieraccini, 2015). Bij deze aanpak worden in brede stakeholder kring doelstellingen geformuleerd en gecombineerd met gedegen adaptief management, inclusief verwachtingsmanagement (Walker & Salt, 2012). Essentieel voor succesvol adaptief beheer is dat nieuw ontwikkelde kennis wordt gedeeld tussen stakeholders zodat een gedeeld begrip van het complexe systeem ontstaat (McLain & Lee, 1996; Pieraccini, 2015).

Er bestaan verschillende methodes, gebaseerd op verschillende concepten, om gebieden te selecteren voor sluiting (McCarthy *et al.*, 2006) (Box 1). Een terugkerend principe bij de verschillende methodes is het stellen en realiseren van concrete doelen met betrekking tot bescherming van biodiversiteit en natuurwaarde (Margules & Pressey, 2000). Het formuleren van doelen is om verschillende redenen een moeilijke opgave. Ten eerste hebben stakeholders uiteenlopende belangen en verschillen stakeholders in hun perceptie en begrip van het functioneren van het ecosysteem¹. Ten tweede, zijn begrippen als biodiversiteit en natuurwaarde subjectieve reflecties van wat de stakeholder gemeenschap als belangrijke elementen van het Waddenzee ecosysteem beschouwt. Dergelijke reflecties zijn grotendeels gebaseerd op ethische of esthetische gronden (wat niet uitsluit dat ook ecologische principes processen onderdeel kunnen zijn van argumentatie). Om deze redenen is het onmogelijk om op wetenschappelijk ecologische gronden een eenduidige definitie van *natuurwaarde* of *de meest geschikte gebieden* te geven. De termen kunnen wel geoperationaliseerd worden door in participatieve setting het belang en waarde van verschillende soorten, gemeenschappen of habitats te specificeren. Niet alleen bescherming van de huidige natuurwaarden, soorten of habitats spelen hierin een

¹Dit geldt niet alleen voor verschillende stakeholder groepen maar bijvoorbeeld ook voor wetenschappers onderling.

rol, maar ook de verwachting wat sluiting van gebieden bijdraagt aan het behalen van doelstellingen¹.

Box 1: Stadia van Systematic Conservation Planning (SCP)

Er is veel literatuur over concepten en methode van Systematic Conservation Planning. In deze box worden in het kort de essentiële deelprocessen van SCP beschreven.

1. Kadering

- (a) Bepaal het geografisch gebied
- (b) Identificeer de stakeholders (wie als stakeholder geïdentificeerd wordt hangt af van gebiedskeuze)

2. Beoordeel natuurwaarde

- (a) Schets conceptuele modellen om (veronderstelde) relevante ecologische processen en oorzaak-gevolg relaties te duiden.
- (b) Maak een overzicht van benodigde data om de conceptuele modellen te kwantificeren en te toetsen
- (c) Compileer en analyseer data
- (d) Identificeer de natuurwaarden in een participatieve setting

3. Ontwikkel doelstellingen (met een collectief van stakeholders)

- (a) Formuleer doelstellingen en vertaal deze in een aantal meetbare opties.
- (b) Beschouw data in de context van de doelstellingen
- (c) Analyseer natuurwaarden (of proxy's daarvan) in bestaande gebieden als functie van historische milieucondities en beleid
- (d) Analyseer de potentiële natuurwaarden (wanneer het geplande beleid/bescherming in werking treedt)

4. Planning

- (a) Prioritering van natuurwaarden en deelgebieden op basis van doelstellingen en randvoorwaarden.
- (b) Betrek nieuwe criteria

5. Planning en implementatie

6. Monitoring en evaluatie

¹Zo zal in de huidige situatie waarschijnlijk makkelijker een nieuw sublitoraal mosselbank complex ontstaan dan een sublitoraal zeegras veld. De kans op, en de duur waarbinnen nieuwe natuur kan ontstaan dient te worden meegewogen in de planning en de gebiedskeuze.

1.3 Sublitorale natuur en effecten van garnalenvisserij

De Waddenzee is onder andere door getijstromingen, golfwerking en veranderende saliniteit een zeer variabele omgeving. Dit is met name het geval in de litorale zones die tijdens laag water droog komen te liggen. Maar ook sublitorale zones met benthische en pelagische organismen zijn onderhevig aan een variabel milieu. Stroming en golven veroorzaken krachten op de bodem en zijn daarmee bepalend voor de ruimtelijke spreiding benthische en epibenthische organismen. De hydrodynamiek is ook van groot belang voor de sedimentsamenstelling (slib- en organisch stofgehalte) wat tevens invloed heeft op het voorkomen en de dichtheid van benthische organismen.

De natuur in het sublitoraal van de Waddenzee is de afgelopen eeuw sterk veranderd. In het begin van de vorige eeuw kwamen in de sublitorale gebieden o.a. zeegrasvelden (*Zostera marina*), Platte Oesters (*Ostrea edulis*) en *Sabellaria spinulosa* riffen voor (Buhs & Reise, 1997). Het voorkomen van deze soorten ging gepaard met diverse levensgemeenschappen. Sublitorale zeegrasvelden waren voor de bouw van de Afsluitdijk aanwezig in de westelijke Waddenzee maar zijn in de jaren 30 verdwenen. Ook platte oesters en *Sabellaria* riffen komen in de Waddenzee nagenoeg niet meer voor.

Menselijke invloeden hebben door de tijd heen in toenemende mate effect gehad op de aanwezige habitats en flora en fauna. Door exploitatie zijn de dichtheden grote predatoren afgenomen en zijn de verspreidingen en de vorm van structuurbouwende soorten veranderd. Verder hebben vervuiling, eutrofiëring, en invasieve soorten gezorgd voor grote veranderingen in het ecosysteem (Wolff, 2000; Reise, 2013). Buhs & Reise (1997) wijten de afname van de diversiteit aan sublitorale zoöbenthos (grotendeels sessiele epifauna) in Schleswig-Holstein aan bodemberoerende visserij. In een review artikel van Watling & Norse (1998) waar effecten van bodemberoerende visserij in verschillende gebieden in de wereld wordt geanalyseerd wordt bodemberoerende visserij als een sterk versturende activiteit geclassificeerd. Met name de ruimtelijke schaal en de frequentie waarop visserij plaatsvindt maakt de impact van deze vormen van visserij groot. Bodemberoering kan benthische organismen en habitats en de daarmee samenhangende levensgemeenschappen beïnvloeden en ook biogeochemische processen verstoren. De impact van bodemberoerende visserij op de benthische habitats en levensgemeenschappen zal afhangen van de mate waarin het milieu ook door natuurlijke hydrodynamische factoren verstoord wordt. In hoeverre er consensus bestaat over de gerapporteerde effecten in de studie van Watling & Norse (1998) is niet onderzocht. Er dient te worden opgemerkt dat in de Waddenzee al decennialang garnalenvisserij plaatsvindt. Het grootschalige en chronische karakter van garnalenvisserij maak het moeilijk om inschattingen te maken van natuurontwikkeling wanneer garnalenvisserij wordt beperkt of uitgesloten.

1.4 Plan van aanpak en afstemming

Om inzicht te ontwikkelen in de ruimtelijke verspreiding van huidige natuurwaarden is opwerking en compilatie van monitoringsdata nodig (Box 1). Met dergelijke data

kunnen naast de huidige situatie ook veranderingen in deelgebieden zichtbaar gemaakt worden. Bij het beschouwen van de trends en de huidige situatie is het van belang om te realiseren dat de ontwikkelingen zich hebben voltrokken onder de omstandigheden van de afgelopen tijd. Om inschattingen te kunnen maken van de mogelijke ontwikkelingen van de sublitorale natuur onder nieuw beleid (bijvoorbeeld zonder garnalenvisserij) is het nodig om de relevante ecologische processen en oorzaak-gevolg relaties te kennen. Inzicht in deze relaties kan worden verkregen door middel van statistische analyses waarbij het voorkomen van organismen/habitats/gemeenschappen wordt gerelateerd aan milieucondities zoals hydrodynamiek, saliniteit, bodemeigenschappen en menselijk gebruik. Verder inzicht kan worden verkregen door experimenteel onderzoek. Dergelijke analyses zijn niet onderdeel van deze studie maar benodigde gegevens over de abiotische condities en menselijk gebruik worden wel beschreven (zonder de pretentie compleet te zijn).

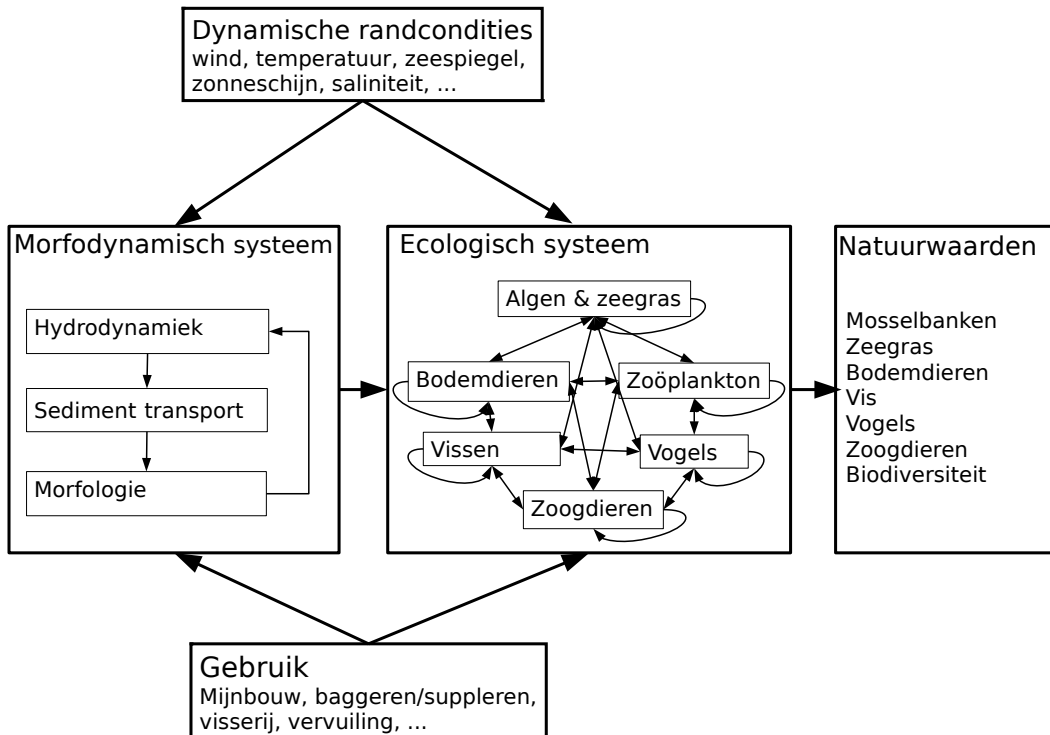
De beschikbare gegevens over de verspreiding van organismen in het sublitoraal van de gehele Nederlandse Waddenzee zijn beperkt. De ecologische gegevens die in dit rapport getoond worden zijn beperkt tot sublitorale mosselbanken en vis. Sinds 1992 worden in de Westelijke Waddenzee bestandsopnames gemaakt van sublitorale mosselbanken (vanaf 1992 RIVO, vanaf 2000 MarinX in opdracht van PO-mosselcultuur); hierbij worden ook andere soorten gemonitord. Dr. Karin Troost (WMR¹) doet in opdracht van het ministerie van Economische Zaken onderzoek naar de ontwikkeling van natuurwaarden in de gebieden die in 2014 zijn gesloten in het kader van het Mosselconvenant en Viswad. In dit onderzoek worden de sublitorale data uit de genoemde bestandsopnamen opgewerkt tot verspreidingskaarten en tijdseries voor de diverse soorten die tijdens de mossel-surveys zijn gemonitord. Dr. Els van der Zee van Onderzoeksbureau Altenburg en Wymenga heeft in opdracht van PRW aan een soortgelijke vraagstelling gewerkt en hiervoor de mosselgegevens van MarinX en WMR gebruikt. Binnen het A&W project is een GIS systeem ingericht met ruimtelijke data over het (potentiële) voorkomen van o.a. sublitorale mosselbanken, zeegras, platte en Japanse oesters.

Het huidige rapport is niet gebaseerd op een uitvoerige wetenschappelijke analyse maar betreft een eerste inventarisatie en biedt een perspectief op basis van SCP methodologie. Het rapport beschrijft een systematiek waarmee natuurwaarden kunnen worden geoperationaliseerd en bevat een inventarisatie van sublitorale gegevens over abiotische condities, verspreiding van benthos en vis en menselijk gebruik (garnalenvisserij, baggerwerkzaamheden, schelpen- en zandwinning). Door inzicht te scheppen in de condities, verspreiding van organismen en menselijk gebruik biedt deze studie inzicht in de onderzoeksmogelijkheden ter ondersteuning van besluitvorming. Tenslotte wordt perspectief geboden en worden aanbevelingen gedaan voor vervolgstappen om te komen tot wetenschappelijke onderbouwing van gebiedskeuze.

¹Wageningen Marine Research, voorheen IMARES.

2 Abiotische milieucondities

De abiotische milieucondities zoals de morfologie, hydrodynamiek, saliniteit en sediment eigenschappen hebben sterke invloed op het voorkomen en de dichtheid van sublitorale bodemdieren (Ysebaert & Herman, 2002; Schückel *et al.*, 2015) (en waarschijnlijk ook van vis). De abiotische condities onderling zijn ook aan elkaar gerelateerd. De hydrodynamiek is in belangrijke mate bepalend voor de sedimentsamenstelling en de morfologie is bepalend voor hydrodynamiek¹ (Fig. 2.1). Om inschattingen te maken voor de verspreiding en ontwikkeling van populaties of ecologische gemeenschappen (en daarmee natuurwaarden) is het van belang om de relevante ecologische relaties te kennen tussen soorten, gemeenschappen en abiotische condities (Folmer *et al.*, 2016). Deze kennis kan ontwikkeld worden door middel van statistische analyse van de gegevens in dit hoofdstuk en Hfdst 3. Verder kan gebruik gemaakt worden van studies uit vergelijkbare gebieden zoals de Westerschelde (Ysebaert & Herman, 2002) en de Jadebusen in Nedersaksen (Schückel *et al.*, 2015). Ook gegevens over menselijk gebruik zijn nodig om verspreidingen van organismen te kunnen modelleren (zie Hfdst. 4). Op langere termijn worden grootschalige veranderingen in de morfologie en hydrodynamiek van belang.



Figuur 2.1: Schematisatie van het morfodynamische en ecologische systeem van de Waddenzee in relatie tot randcondities en menselijk gebruik. Het subjectieve begrip natuurwaarden kan worden geoperationaliseerd volgens methodes beschreven in sectie 1.2.

¹op grotere tijdschalen is hydrodynamiek ook sturend voor de morfologie

2.1 Kombergingen

Veel van de data in dit rapport wordt gepresenteerd op het niveau van kombergingen. Daarom wordt een kaart met de ligging van de kombergingen gepresenteerd (Fig. 2.2). Voor verdere informatie met betrekking tot fysische en ecologische gegevens op het niveau van kombergingen wordt verwezen naar Folmer (2012).



Figuur 2.2: Kombergingen in de Nederlandse Waddenzee.

2.2 Sediment eigenschappen

De sediment eigenschappen (m.n. mediane korrelgrootte en slibgehalte) van de zeebodem in de Waddenzee worden in belangrijke mate bepaald door de ligging en de hydrodynamische condities 2.1. Het sediment in de nabijheid van de kust is relatief fijn en wordt groffer in de richting van de hoog-dynamische zeegaten. De sediment eigenschappen (Fig. 2.3) van de sublitorale zeebodem is van belang voor het voorkomen van verschillende soorten organismen. In hoog-dynamische gebieden komen soorten voor die zijn aangepast aan regelmatige verstoring en in laag-dynamische zeebodems kunnen soorten en habitats voorkomen die gevoelig zijn voor verstoring. Indien de laag-dynamische slibrijke gebieden beroerd worden is het mogelijk dat de sediment eigenschappen en de levensgemeenschappen veranderen.

Hoge-resolutie sediment data (slib: massa percentage sediment $<63 \mu m$; mediane korrelgrootte, mgs (μm)) zijn in de context van het AufMod project gecompileerd (Fig. 2.3). Deze gegevens zijn voor dit project beschikbaar gesteld door Dr. Jennifer Valerius van BSH¹.

