



Effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op ontwikkeling meerjarige mosselbanken en bodemdiergemeenschap

Helpdeskvraag 1b in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028)

Auteur(s): Karin Troost, Lisanne van den Bogaart, Henrice Jansen

Wageningen University &
Research rapport C074/19

Effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op ontwikkeling meerjarige mosselbanken en bodemdiergemeenschap

Helpdeskvraag 1b in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028)

Auteur(s): Karin Troost, Lianne van den Bogaart, Henrice Jansen

Wageningen Marine Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Marine Research in opdracht van en gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema "Natuurinclusieve visserij" (projectnummer BO-43-023.02.042)

Wageningen Marine Research
Yerseke, Juli 2019

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C074/19

Keywords: gesloten gebieden, bodemdieren

Opdrachtgever: Ministerie van LNV
T.a.v.: ir. B. Streefland
Bezuidenhoutseweg 73
2594 AC Den Haag

BO-43-023.02-042

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/497048>

Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research is ISO 9001:2