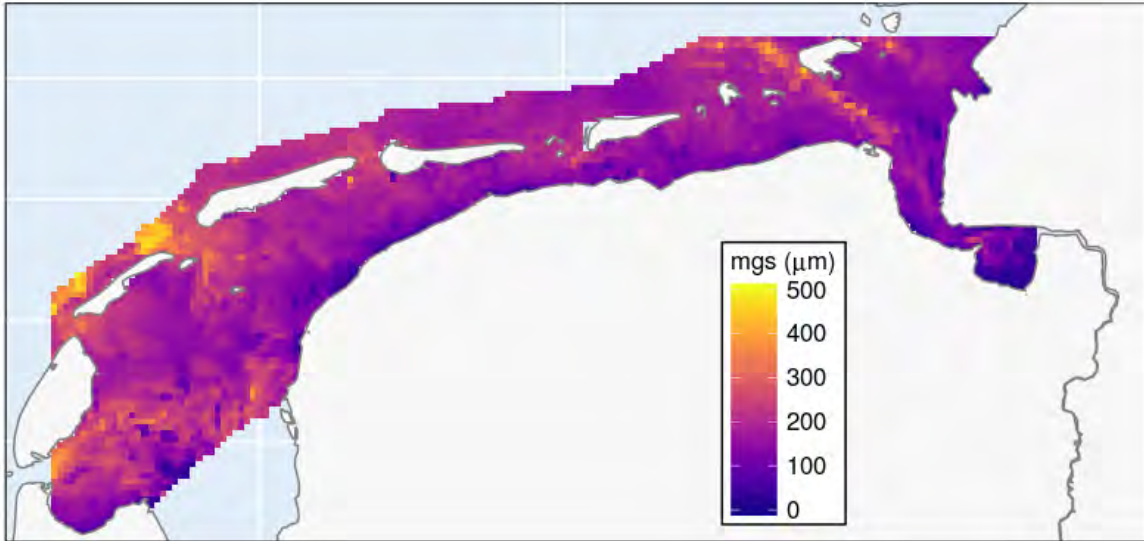
¹German Federal Maritime and Hydrographic Agency

2.3 Hydrodynamiek en saliniteit

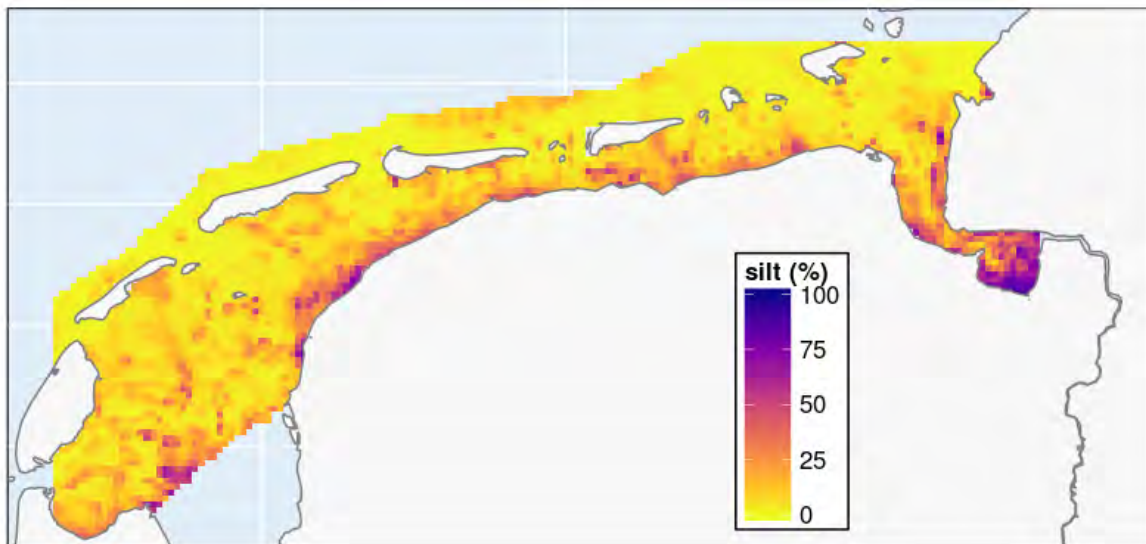
De droogligduur (de fractie tijd dat de zeebodem gedurende een getijdeperiode droog ligt) is van belang voor de afbakening van het sublitorale gedeelte van de Waddenzee. Verder is de droogligduur van belang voor de analyse van het (potentiële) voorkomen van habitats en soorten zoals mosselbanken, zeegras en vis in relatie tot het gebruik van het gebied voor visserij. De bodemschuifspanning (d.w.z. de kracht die stromend water op de zeebodem uitoefent) is een geschikte variabele om de dynamiek van het systeem te beschrijven. Zo is de kans op het ontstaan van sublitorale mosselbanken hoger in laag-dynamische gebieden dan in hoog-dynamische gebieden (Smaal *et al.*, 2014).

Saliniteit is van belang voor het beschrijven van het habitat van soorten die in brakke milieus voorkomen en daarmee voor de algehele biodiversiteit. Verder kan een lage saliniteit een positief effect hebben op de overleving van mosselbanken doordat de foerageer activiteit van zeesterren afneemt in brakke milieus (Agüera *et al.*, 2015).

De droogligduur, bodemschuifspanning (Fig. 2.4) en saliniteit (Fig. 2.5) zijn aan de hand van hydrodynamische simulaties voor de gehele Waddenzee (Gräwe *et al.*, 2016) met het model GETM-GOTM (Burchard & Bolding, 2002). Voor een beschrijving van post-processing van de gesimuleerde hydrodynamische data wordt verwezen naar Folmer *et al.* (2016).

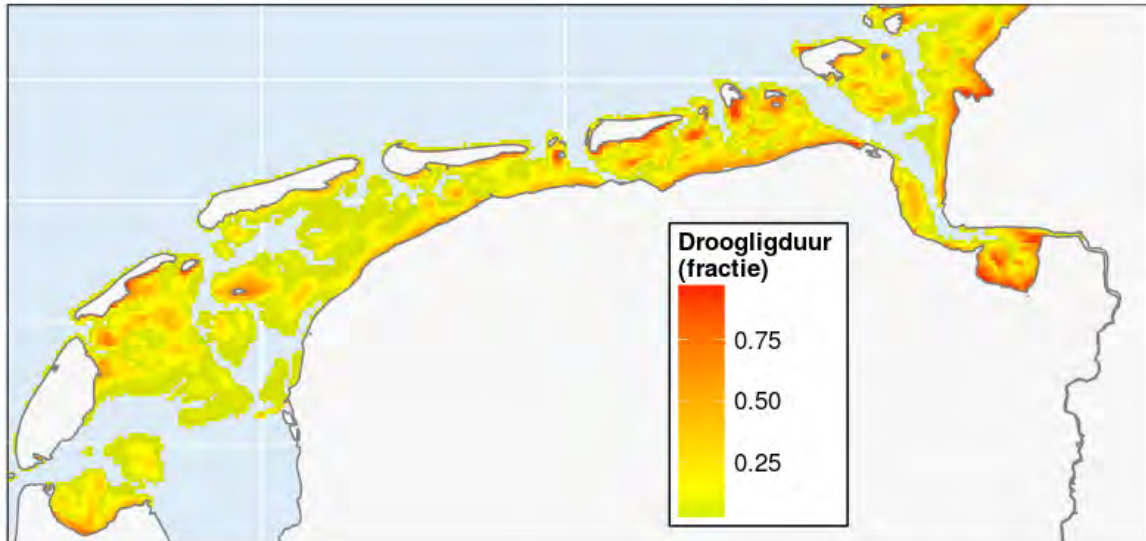


(a) Mediane korrelgrootte, mgs (μm)

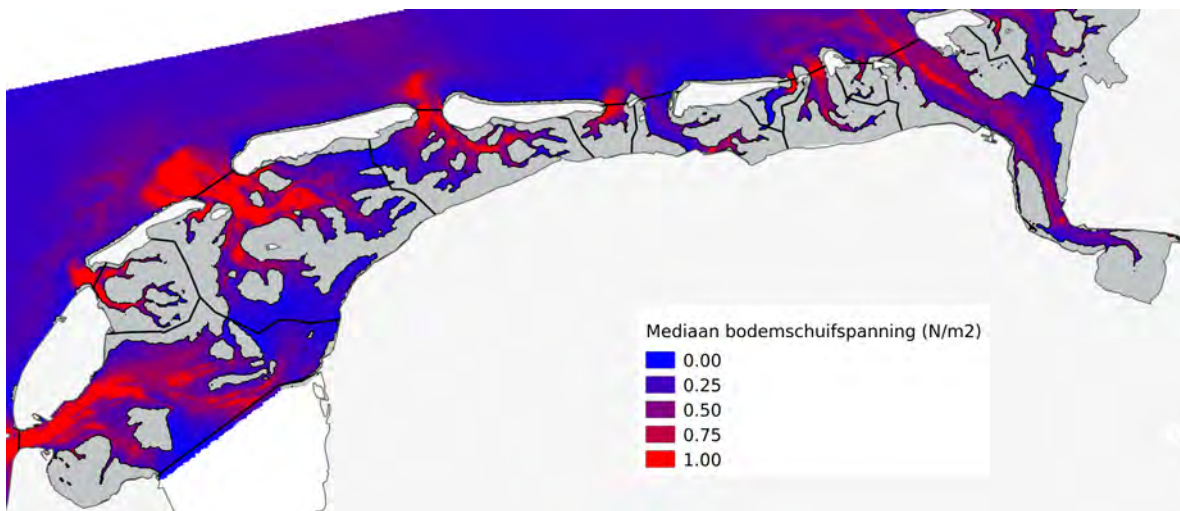


(b) Slib gehalte (%)

Figuur 2.3: Sediment eigenschappen in het litoraal en sublitoraal van de Nederlandse Waddenzee. Data zijn afkomstig van het AufMod project.

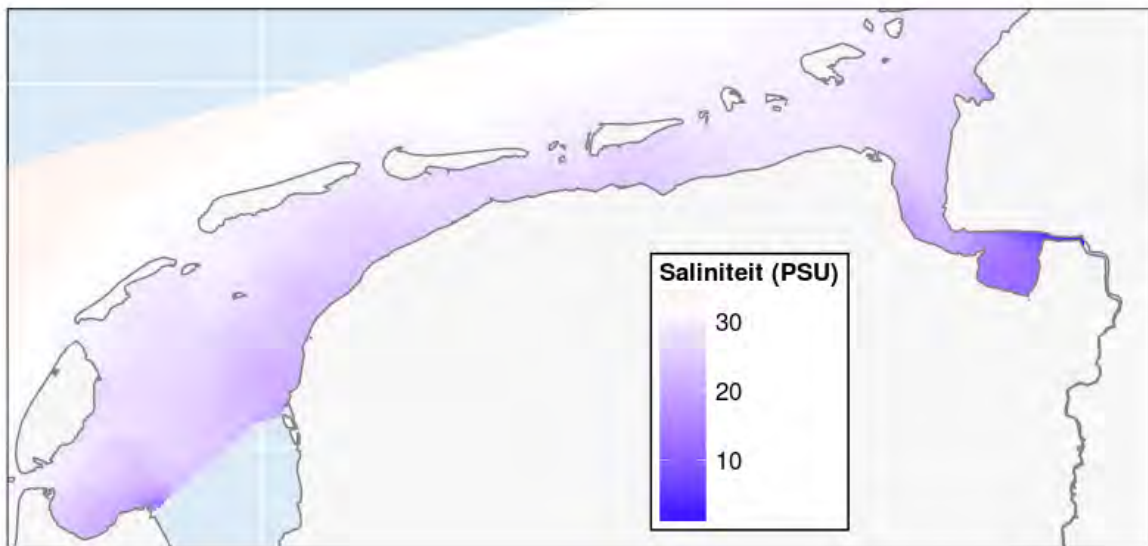


(a) Droogligduur



(b) Bodemschuifspanning

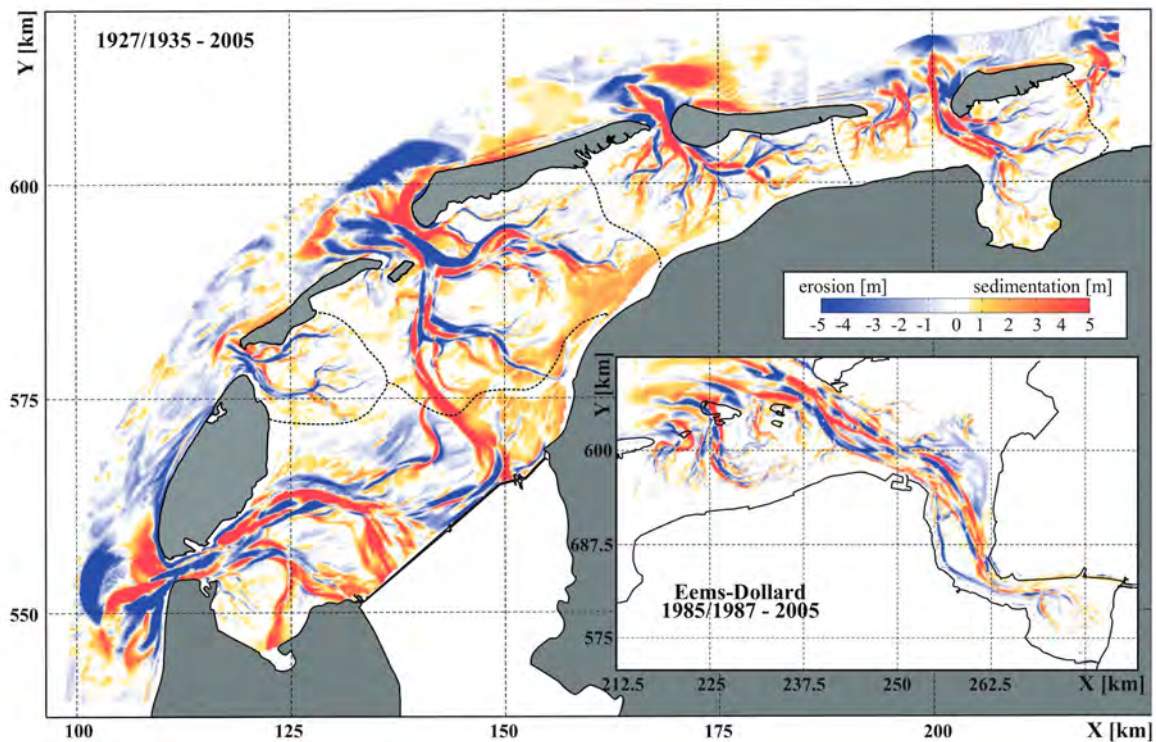
Figuur 2.4: Gemiddelde droogligduur en de mediaan van de bodemschuifspanning in de Nederlandse Waddenzee gedurende de periode 2009-2011. Data zijn gesimuleerd in het kader van het PACE project (Gräwe *et al.*, 2016).



Figuur 2.5: Gemiddelde saliniteit in de Nederlandse Waddenzee gedurende de periode 2009-2011. Data zijn gesimuleerd in het kader van het PACE project (Gräwe *et al.*, 2016).

2.4 Morfodynamiek

De morfologie van de Waddenzee is zeer dynamisch door continue sedimentatie en erosie processen. Door de bathymetrie van verschillende periodes te vergelijken kan een indruk verkregen worden over het netto effect van sedimentatie en erosie tussen deze periodes. Een dergelijke analyse is door Elias *et al.* (2012) uitgevoerd (Fig. 2.6). Deze kaart laat zien dat er vooral in de Westelijke Waddenzee in het sublitoraal grote hebben plaatsgevonden. Dit is grotendeels toe te schrijven aan de aanleg van de Afsluitdijk. De verwachting is dat deze ontwikkeling zich de komende decennia zal voortzetten. Het verdient daarom de aanbeveling om bij de identificatie van de huidige en toekomstige natuurwaarden rekening te houden met de veranderingen in het abiotische milieu die hiermee gepaard gaan. In deze context is ook het onderzoek van Donker en collega's (2015) van belang omdat het illustreert hoe veranderingen in het windklimaat effect heeft op golven en de gevolgen voor de verspreiding van organismen.



Figuur 2.6: Sedimentatie erosie kaart tussen 1927/1935 en 2005 (Eems-Dollard 1985/1987 - 2005). De kaart is afkomstig uit Elias *et al.* (2012).

3 Spatio-temporele patronen in voorkomen van organismen en biotische structuren

3.1 Sublitorale benthos

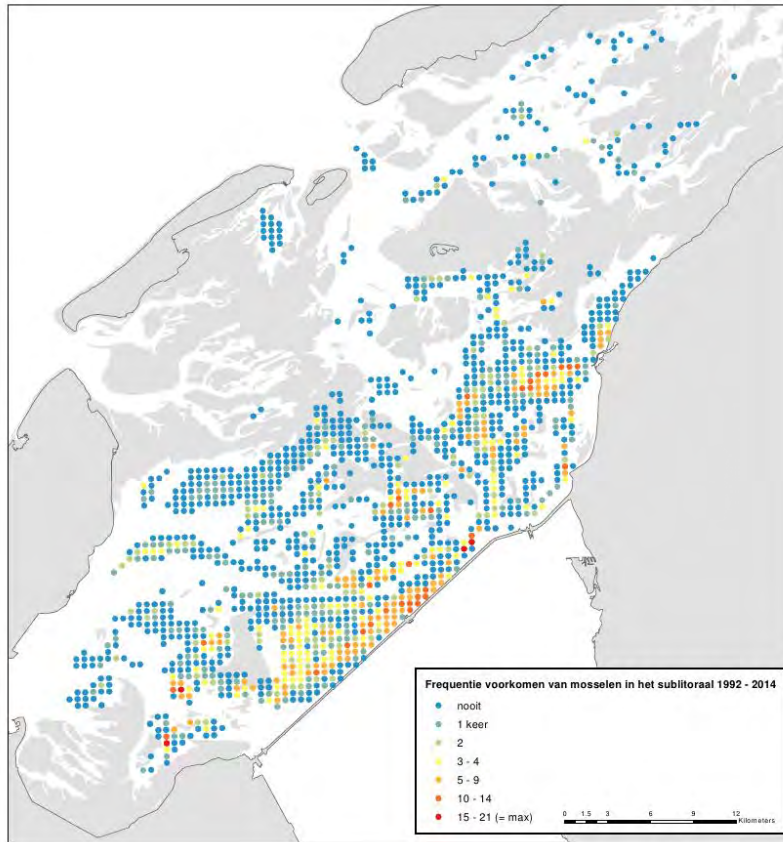
Structuurvormende schelpdieren zoals de mossel (*Mytilus edulis*) en de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) spelen een belangrijke rol in het Waddenzee ecosysteem. De verspreiding van sublitorale mosselen in de westelijke Waddenzee wordt door het RIVO en vanaf 2000 door Marinx in opdracht van de PO-mosselcultuur al meer dan twintig jaar gemonitord. Tijdens deze bestandsopnamen worden ook alle andere bodemdieren die blijven liggen op een zeef van 5mm verzameld en geregistreerd. De resultaten van de surveys worden gebruikt voor de jaarlijkse vergunningverlening voor de mosselzaadvisserij. Daarnaast worden ze gebruikt voor de ontwikkeling van het visserij- en natuurbeleid. Het voorkomen van mosselen sinds 1992 is in de vorm van een frequentiekaart weergegeven in figuur 3.1. Deze kaart kan gebruikt worden als natuurkansenkaart ten aanzien van waar ook in de toekomst mosselbanken kunnen worden verwacht.

Als onderdeel van het onderzoek naar de ontwikkeling van natuurwaarden in de gebieden die in 2014 zijn gesloten in het kader van het Mosselconvenant en Viswad (Project MEGMA) worden de survey data ook voor de andere geïnventariseerde soorten opgewerkt tot verspreidingskaarten en tijdseries. Het idee is om de ontwikkeling in de gesloten gebieden in historisch perspectief te kunnen plaatsen. Met deze opwerking komen ook natuurkansenkaarten voor andere soorten buiten de gesloten gebieden beschikbaar. Ten behoeve van het selectieproces voor de te sluiten gebieden is eerste versie van deze kaarten opgesteld door Van Stralen (2014).

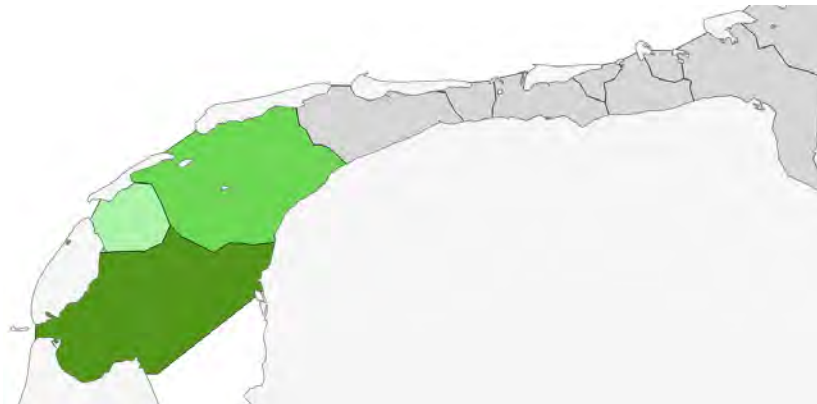
Een belangrijke beperking van de mossel monitoring is dat deze zich beperkt tot de westelijke Waddenzee (komberging Marsdiep en Vliestroom). De reden daarvoor is dat in de andere kombergingen maar sporadisch wilde sublitorale mosselen voorkomen. Alleen wanneer dat het geval is worden deze gebieden geïnventariseerd. Over de verspreiding en frequentie van voorkomen van andere soorten dan mosselen in de oostelijke Waddenzee is daardoor weinig bekend.

In 2015 en 2016 is door het NIOZ een bemonstering van het sublitoraal op een 1 km grid in de oostelijke Waddenzee uitgevoerd (Fig. 3.2). In 2015 is het grootste deel van de Eems-Dollard bemonsterd en in 2016 tot en met het wad onder Ameland. Op de monsterlocaties is benthos en sediment verzameld. De gegevens zijn slechts voor een deel uitgewerkt en daarom in dit onderzoek niet betrokken.

Binnen het MWTL programma worden ook sublitorale benthos gegevens verzameld op een beperkt aantal vaste locaties in de Waddenzee. Met behulp van deze monitoring kunnen temporele patronen geanalyseerd worden. Deze data zijn niet representatief voor de gehele Waddenzee en daarom beperkt bruikbaar voor de vraagstellingen uit Hfdst 1.

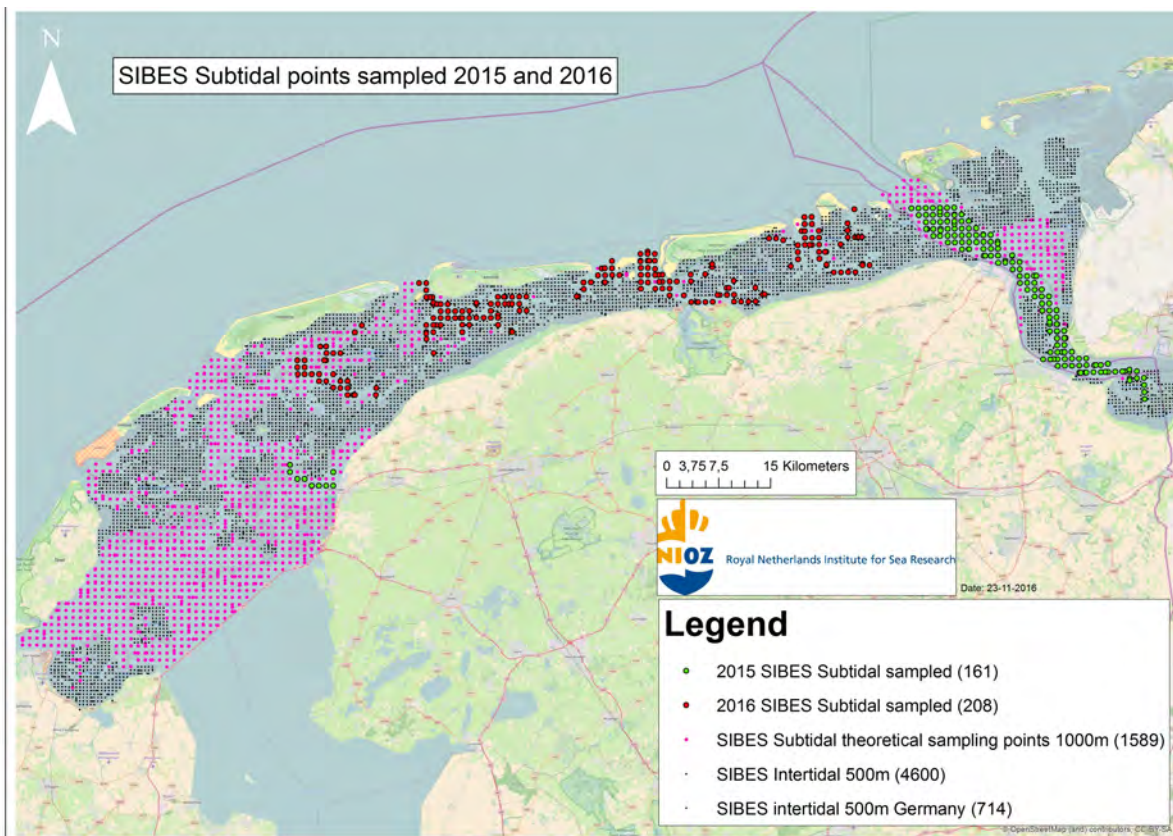


(a) Frequentiekaart sublitorale mosselen in de westelijke Waddenzee. Figuur is afkomstig uit Troost *et al.* (2015).



(b) Data beschikbaarheid van mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Donkergroen: veel mosselbanken; lichtgroen: weinig mosselbanken; grijs: geen data

Figuur 3.1: Data over sublitorale mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee.



Figuur 3.2: NIOZ sublitorale benthos bemonstering van de Nederlandse Waddenzee.

3.2 Garnalenvisserij: vangst en bijvangst

In de periode 2012-2014 is door WMR grootschalig onderzoek uitgevoerd naar mogelijke effecten van de garnalenvisserij op bijvangst en bodemleven (Glorius *et al.*, 2015). Het experimentele onderzoek naar de effecten van visserij op het bodemleven zijn door verstoring van de proefgebieden mislukt. Wel is op grote schaal vangst en bijvangst in kaart gebracht. Bij dit onderzoek zijn bij 24 schepen 827 trekken bemonsterd en geanalyseerd. Deze gegevens zijn uitermate geschikt voor het huidige onderzoek omdat ze inzicht kunnen bieden in ruimtelijke en temporele patronen van vangst en bijvangst door de garnalenvisserij. Data zijn opgevraagd bij WMR maar nog niet beschikbaar gemaakt¹.

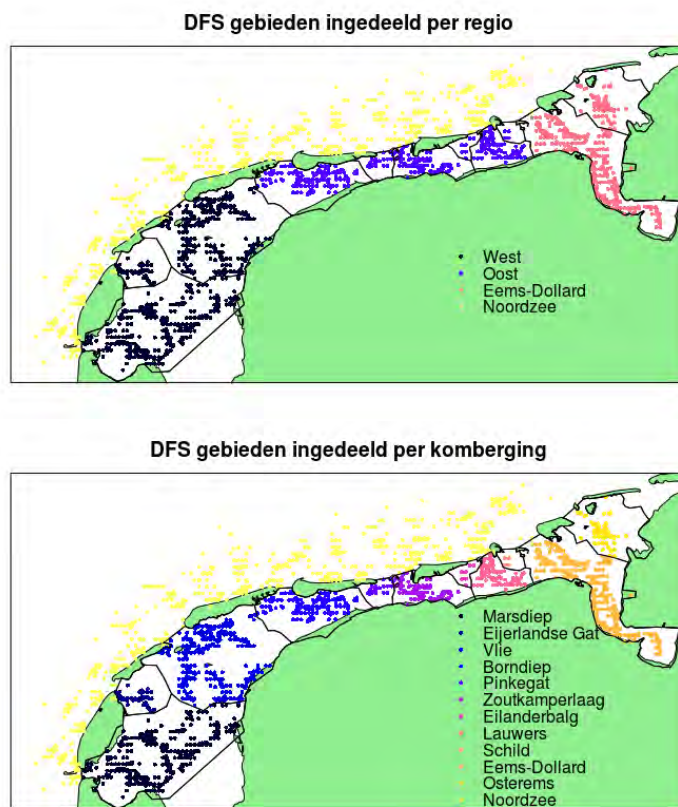
3.3 Vis

Volwassen vissen paaien vaak uit de kust op de Noordzee. De eieren en larven worden vervolgens door stromingen naar de kustgebieden - waaronder de Waddenzee - getransporteerd. Doordat de Waddenzee relatief warm is, rijk aan voedsel (o.a. fytoplankton, zoöplankton, wormen en bivalven) en beschutting tegen predatie biedt, is de Waddenzee een belangrijke opgroeiplek voor jonge vis en garnalen. Na de eerste groei migreren bepaalde soorten (marien juveniele soorten) naar de Noordzee.

Sinds 1970 wordt binnen het Demersal Fish Survey (DFS) programma jaarlijks in de maanden september en oktober vis in de geulen met een garnalenkor gemonsterd (Van Beek *et al.*, 1989; Tulp *et al.*, 2008). Het DFS programma is opgezet om vissen (met name schol en tong) die dichtbij de bodem leven te monitoren en is daarom geschikt voor een beperkt aantal soorten en geeft een beeld van de nazomer situatie. DFS is onderdeel van een internationaal programma waar Nederland, Engeland, België en Duitsland aan bijdragen. In Nederland wordt in het Waddengebied, de Eems-Dollard, Noordzee, Westerschelde en de Oosterschelde gemonsterd; het DFS programma wordt uitgevoerd door WMR. In deze studie worden alleen het Waddengebied, de Eems-Dollard en de Noordzee kustzone beschouwd. Bij iedere trek wordt de positie, datum, tijd, diepte en de temperatuur van het oppervlakte water geregistreerd. De Waddenzee wordt met een 3 m brede kor bemonsterd en de Noordzee kustzone met een 6 m brede kor. De korren zijn uitgerust met een klossenpees en een net met mazen van 20 mm.

In dit rapport worden de vangsten bij de DFS stations geaggregeerd op het niveau van kombergingen en in Appendix A.1 worden trends per regio gegeven (Fig. 3.3). Hoewel op basis van nazomer monitoring wel een ruimtelijk beeld en trends over jaren worden gepresenteerd is het belangrijk om te benadrukken dat vanwege specifieke seizoensritmieken van verschillende soorten het DFS programma verre van ideaal is om dichtheden en trends van alle soorten te karakteriseren.

¹Om overbodig werk te voorkomen is WMR op een bepaald moment medegedeeld dat er geen tijd meer was om deze gegevens binnen het huidige project te gebruiken.



Figuur 3.3: DFS monsterlocaties en gebiedsindeling per regio (bovenste figuur) en per komberging (onderste figuur) (data WMR)

3.4 Soorten selectie

In de Quality Status Report 2009 (CWSS, 2009) en in Van der Veer & Tulp (2015) is veel kennis over vis in de Waddenzee opgenomen. Er komen een groot aantal verschillende vissoorten voor in de Waddenzee. Verschillende studies laten zien dat de dichtheid van verschillende vissoorten tegenwoordig beneden het lange termijn gemiddelde ligt maar geeft aan dat de oorzaken daarvan grotendeels onbekend zijn (CWSS, 2009; Van der Veer & Tulp, 2015). Het is van belang om op te merken dat de Waddenzee sinds lange tijd - mede door steeds intenser menselijk gebruik - aan het veranderen is en dat huidige dataserieën geen inzicht kunnen bieden in de historische situatie.

In het Quality Status Report 2009 worden 14 soorten geprioriteerd op basis van ecologische gilde en habitat gebruik en op relevantie voor beleid (CWSS, 2009). De volgende gildes worden onderscheiden: diadrome soorten (migreren tussen zoet en zout water), estuarien residente soorten (verblijven het grootste deel van hun leven in de Waddenzee), marien juveniel (Waddenzee vervult voor deze soorten een kinderkamer functie), marien seizoenaal (verblijven een deel van het jaar in de Waddenzee). Soorten die van belang zijn voor beleid betreffen habitat richtlijn- en kader richtlijn water soor-

ten, kwetsbare en bedreigde soorten en soorten die van belang zijn als prooi-soort voor vogels of mariene zoogdieren. Verder wordt hier de dichtheid en de mate waarin bemonstering representatief is voor de dichtheid als criterium gebruikt of een soort wordt geanalyseerd. Voor details en verdere argumentatie wordt verwezen naar de QSR2009 (CWSS, 2009). Informatie uit QSR2009 is in Tabel 3.1 overgenomen.

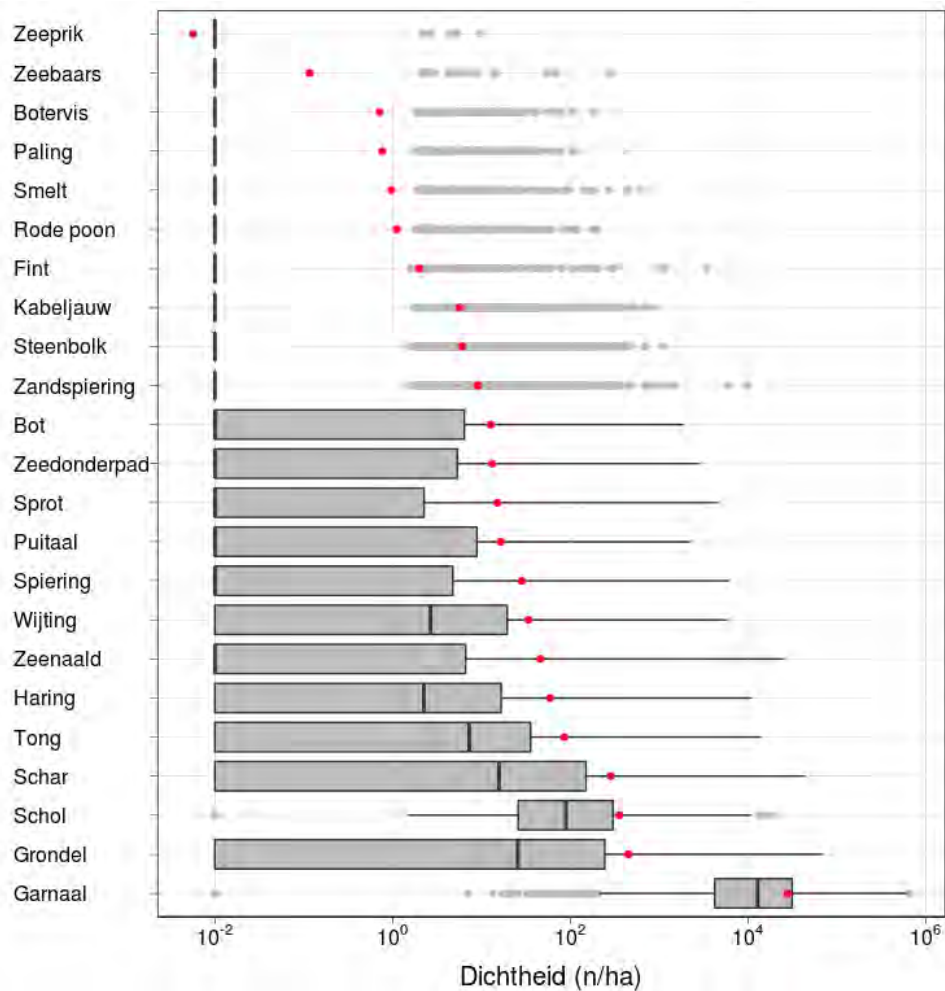
<i>Wetenschappelijke naam</i>	Naam (nl)	Gilde	Habitat	QSR	Bmnst	VI
<i>Alosa fallax</i>	fint	CA	pelag	1	1	0
<i>Anguilla anguilla</i>	paling	CA	demers			
<i>Osmerus eperlanus</i>	spiering	CA	pelag	1	1	1
<i>Lampetra fluviatilis</i>	rivierprik	CA	pelag	1	0	0
<i>Petromyzon marinus</i>	zee-prik	CA	pelag			0
<i>Ciliata mustela</i>	vijfdradige meun	ER	demers			
<i>Syngnathus sp.</i>	zeenaald	ER	demers			0
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	zeedonderpad	ER	demers			0
<i>Agonus cataphractus</i>	harnasmannetje	ER	demers			
<i>Liparis liparis</i>	slakdolf	ER	demers			
<i>Zoarces viviparus</i>	puitaal	ER	demers	1	2	0
<i>Pholis gunnellus</i>	botervis	ER	demers			
<i>Ammodytes sp.</i>	zandspiering	ER	pelag/ingegr	1	2	0
<i>Pomatoschistus sp.</i>	grondel	ER	demers			0
<i>Platichthys flesus</i>	bot	ER	demers	1	2	0
<i>Pomatoschistus minutus</i>	dikkopje	ER	demers			0
<i>Callionymus lyra</i>	pitvis	MA	demers			
<i>Clupea harengus</i>	haring	MJ	pelag	1	1	1
<i>Merlangius merlangus</i>	wijting	MJ	demers	1	2	1
<i>Gadus morhua</i>	kabeljauw	MJ	demers	1	2	1
<i>Trisopterus luscus</i>	steenbol	MJ	demers			
<i>Chelidonichthys lucerna</i>	rode poon	MJ	demers			
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	smelt	MJ	ingegraven			
<i>Scophthalmus rhombus</i>	griet	MJ	demers			
<i>Pleuronectes platessa</i>	schol	MJ	demers	1	2	1
<i>Limanda limanda</i>	schar	MJ	demers	1	2	1
<i>Solea solea</i>	tong	MJ	demers	1	2	1
<i>Sprattus sprattus</i>	sprot	MS	pelag	1	1	1
<i>Engraulis encrasicolus</i>	ansjovis	MS	pelag	1	0	0

Tabel 3.1: Selectie van vissoorten waarvoor kaarten en tijdseries ontwikkeld worden. Selectie is gebaseerd op een combinatie van representativiteit, abundantie en QSR prioritering. Gilde: CA = diadroom; ER = estuariene resident; MJ = marien juveniel; MS = marien seizoenaal. kolom QSR geeft aan of de soort in de Quality Status Report geprioriteerd is. De kolom Bmnst geeft aan of met boomkor bemonstering een adequate inschatting gemaakt kan worden (0: niet, 1: redelijk, 2: goed). Kolom VI geeft aan of er ingeschat is of er een Visserij Impact is op de populatie (QSR 2009; Walker 2016, van der Veer en Tulp 2015).

Van der Veer & Tulp (2015) stellen dat een combinatie van factoren effect heeft op de visgemeenschap in de Waddenzee. Met name water temperatuur, habitat destructie, predatie, hydrodynamische condities en visserij worden genoemd. 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). Bijvangst betreft met name kleine vissen die na het sorteer proces overboord worden gezet; een deel van deze discards overleeft dit niet. Het dient te worden opgemerkt dat gedetailleerde kennis over de processen die verspreiding en dichtheid van vis beïnvloeden beperkt is.

Desalniettemin kan beperking van visserij in tijd en/of ruimte resulteren in een meer natuurlijke ontwikkeling van de visfauna. De kolom VI (Visserij Impact) In tabel 3.1 geeft aan welke vispopulaties kunnen worden beïnvloed via bijvangst (Van der Veer & Tulp, 2015).

Figuur 3.4 presenteert de dichtheden van garnalen en een selectie van vissoorten in de Waddenzee. De meest gevangen soort in het DFS monitoringsprogramma zijn garnalen met een gemiddelde dichtheid van enkele tienduizenden individuen per hectare. Van de in de QSR geprioriteerde soorten worden schol, schar en tong het meest aangetroffen. De gemiddelde dichtheden van deze soorten liggen in de orde van enkele honderden individuen per hectare. Figuur A.1 in Appendix A.1 presenteert de trends van de dichtheden van de geselecteerde vissoorten.



Figuur 3.4: Dichtheid van garnalen en een selectie van bodemvissoorten in de Waddenzee en Waddenkust (Noordzeezijde waddeneilanden) (zie figuur 3.3) in de nazomer op basis van de DFS monitoring. Omdat de verschillen in dichtheden tussen de soorten meerdere ordegrottes kunnen verschillen zijn de dichtheden op logaritmische schaal weergegeven. Om die reden is een 0.01 opgeteld bij de gemeten dichtheid en is er in de figuur geen dichtheid 0 (maar 10^{-2}). De boxplot geven de mediaan en de 25% en 75% percentielen weer. De rode stippen representeren de gemiddelde dichtheden (data WMR)

3.5 Spatio-temporele patronen in dichtheden van vis in de Nederlandse Waddenzee

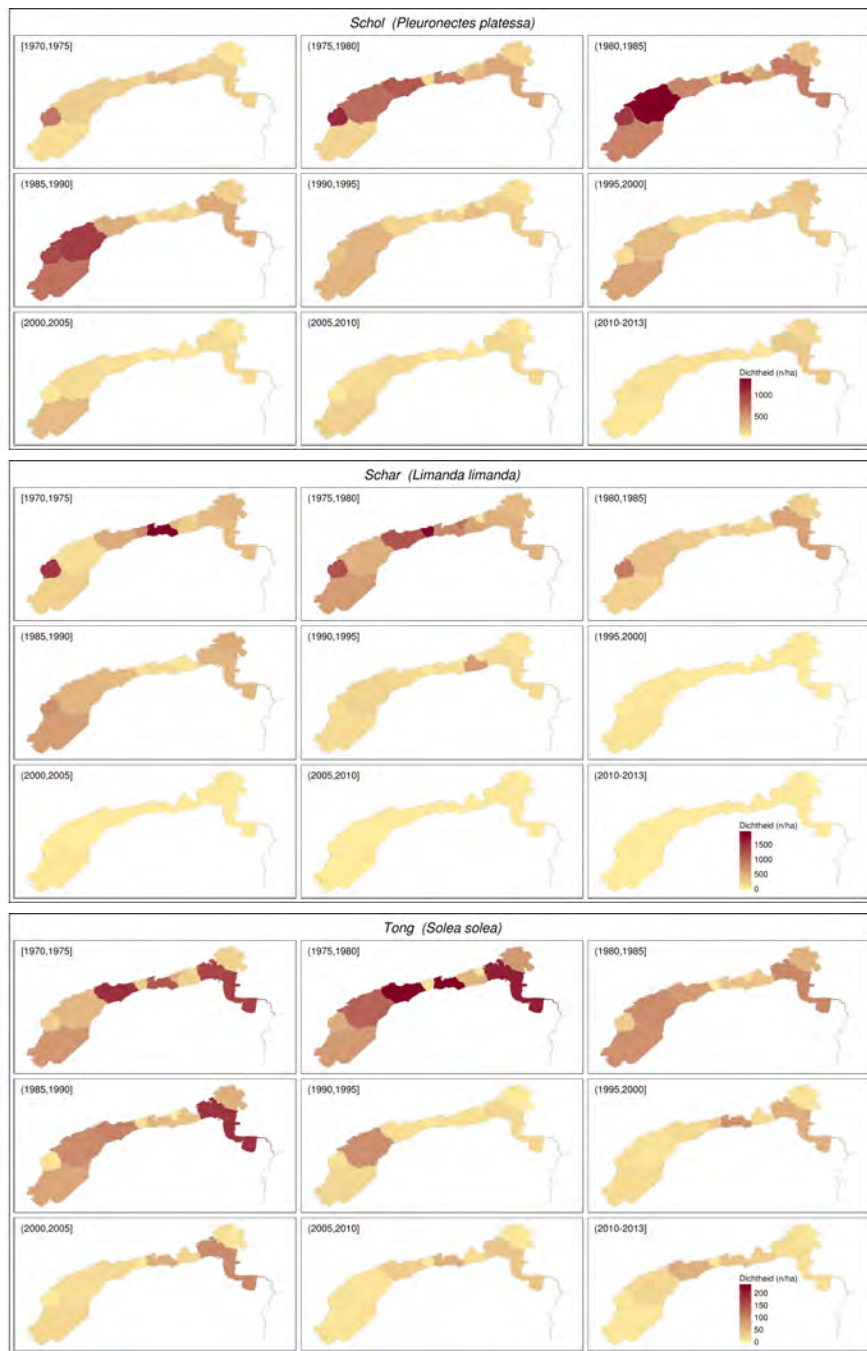
Figuren 3.5 en 3.7 presenteren de dichtheden van garnalen en de vissoorten waarvan de verwachting is dat beperking van garnalenvisserij resulteert in een meer natuurlijke ontwikkeling van de visfauna¹. De figuren presenteren de ontwikkeling per komberging in de Nederlandse Waddenzee voor verschillende periodes vanaf 1970 tot 2013. (In Appendix A.2 zijn figuren voor alle soorten uit tabel 1 opgenomen in volgorde van hoge naar lage gemiddelde dichtheid.) Enkele opvallende patronen in het voorkomen van garnalen en de vissoorten waarvan de verwachting is dat ze door visserij worden beïnvloed, worden hier uitgelicht. Er zijn drie groepen gevormd op basis van habitat gebruik, ecologische gilde en trends.

Marien juveniele platvissen (schol, schar, tong) De dichtheden van schol namen in de periode 1975-1990 toe van enkele honderdtallen tot bijna 1000 individuen per ha. Sinds 1990 zijn de dichtheden door de gehele Waddenzee afgenomen tot 10-100 individuen per hectare (Fig. 3.5). De dichtheden van schar en tong laten een soortgelijk beeld zien: hoge dichtheden in de jaren '70 en '80 en afname sindsdien (Fig. 3.5). De dichtheden in de oostelijke Waddenzee en Eems-Dollard lijken na een minimum rond de periode 2005-2008 weer wat toe te nemen.

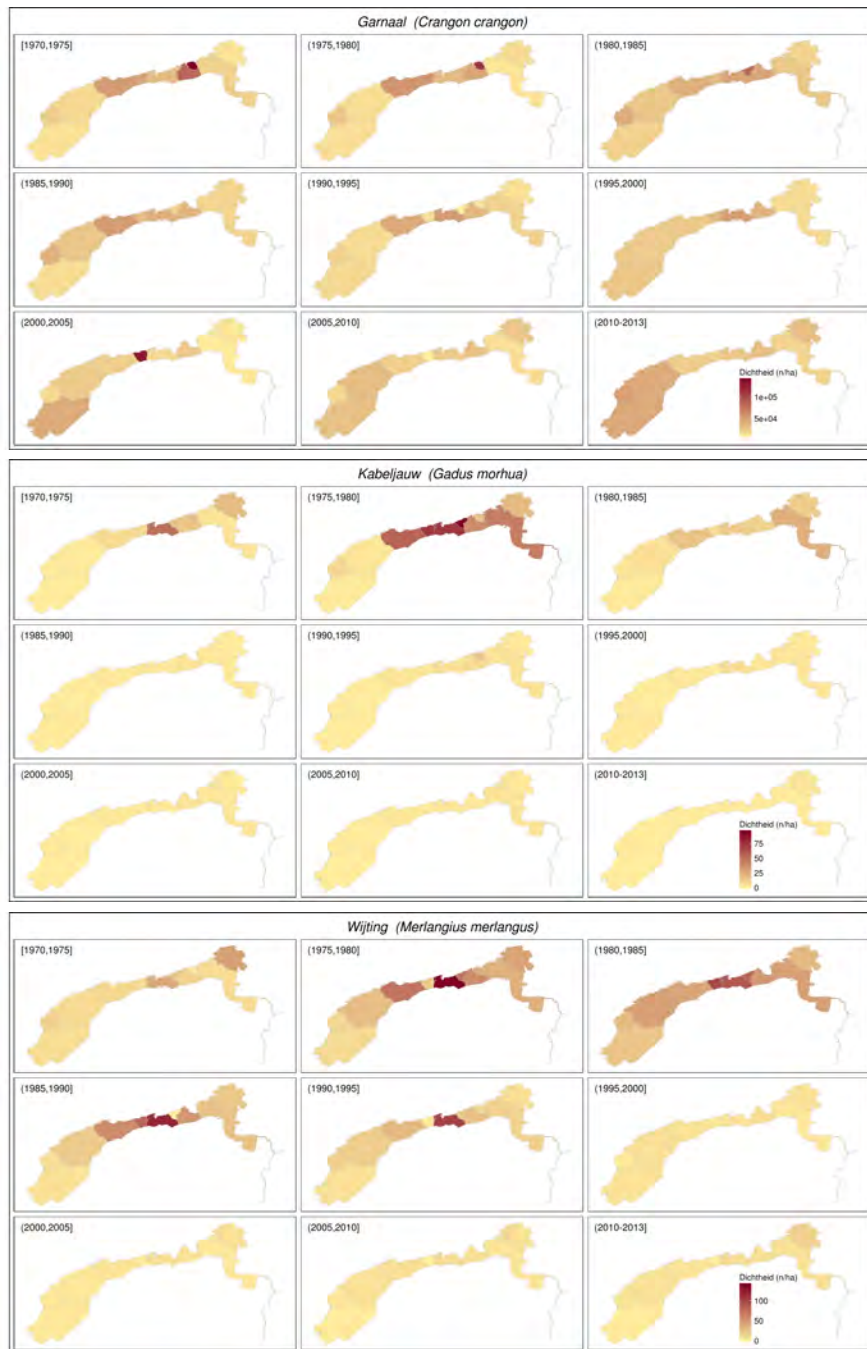
Demersale vissen (kabeljauw, wijting) en garnaal De dichtheden van kabeljauw zijn het hoogst in de oostelijke Waddenzee tussen 1970 en 1980. Na 1980 nemen de dichtheden sterk af tot enkele individuen per hectare (Fig. 3.6). De dichtheden van wijting zijn in begin jaren '70 laag en neemt vooral in de oostelijke Waddenzee toe. Vanaf 1995 zijn de dichtheden overal laag (Fig. 3.6). De hoogste dichtheden aan garnalen werden in de jaren '70 en '80 in de oostelijke Waddenzee aangetroffen (met uitzondering van de Eems-Dollard). Gedurende de periode 1990-2013 zijn de hogere dichtheden in de westelijke Waddenzee komen te liggen (Fig. 3.6).

Pelagische vissen (haring, sprot, spiering) De dichtheid van haring is tot de jaren '80 overal laag. Tussen 1980 en 1995 neemt de dichtheid toe waarna er weer een afname plaatsvindt (Fig. 3.7). De dichtheden van spiering zijn in de westelijke Waddenzee gemiddeld het hoogste maar variëren sterk tussen verschillende periodes (Fig. 3.7). De dichtheden van sprot zijn in twee periodes in de kleine kombergingen in oostelijke Waddenzee vele malen hoger dan in andere delen. Sinds 2000 zijn de dichtheden uniform laag (Fig. 3.7).

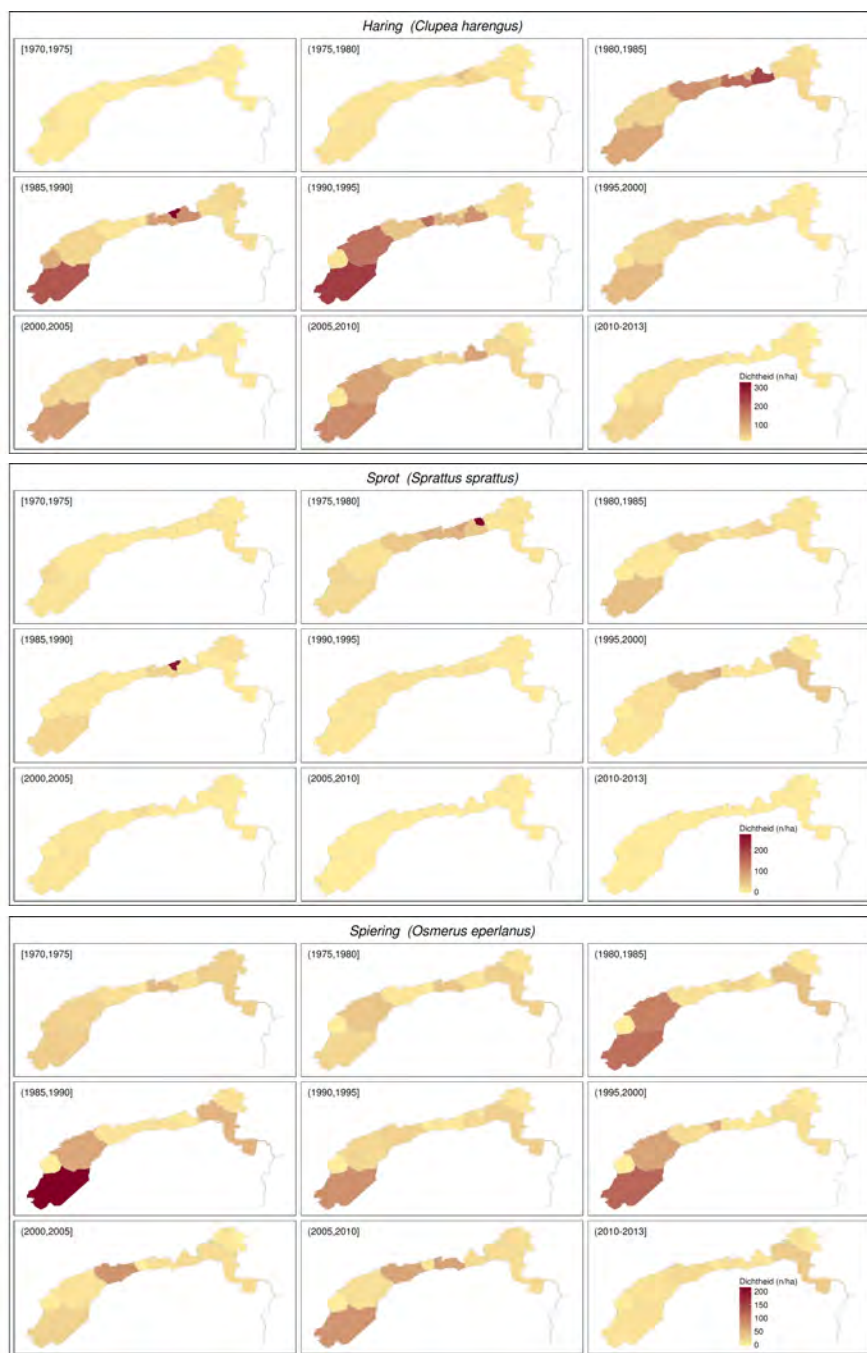
¹Indirecte effecten zijn buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3.5: Gemiddelde dichtheden in tijd en ruimte van de juveniele platvissen schol, schar en tong per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013 (data DFS, WMR).



Figuur 3.6: Gemiddelde dichtheden in tijd en ruimte van garnalen, kabeljauw en wijting per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013 (data DFS, WMR).



Figuur 3.7: Gemiddelde dichtheden in tijd en ruimte van haring, sprat en spiering per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013 (data DFS, WMR).

4 Menselijk gebruik

In de Waddenzee vindt momenteel een aantal soorten visserij plaats: garnalenvisserij, visserij met vaste vistuigen (staande netten, fuiken), zegenvisserij, mosselzaadvissersij handmatige kokkelvisserij. Ook vinden er in de Waddenzee baggerwerkzaamheden, schelpen- en zandwinning plaats. Het is van belang om bij het selecteren van gebieden om te sluiten voor garnalenvisserij rekening te houden met de locaties waar bodemberoerende activiteiten plaatsvinden. Immers, als er bodemberoering plaatsvindt dan zal uitsluiting van bodemberoerende visserij niet veel effect sorteren¹.

4.1 Garnalenvisserij

Garnalenvisserij vindt vrijwel in de gehele Nederlandse Waddenzee gedurende het hele jaar plaats. In het voor- en najaar zijn de garnalen vangsten het hoogst. Om in de Waddenzee op garnalen te mogen vissen is een GK-vergunning nodig. Ongeveer 90 schepen hebben een vergunning om in de Waddenzee op garnalen te vissen². De hoogste visserij intensiteit vindt plaats langs de diepe geulen in de westelijke Waddenzee en in de buitendelta's. Verder suggereert figuur 4.1 dat er ook op de droogvallende wadplaten visserij plaatsvindt. Er dient wel te worden opgemerkt dat de intensiteiten tot stand gekomen zijn door het aggregeren (en mogelijk interpoleren) van oorspronkelijke punt gegevens. Dat kan betekenen dat de overlap van het rasterbestand met het intergetijde een artefact betreft. Een andere mogelijkheid is dat er gevist wordt in geulen die niet op de kaart staan.

4.2 Baggerwerkzaamheden, schelpen- en zandwinning

Baggeren van sediment wordt uitgevoerd om ondieptes te verwijderen uit veerverbindingen, vaarwegennet en havens. Normaliter wordt het sediment op andere locaties in de Waddenzee verspreid. Figuur 4.2 laat zien waar de baggerwerkzaamheden en de verspreiding van sediment plaatsvindt. Het totale baggerbezwaar uit alle havens gezamenlijk is jaarlijks maximaal 4,1 miljoen m³³.

In de Waddenzee worden schelpen gewonnen door bedrijven die zich gespecialiseerd hebben in de winning van schone schelpen of kleischelpen. Schelpen worden gewonnen in de diepere geulen van de zeegaten Marsdiep, Vlie en het Friese Zeegat, waar ook andere menselijke activiteiten plaatsvinden⁴. Sinds 1999 is het alleen toegestaan om zand uit de Waddenzee te winnen dat vrijkomt bij baggerwerkzaamheden in de vaargeulen. Wanneer er bruikbaar sediment vrijkomt mag dat worden afgezet op de wal⁵.

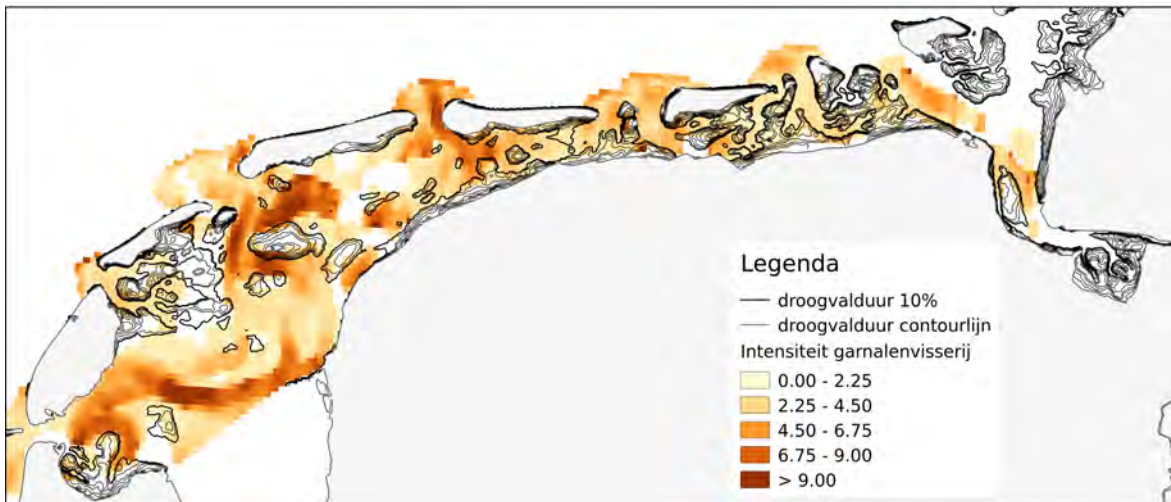
¹Indien bodemberoering door visserij effecten op de bodem en het bodemleven heeft.

²www.vissersbond.nl/voortgang-tenderregeling-garnalenvisserij-waddenzee/

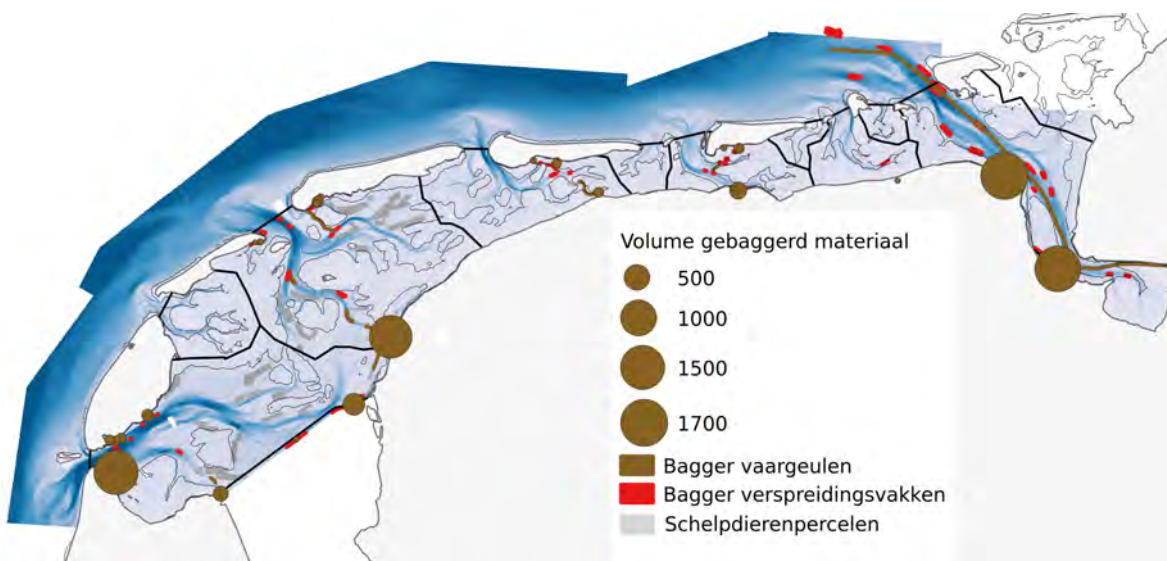
³<http://www.walterwaddenmonitor.org/en/themas/dredging/hoofdstuk/achtergrond/>

⁴<http://www.waddenzee.nl/themas/energie-en-delfstoffen/schelpenwinning/>

⁵www.waddenzee.nl/themas/energie-en-delfstoffen/zandwinning



Figuur 4.1: Intensiteit van de garnalenvisserij in de Nederlandse Waddenzee in 2012. De kleuren geven het beviste oppervlak gedeeld door het oppervlak van de gridcel (Tulp *et al.*, 2012). Deze kaart is afkomstig van de Waddensleutels MapServer; de onderliggende VMS data worden door WMR beheerd en verstrekt.



Figuur 4.2: Baggerwerkzaamheden in de Nederlandse Waddenzee. De bruine stippen representeren de volumes sediment die jaarlijks uit de havens gebaggerd worden. De bruine lijnen zijn de plekken in de vaargeulen waar regelmatig gebaggerd wordt. De rode vlakken zijn de verspreidingsvakken waar opgebaggerd sediment wordt verspreid. De grijze vlakken zijn schelpdieren percelen (data: WaLTER dataportaal www.walterwaddenmonitor.org/en/tools/maps-portal/).

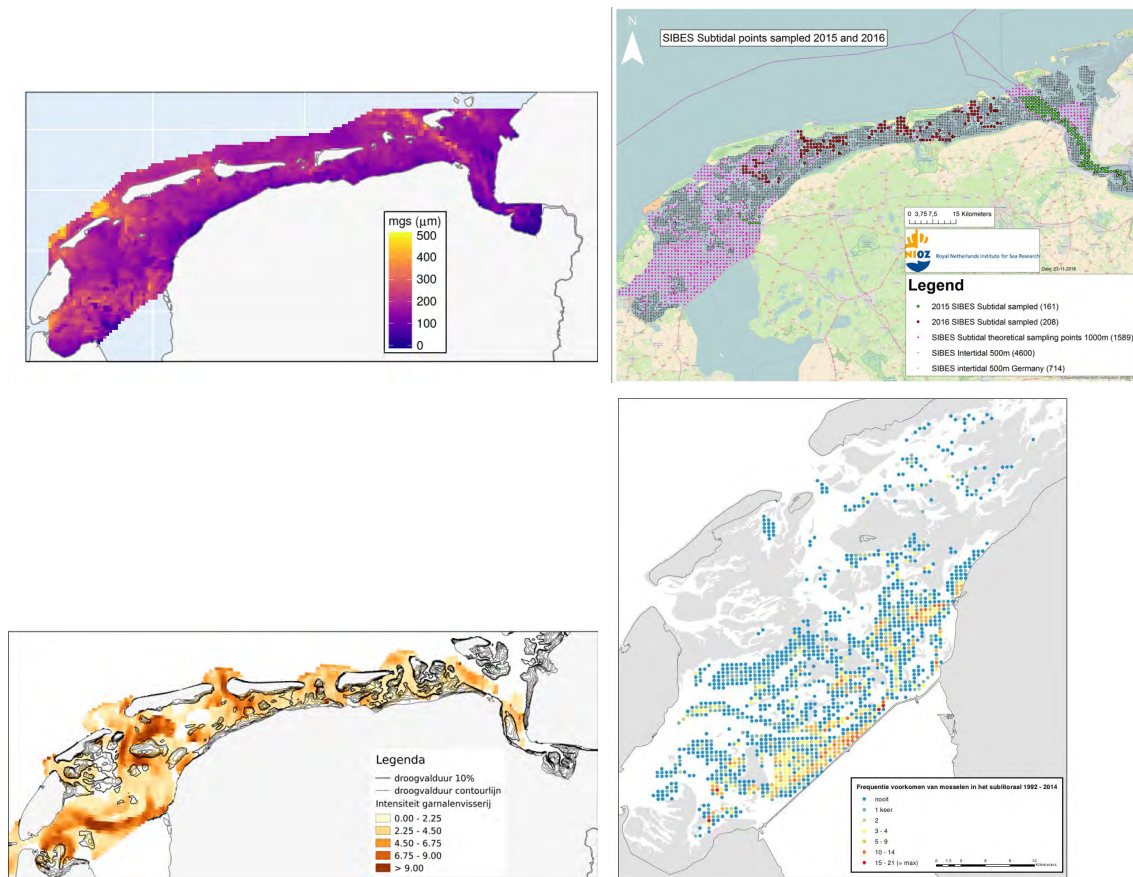


Figuur 4.3: Schelpenwinning gebieden in de Nederlandse Waddenzee (data: wetten.overheid.nl/BWBR0028498/2010-10-01). Van de schelpenwingsgebieden is geen GIS bestand gevonden en is daarom niet gecombineerd met de andere gebruiksgegevens.

4.3 Relatie tussen het voorkomen van organismen, abiotische condities en menselijk gebruik

Zoals in Hfdst. 1 is beargumenteerd kan ecologische proces kennis helpen om verwachtingen over ecologische ontwikkelingen te generen wanneer een gebied voor garnalenvisserij wordt gesloten. Deze kennis is momenteel zeer beperkt maar kan met betrekking tot de probleemstelling wel ontwikkeld worden.

Figuur 4.4 illustreert een combinatie van bestaande en nog te verzamelen gegevens die gebruikt zouden kunnen worden om statistische modellen op te stellen die de relaties tussen organismen e.o. habitats en abiotische factoren en menselijk gebruik beschrijven. Dergelijke modellen kunnen worden gebruikt om beter inzicht te krijgen in de effecten van menselijk gebruik en de potentiële ontwikkelingen van de sublitorale natuur in de gehele Waddenzee wanneer menselijk gebruik (zoals garnalenvisserij) wordt beperkt. Voor een beschrijving van principes en voorbeelden van mogelijkheden wordt verwezen naar enkele voorbeelden uit de wetenschappelijk literatuur (Guisan *et al.*, 2013; Lauria *et al.*, 2015; Folmer *et al.*, 2016).



Figuur 4.4: Data die gebruikt kunnen worden voor statistische analyse ter ontwikkeling van begrip van ecologische processen en de effecten van menselijk gebruik (hier garnalenvisserij)

5 Conclusies en aanbevelingen

Dit rapport geeft een beknopte beschrijving en illustratie van SCP methodologie die gebruikt kan worden om gebieden te kiezen om te sluiten voor garnalenvisserij. Een belangrijk element van SCP betreft participatieve processen waarbij stakeholders gezamenlijk begrip ontwikkelen over het socio-ecologische systeem en gezamenlijk doelstellingen definiëren. Het wetenschappelijke onderdeel bij SCP betreft data analyse, modellering en monitoring. Binnen de internationale natuurbescherming zijn de principes van SCP gemeengoed geworden. In het Waddengebied wordt SCP in (te) beperkte mate toegepast.

5.1 Vraagstellingen Waddenfonds

Te sluiten gebieden Het Waddenfonds wil vanuit een ecologisch gezichtspunt inzicht in de natuurwaarden en de meest geschikte gebieden om te sluiten voor garnalenvisserij en voor natuurmaatregelen. De eerste vraagstelling is als volgt geformuleerd. „*Welke bruto-gebieden (positionering en omvang) in de Waddenzee zijn vanuit een ecologisch standpunt het meest effectief om te sluiten?*”

Beantwoording van deze vraag om duiding van natuurwaarden en doelstellingen. Duiding van natuurwaarden kan verkregen worden met behulp van principes uit SCP, met name participatieve stakeholder processen (sectie 1.2). Vervolgens zijn adequate gegevens nodig over de huidige en potentiële verspreiding/dichtheid van organismen en abiotische condities en menselijk gebruik door de gehele sublitorale Waddenzee. Op basis van verschillen tussen huidige en potentiële verspreiding en dichtheid kan inzicht geboden worden in de geschiktheid van gebieden om te sluiten voor garnalenvisserij. Dit rapport laat zien dat er bruikbare gegevens voor demersale vis beschikbaar zijn maar dat essentiële gegevens over bodemdieren voor een belangrijk deel ontbreken. Met name is er weinig bekend over sublitorale bodemdieren in de oostelijke Nederlandse Waddenzee. Wel zijn er bruikbare gegevens over abiotische condities beschikbaar (Hfdst. 2). Deze abiotische gegevens kunnen gecombineerd worden met gegevens over de verspreiding van organismen (zoals gepresenteerd in Schückel *et al.* (2015) voor de Jadebusen en voor de westelijk Nederlandse Waddenzee door WMR opgewerkt worden) zodat inzicht in huidige potentiële verspreiding met behulp van statistische modellen ontwikkeld kan worden. Het verdient de (sterke) aanbeveling om prognoses gebaseerd op ecologische modellen te combineren met empirische validatie.

Natuurmaatregelen „*Welke natuurmaatregelen zijn zinvol in de gesloten gebieden (hierbij rekening houden met ervaring tot nu toe)? Hierbij gaat het om het potentieel voorkomen (dus deelgebieden die in principe geschikt zijn voor bepaalde soorten zoals zeegras en mosselbanken, maar waar deze soorten op dit moment niet voorkomen).*”

In de Nederlandse Waddenzee worden sinds lange tijd natuurherstelmaatregelen uitgevoerd. Het nemen van natuurmaatregelen is controversieel. Enerzijds wordt ingrijpen als positief gezien omdat de verwachting is dat dit de biodiversiteit/natuurwaarden ten

goede komt. Anderzijds kan gesteld worden dat het nemen natuurmaatregelen in tegenpraak is met bijvoorbeeld principes van UNESCO werelderfgoed natuur waarbij een natuurlijke ontwikkeling voorop staat en menselijke invloed geminimaliseerd is.

Er zijn zeegras herstel projecten geweest waarmee getracht is om litorale en recentelijk ook sublitorale zeegrasvelden te laten ontstaan. Tot dusver hebben deze initiatieven niet geleid tot het ontstaan van blijvende zeegrasvelden (Korporaal *et al.*, 2016); het is onduidelijk waarom dit zo is. Het is in deze context van belang om op te merken dat er vrij weinig bekend is over de historische situatie van litoraal zeegras in de Nederlandse Waddenzee (Folmer *et al.*, 2016). In de jaren '30 waren er nog wel grote velden sublitoraal zeegras in de westelijke Waddenzee (den Hartog & Polderman, 1975). Deze sublitorale velden zijn waarschijnlijk verdwenen door een schimmelziekte en de aanleg van de Afsluitdijk waardoor de hydromorfologische omstandigheden sterk veranderden. Het is onwaarschijnlijk dat de huidige condities in de Waddenzee geschikt zijn voor de groei van groot zeegras.

In de projecten *Mosselwad* en *Waddensleutels* zijn ook pogingen ondernomen om litorale en sublitorale mosselbanken aan te leggen. Ook binnen deze projecten is het niet gelukt om blijvende banken aan te leggen. In deze context is het interessant om te constateren dat door natuurlijke broedval de mosselbank arealen sterk kunnen fluctueren (Folmer *et al.*, 2014) en recentelijk in zowel het litoraal als het sublitoraal de arealen sterk zijn toegenomen als gevolg van een vooral in het sublitoraal uitzonderlijk goede zaadval¹.

Verder laat het werk van Schückel *et al.* (2015) zien dat soorten zoals de anemoon *Urticina felina* voordeel kunnen hebben aan de aanwezigheid van harde substraten in het sublitoraal. Met name doordat de heterogeniteit van het milieu met harde substraten toeneemt kan biodiversiteit toenemen (Gittenberger *et al.*, 2010). Het aantal studies dat betrekking heeft op de ecologische waarden rondom hard substraat in de Waddenzee is zeer beperkt. Hierdoor is het niet goed vast te stellen welke soorten zich onder de verschillende mogelijke condities (abiotische milieu, substraat type) zullen vestigen.

In hoeverre natuurmaatregelen zinvol zijn in de gesloten gebieden is moeilijk te beantwoorden. Op basis van de ervaring tot nu toe is er weinig reden tot optimisme. Omdat de milieucondities voor sublitoraal zeegras ongeschikt lijken te zijn is het onwaarschijnlijk dat natuurmaatregelen gericht op sublitoraal zeegras effect zullen hebben. Het verdient wel de aanbeveling om beter inzicht in de milieucondities te krijgen door middel van een combinatie van monitoring en hydrodynamische en ecologische modellering. Met name is het nuttig en interessant om beter inzicht te krijgen in de ontwikkelingen van de milieucondities wanneer garnalenvisserij wordt uitgesloten. Indien de milieucondities gunstiger worden voor de groei van zeegras of mosselbanken kan alsnog onderzocht worden of additionele natuurmaatregelen zinvol zijn.

¹rijkewaddenzee.nl/nieuws/bijzonder-veel-mosselzaad-in-westelijke-waddenzee

5.2 Aanbevelingen

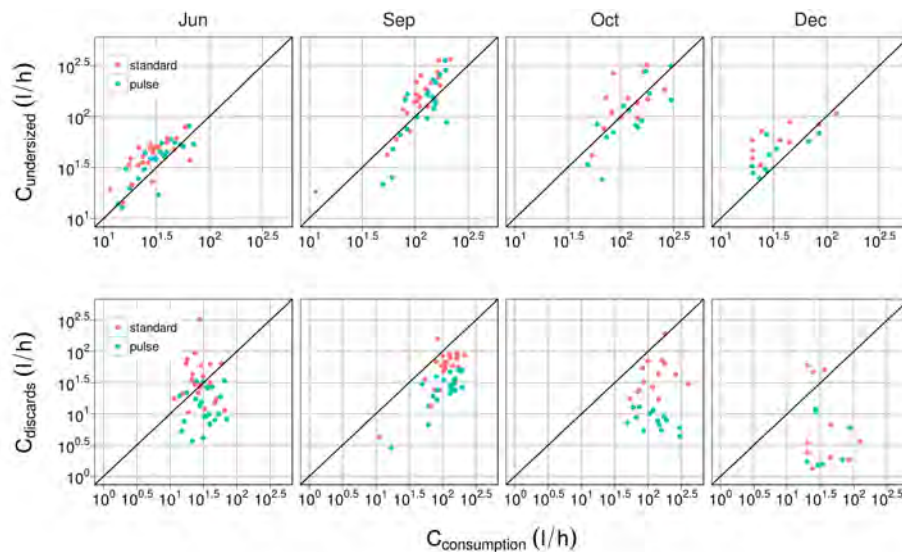
Zoals hierboven beschreven (en in de opdrachtbrief is aangekondigd) biedt dit rapport onvoldoende onderbouwing voor zorgvuldige keuzes. De volgende stappen worden aanbevolen om tot breed gedragen en wetenschappelijk onderbouwd beleid te komen (zie ook sectie 1.2).

1. Stakeholder afstemming om de subjectieve natuurwaarden te duiden.
2. Betrekking van meerdere data sets
 - (a) Garnalenvisserij bijvangst data voor temporele analyse
 - (b) Sublitorale benthos data RIVO/Marinx, via WMR (sectie 1.4)
 - (c) Meer gedetailleerd inzicht in bodemberoering door mosselzaadvissers, schelpenwinning, zandwinning en baggerwerkzaamheden
 - (d) Gebruik en analyse van visserij gegevens (VMS) op hoge spatio-temporele resolutie. Het is interessant om te weten of er systematische verschuivingen van visserij intensiteit hebben plaatsgevonden. Deze gegevens kunnen enerzijds gebruikt worden voor analyses voor de relaties tussen voorkomen van organismen en habitats en het gebruik door visserij. Deze gegevens zijn ook van belang om een beter inzicht te hebben in het gebruik tussen de jaren (zie punt 3, hieronder).
3. Data analyse en de ontwikkeling van habitat distributie modellen (HDM) om inschattingen te kunnen maken van de verwachte ontwikkeling van natuurwaarden wanneer garnalenvisserij wordt uitgesloten. Folmer *et al.* (2016) hebben voor litoraal zeegras in de trilaterale Waddenzee een HDM (ook wel „kanskaart” genoemd) ontwikkeld ter ondersteuning van beleid. Dergelijke analyses en modelontwikkeling is ook mogelijk voor sublitorale natuur. Het is voor dergelijke analyses ook belangrijk om gebruik te maken van gegevens over menselijk gebruik. Altenburg en Wymenga hebben een hotspotkaart samengesteld op basis van verschillende „kanskaarten” over mosselbanken en zeegras. De kanskaarten zijn ontwikkeld op basis van beperkte informatie en validatie van de modelvoorspellingen ontbreken waardoor het niet goed mogelijk is om de kwaliteit van de voorspellingen te beoordelen. De praktijk tot nu toe laat zien dat de kans op succes van introductieprogramma’s van mosselen en zeegras op de meest kansrijk geachte locaties laag is.
4. Betrekking van de economische waarde van gebieden bij de identificatie van te sluiten gebieden. De visserij intensiteit varieert sterk tussen de verschillende gebieden. Bepaalde gebieden worden bijna niet bevestigd en sommige delen worden vaak bevestigd. Voor verstoringsgevoelige, langlevende organismen en habitats kan het effect van eenmaal bevestigd groot zijn terwijl de economische baten van het gebruik van een dergelijk gebied laag zijn. Indien getracht wordt om de hoogste

beschermingseffectiviteit te behalen dan verdient het de aanbeveling om te zoeken naar gebieden waar de ecologische potentie hoog is en de economische belangen laag zijn. Figuur 5.1 afkomstig uit (Folmer & van der Meer, 2016) illustreert het gebruik van een combinatie van economische en ecologische aspecten. In de figuur staat de bijvangst (l/h, liter per uur) uitgezet tegen de vangst van consumptie garnalen (l/h). Om de bijvangst per hoeveelheid consumptiegarnalen te beperken moet gestreefd worden naar een minimalisatie van deze verhouding. Volgens hetzelfde principe kan gezocht worden naar gebieden waar relatief weinig gevangen wordt (en dus gevist) in relatie tot de (potentiële) ecologische waarde.

5. Betrek dynamische evolutionaire en ecologische processen (zoals geboorte, sterfte, dispersie, metapopulatie processen, predatie, biogeochemie in de zeebodem) bij planning en identificatie van gebieden. Een belangrijke reden om rekening te houden met deze processen is dat de huidige beschrijving van de natuurwaarden een momentopname betreffen die gedateerd raken wanneer condities wijzigen. Een andere reden is dat de biodiversiteit en natuurwaarden ontstaan door ecologische processen. Het verdient de aanbeveling om bij planning rekening te houden met deze processen (Pressey *et al.*, 2007).
6. Uit het rapport blijkt dat de huidige data en ecologische proceskennis te beperkt zijn om tot solide onderbouwing van een gebiedskeuze te komen. Het is daarom ook niet goed mogelijk om verwachtingen te genereren over de ecologische ontwikkelingen die zullen plaatsvinden na sluiting. Daarom is het van belang om ervoor te zorgen dat er geleerd kan worden van de sluitingsmaatregelen. Dat is mogelijk door sluiting als maatregel te bestuderen die gepaard gaat met adequate langjarige monitoring. Het voert te ver om hier de benodigde monitoring in detail te behandelen maar het is van belang dat er rekening gehouden wordt met ecologische processen en ritmiek. Zo is het bijvoorbeeld nodig dat er rekening gehouden wordt met de biologie van eventuele doelsoorten¹. Bijvoorbeeld, voor spiering, adulte schar, wijting en kabeljauw dient de monitoring in de winter of vroege voorjaar plaats te vinden in plaats van in de nazomer. Omdat de Waddenzee zeer dynamisch is en omdat ecologische processen vaak langzaam verlopen en vanwege ruimtelijke in de processen is het van belang dat er gekozen wordt voor hydrodynamisch rustige en relatief grote gebieden die ook voor lange tijd gesloten blijven vanwege het stochastische milieu. Verder is het van belang dat voorafgaand de sluiting ook monitoring plaatsvindt en dat eventuele andere bodemberoerende activiteiten worden uitgesloten.

¹Ervan uitgaande dat een keuze gemaakt wordt voor specifieke natuurwaarden of doelsoorten



Figuur 5.1: Effectiviteit van elektrische puls garnalenvisserij ten opzichte van traditionele boomkor garnalenvisserij in verschillende maanden. De effectiviteit is hier de vangst van garnalen in relatie tot de bijvangst (ondermaatse garnalen en andere soorten vis). Dit voorbeeld - afkomstig uit Folmer & van der Meer (2016) - dient ter illustratie van het gebruik van een combinatie van economische en ecologische baten bij besluitvorming omtrent gebiedsbescherming.

Dankwoord

Ik wil de Waddenacademie en met name Katja Philippart, Klaas Deen en Jouke van Dijk danken voor de interessante en belangrijke opdracht, discussie en commentaar op eerdere versies van dit rapport. Ook dank ik Els van der Zee, Marnix van Stralen, Karin Troost, Wouter van der Heij en Ingrid Tulp voor zeer nuttige informatie, discussie en input op dit rapport.

Referenties

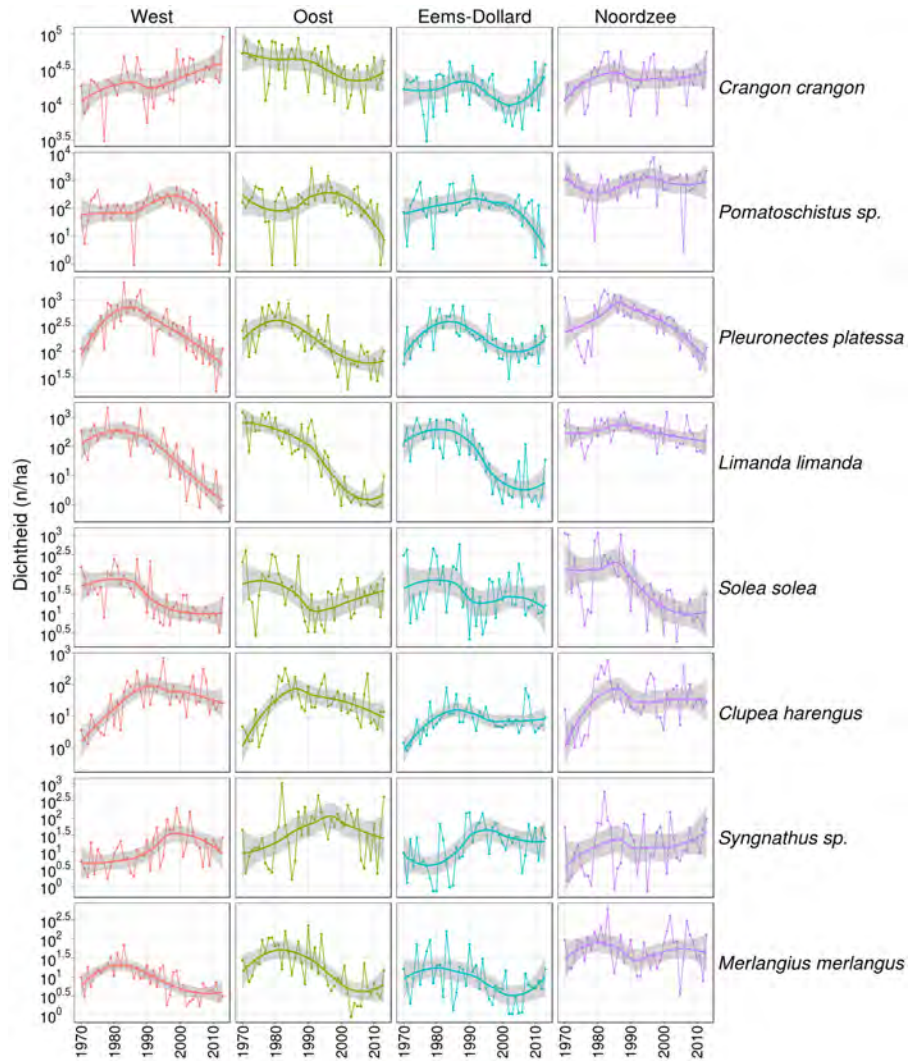
- Agüera, A., Schellekens, T., Jansen, J.M. & Smaal, A.C. (2015). Effects of osmotic stress on predation behaviour of *Asterias rubens* L. *Journal of Sea Research*, 99, 9–16.
- Buhs, F. & Reise, K. (1997). Epibenthic fauna dredged from tidal channels in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein: spatial patterns and a long-term decline. *Helgoländer Meeresunters.*, 51, 343–359.
- Burchard, H. & Bolding, K. (2002). GETM - a General Estuarine Transport Model. Scientific documentation. Technical Report EUR 20253 EN.
- CWSS (2009). Wadden Sea Quality Status Report 2009. Tech. Rep. 25, CWSS, Wilhelmshaven, Germany.
- Donker, J.J.A. (2015). *Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea*.
- Elias, E.P.L., Spek, A.J.F.v.d., Wang, Z.B. & Ronde, J.d. (2012). Morphodynamic development and sediment budget of the Dutch Wadden Sea over the last century. *Netherlands Journal of Geosciences*, 91, 293–310.
- Folmer, E. (2012). Kombergingen en Mosselbanken. Tech. rep., Programma naar een Rijke Waddenzee, Leeuwarden.
- Folmer, E.O., Drent, J., Troost, K., Büttger, H., Dankers, N., Jansen, J., Van Stralen, M., Millat, G., Herlyn, M. & Philippart, C.J.M. (2014). Large-Scale Spatial Dynamics of Intertidal Mussel (*Mytilus edulis* L.) Bed Coverage in the German and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems*, 17, 550–566.
- Folmer, E.O. & van der Meer, J. (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., Van Beusekom, J.E.E., Dolch, T., Gräwe, U., Katwijk, M.M., Kolbe, K. & Philippart, C.J.M. (2016). Consensus forecasting of intertidal seagrass habitat in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology*, 53, 1800–1813.
- Gittenberger, A., Rensing, M., Stegenga, H. & Hoeksema, B.W. (2010). Native and non-native species of hard substrata in the Dutch Wadden Sea. Tech. Rep. 33.
- Glorius, S.T., Craeymeersch, J.A.M., Van der Hammen, T., Rippen, A.D., Cuperus, J., van der Weide, B.E., Steenbergen, J. & Tulp, I.Y.M. (2015). Effecten van garnalenvisserij in Natura 2000 gebieden. Tech. rep., IMARES.

- 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.
- Guisan, A., Tingley, R., Baumgartner, J.B., Naujokaitis-Lewis, I., Sutcliffe, P.R., Tulloch, A.I., Regan, T.J., Brotons, L., McDonald-Madden, E., Mantyka-Pringle, C. & others (2013). Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecology letters*, 16, 1424–1435.
- den Hartog, C. & Polderman, P. (1975). De zeegrassen in de Waddenzee. *Wet. Meded. K.N.N.V.*, pp. 1–32.
- Holling, C.S. (1978). *Adaptive Environmental Assessment and Management*. John Wiley & Sons.
- Korporaal, M., van Heusden, W., Oterdoorn, T. & Snoek, R. (2016). Toekomstvisie Zeegras - samen bouwen aan een biobouwer. Tech. rep., PRW, Leeuwarden.
- Lauria, V., Gristina, M., Attrill, M.J., Fiorentino, F. & Garofalo, G. (2015). Predictive habitat suitability models to aid conservation of elasmobranch diversity in the central Mediterranean Sea. *Scientific Reports*, 5, 13245.
- Levin, S., Xepapadeas, T., Crépin, A.S., Norberg, J., Zeeuw, A.d., Folke, C., Hughes, T., Arrow, K., Barrett, S., Daily, G., Ehrlich, P., Kautsky, N., Mäler, K.G., Polasky, S., Troell, M., Vincent, J.R. & Walker, B. (2013). Social-ecological systems as complex adaptive systems: modeling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18, 111–132.
- Margules, C.R. & Pressey, R.L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature*, 405, 243–253.
- McCarthy, M.A., Thompson, C.J. & Williams, N.S.G. (2006). Logic for designing nature reserves for multiple species. *Am. Nat.*, 167, 717–727. WOS:000237207100009.
- McLain, R.J. & Lee, R.G. (1996). Adaptive management: Promises and pitfalls. *Environmental Management*, 20, 437–448.
- Pieraccini, M. (2015). Rethinking Participation in Environmental Decision-Making: Epistemologies of Marine Conservation in South-East England. *J Environmental Law*, 27, 45–67.
- Pressey, R.L., Cabeza, M., Watts, M.E., Cowling, R.M. & Wilson, K.A. (2007). Conservation planning in a changing world. *Trends In Ecology & Evolution*, 22, 583–592.
- Reise, K. (2013). *A natural history of the Wadden Sea*. Wadden Academy.

- Schückel, U., Beck, M. & Kröncke, I. (2015). Macrofauna communities of tidal channels in Jade Bay (German Wadden Sea): spatial patterns, relationships with environmental characteristics, and comparative aspects. *Mar Biodiv*, pp. 1–15.
- Smaal, A., Brinkman, A., Schellekens, T., Jansen, J., Agüera, A. & Van Stralen, M. (2014). Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken. Tech. Rep. C066.14, IMARES, Wageningen, Netherlands.
- Trombulak, S.C. & Baldwin, R. (2010). *Landscape-scale Conservation Planning*. Springer Science & Business Media. Google-Books-ID: de3wYwbJ9YgC.
- Troost, K., Stralen, M., Zweeden, C. & Brinkman, B. (2015). Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992 - 2013. Tech. Rep. C062/15, IMARES.
- Tulp, I., Bolle, L.J. & Rijnsdorp, A.D. (2008). Signals from the shallows: In search of common patterns in long-term trends in Dutch estuarine and coastal fish. *Journal of Sea Research*, 60, 54–73.
- Tulp, I., Walker, P. & Bolle, L. (2012). Ontwikkelingen van vis en visserij in de Nederlandse Waddenzee. *De Levende Natuur*, 113, 89–95.
- Van Beek, F.A., Rijnsdorp, A.D. & De Clerck, R. (1989). Monitoring juvenile stocks of flatfish in the Wadden Sea and the coastal areas of the southeastern North Sea. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, 43, 461–477.
- 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.
- Walker, B. & Salt, D. (2012). *Resilience Practice: Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*. Island Press. Google-Books-ID: LAEBev5Ljr8C.
- Watling, L. & Norse, E.A. (1998). Disturbance of the Seabed by Mobile Fishing Gear: A Comparison to Forest Clearcutting. *Conservation Biology*, 12, 1180–1197.
- Wolff, W. (2000). The south-eastern North Sea: losses of vertebrate fauna during the past 2000 years. *Biological Conservation*, 95, 209–217.
- Ysebaert, T. & Herman, P.M.J. (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.

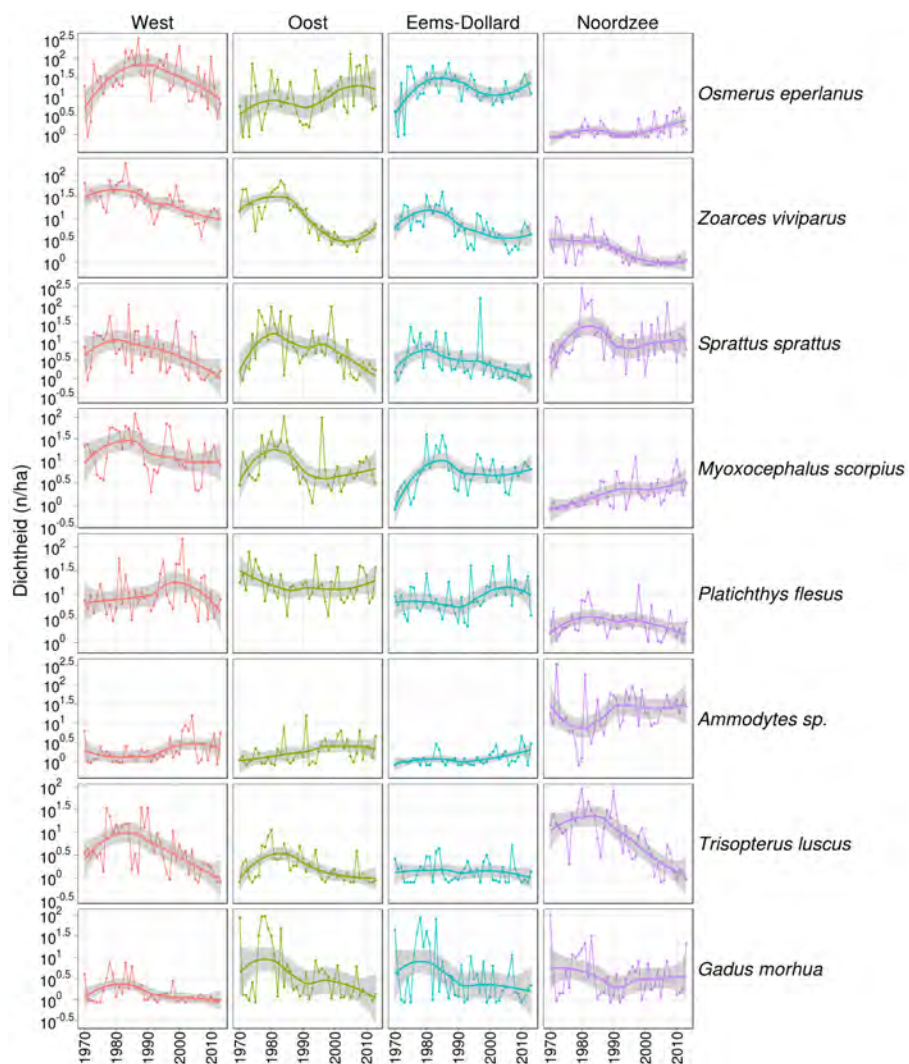
A Vis

A.1 Trends



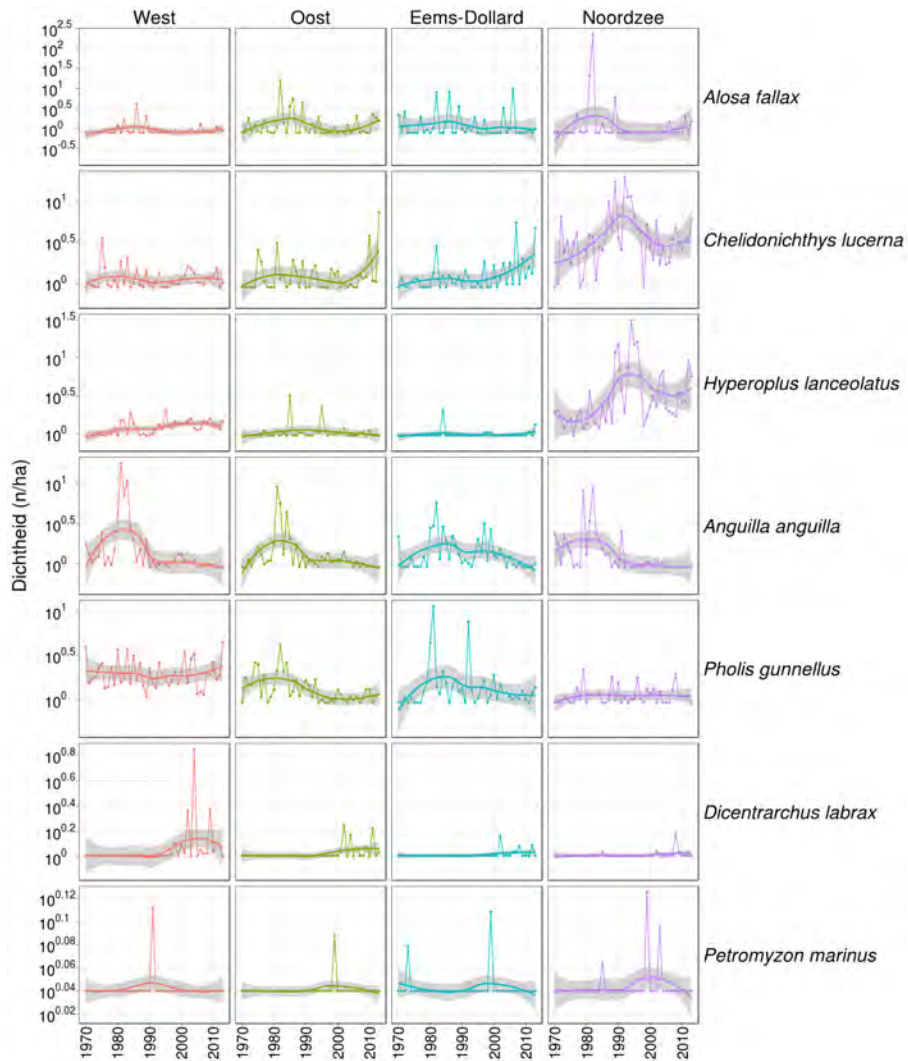
(a) Top 8 soorten

Figuur A.1: Gemiddelde dichtheid van de geselecteerde vissoorten in de periode 1970-2013 in de westelijke en oostelijke Waddenzee, Eems-Dollard en de Noordzee. De volgorde is gebaseerd op de gemiddelde dichtheid (meest talrijke eerst)



(b) Soorten 9 - 16

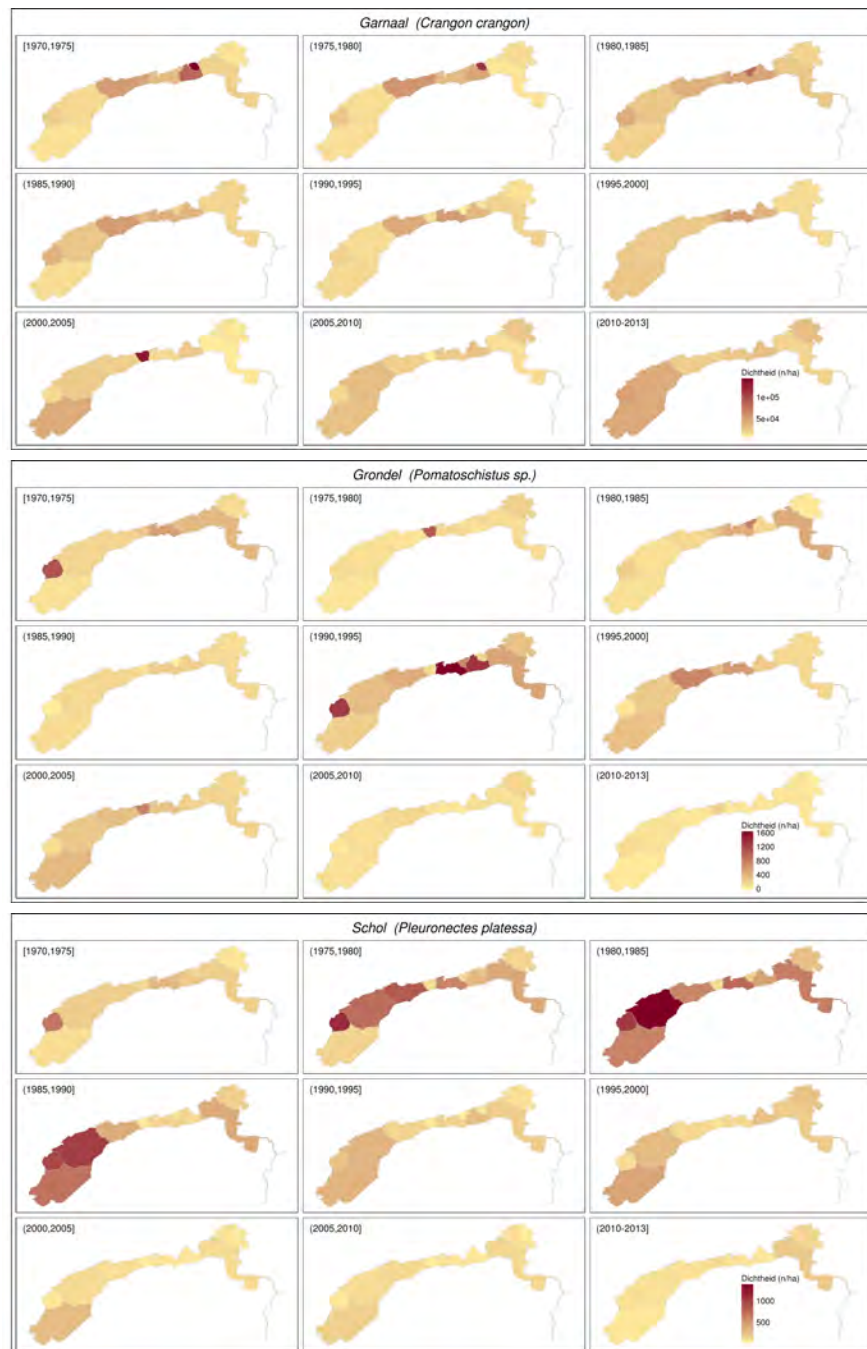
Figuur A.1: Gemiddelde dichtheid van de geselecteerde vissoorten in de periode 1970-2013 in de westelijke en oostelijke Waddenzee, Eems-Dollard en de Noordzee. De volgorde is gebaseerd op de gemiddelde dichtheid (meest talrijke eerst)



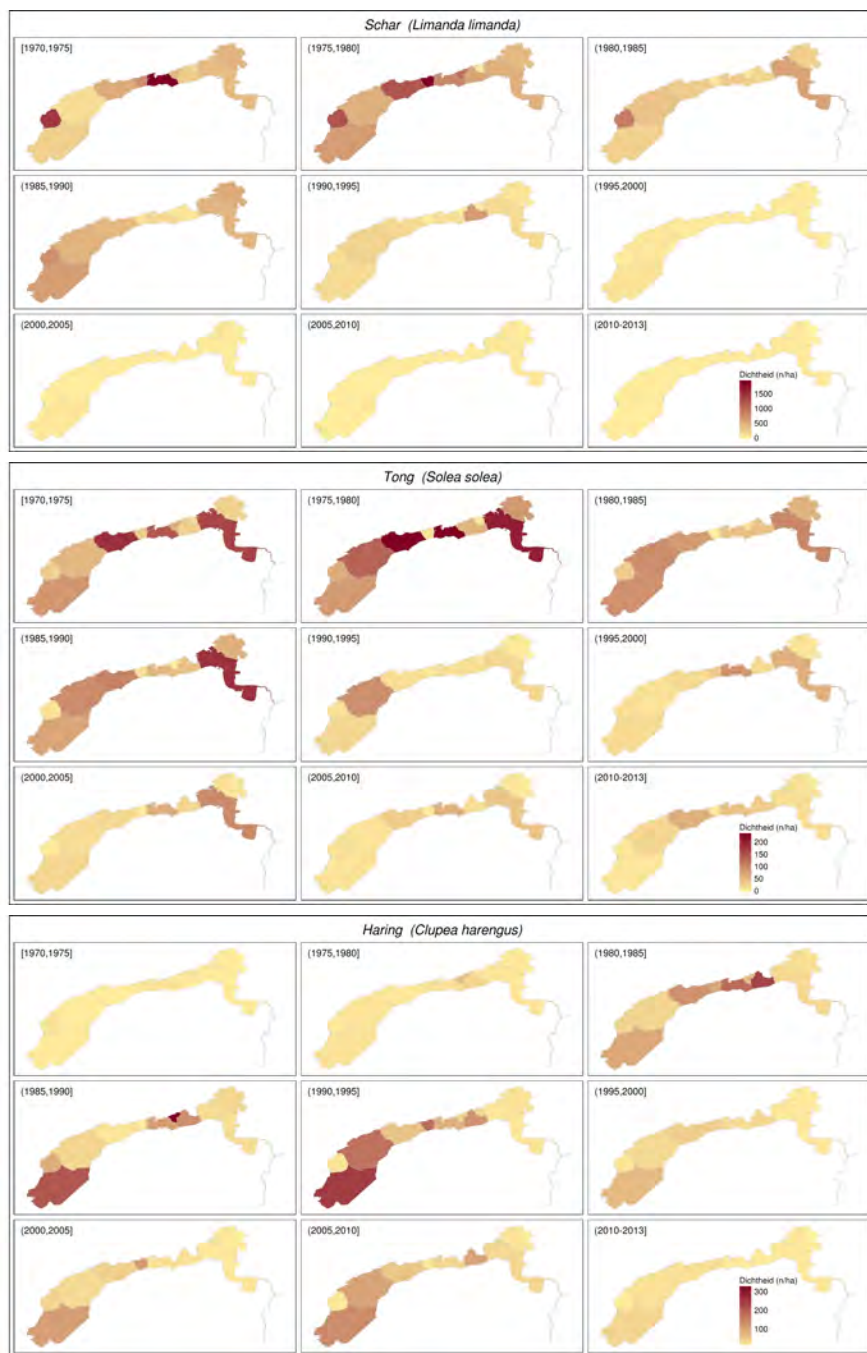
(c) Soorten 17 - 23

Figuur A.1: Gemiddelde dichtheid van de geselecteerde vissoorten in de periode 1970-2013 in de westelijke en oostelijke Waddenzee, Eems-Dollard en de Noordzee. De volgorde is gebaseerd op de gemiddelde dichtheid (meest talrijke eerst).

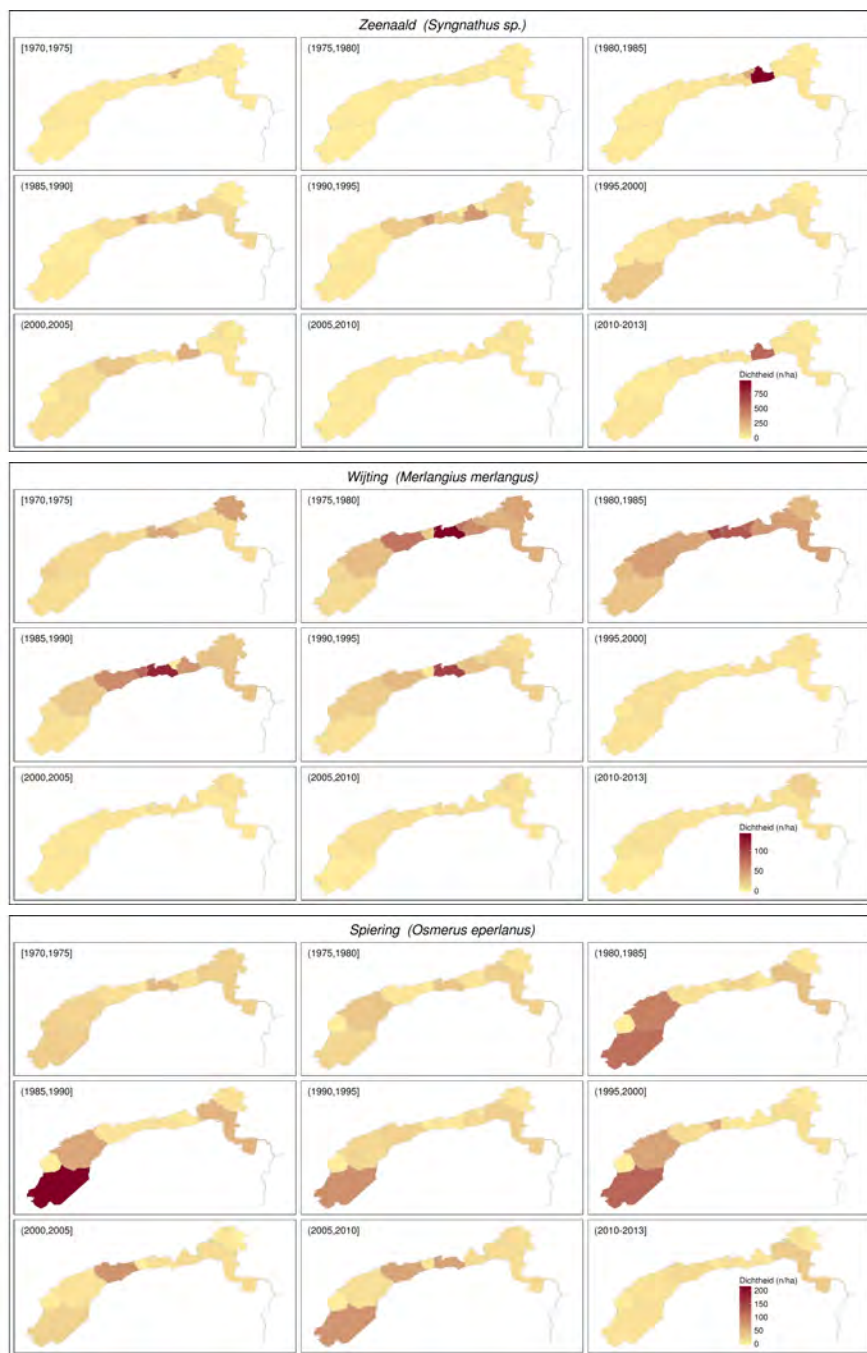
A.2 Kaarten



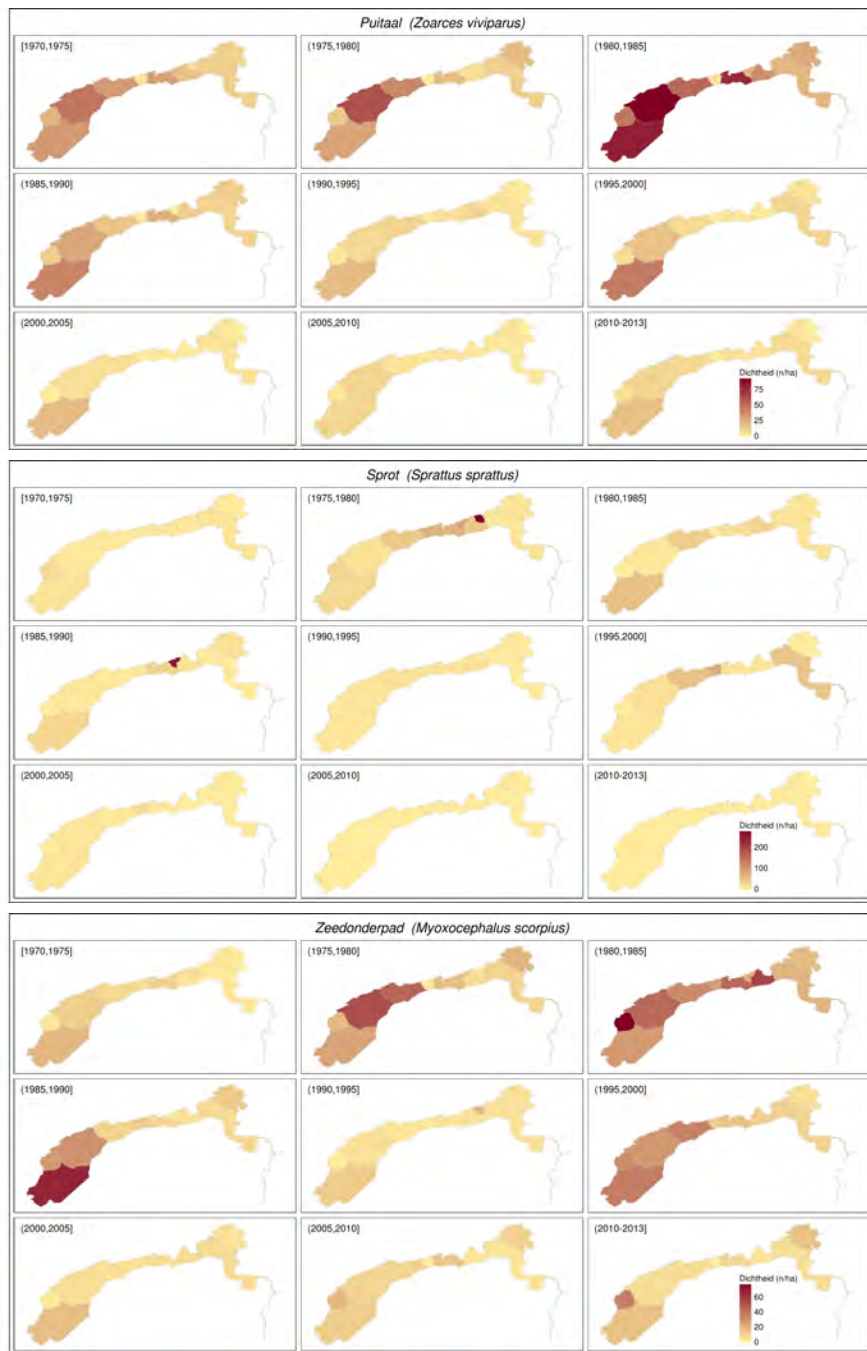
Figuur A.2: Gemiddelde dichtheden van garnalen (*Crangon crangon*), grondels (*Pomatoschistus sp.*) en schol (*Pleuronectes platessa*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



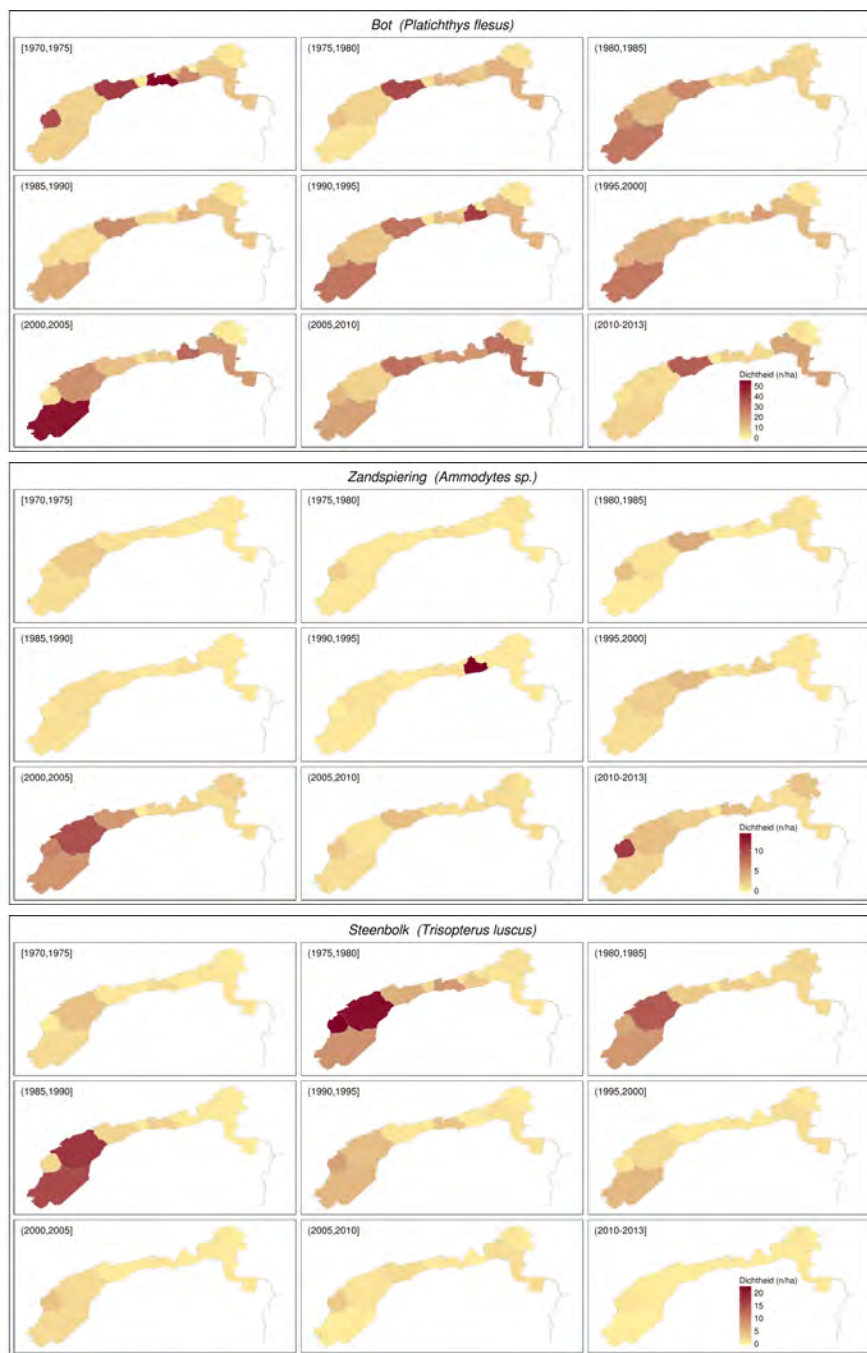
Figuur A.3: Gemiddelde dichtheden van schar (*Limanda limanda*), tong (*Solea solea*) en haring (*Clupea harengus*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



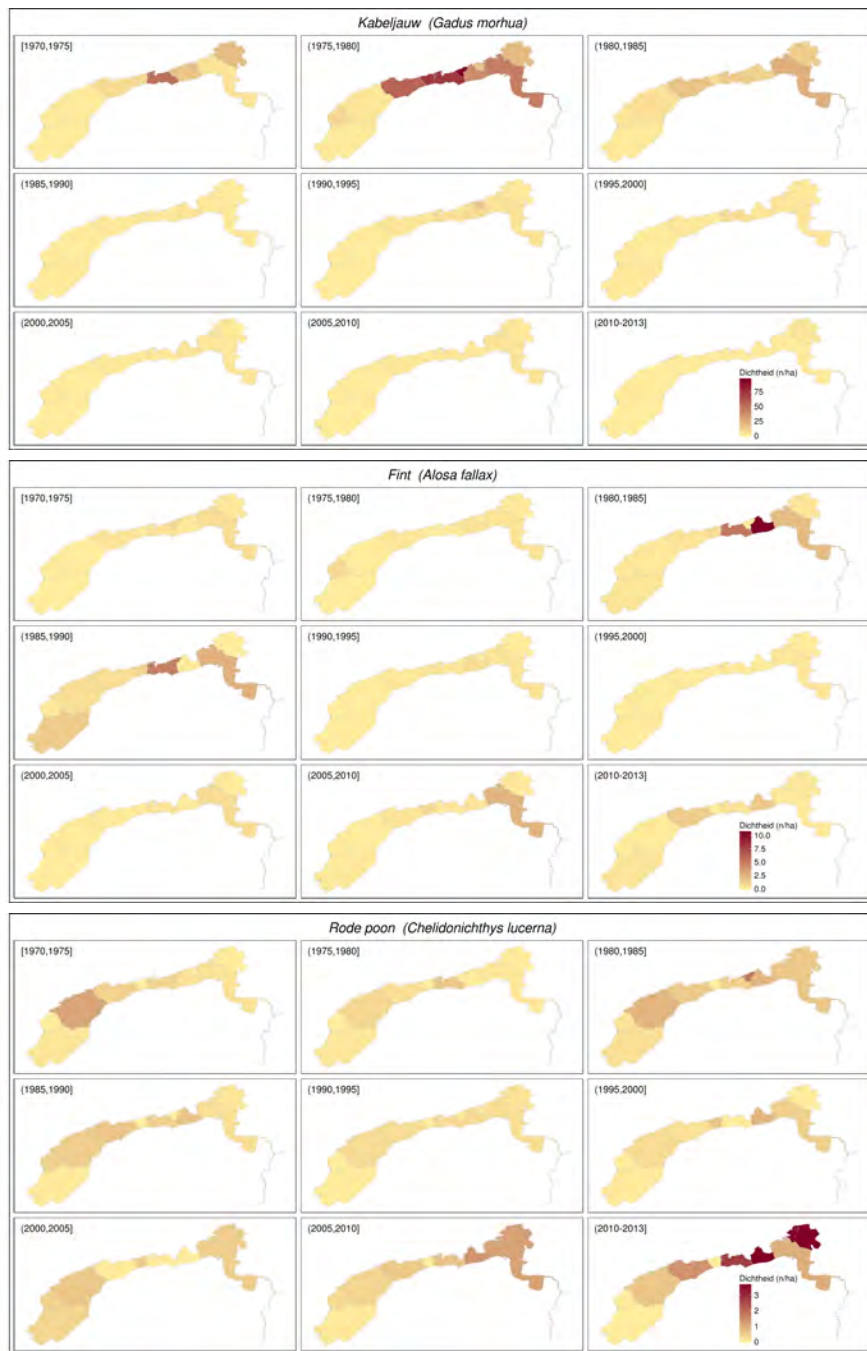
Figuur A.4: Gemiddelde dichtheden van zeenaald (*Syngnathus sp.*), wijting (*Merlangius merlangus*) en spiering (*Osmerus eperlanus*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



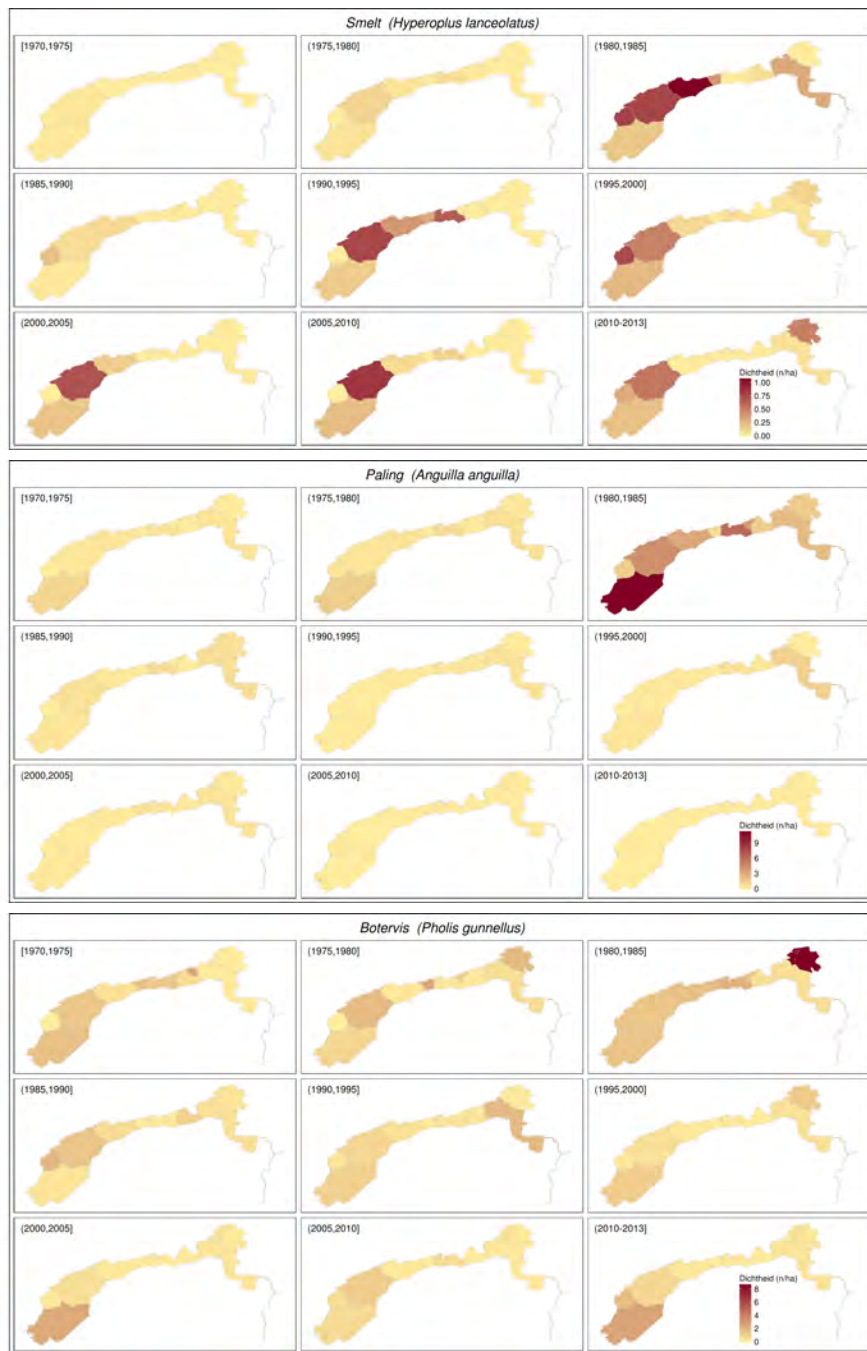
Figuur A.5: Gemiddelde dichtheden van puitaal (*Zoarces viviparus*), sprot (*Sprattus sprattus*) en zeedonderpad (*Myoxocephalus scorpius*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



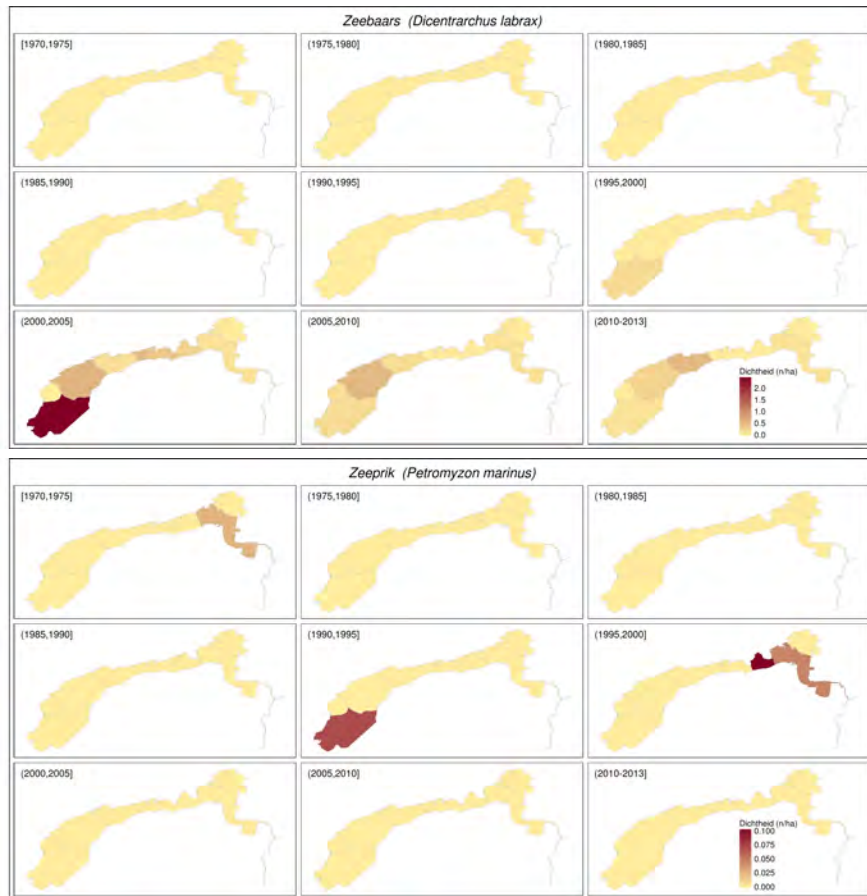
Figuur A.6: Gemiddelde dichtheden van Bot (*Platichthys flesus*), zandspiering (*Ammodytes sp.*), steenbolk (*Trisopterus luscus*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



Figuur A.7: Gemiddelde dichtheden van en kabeljauw (*Gadus morhua*), fint (*Alosa fallax*) en rode poon (*Chelidonichthys lucerna*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



Figuur A.8: Gemiddelde dichtheden van en smelt (*Hyperoplus lanceolatus*), paling (*Anguilla anguilla*) en botervis (*Pholis gunnellus*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.



Figuur A.9: Gemiddelde dichtheden van en zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) en zeeprik (*Petromyzon marinus*) per komberging in de Nederlandse Waddenzee in de periode 1970-2013.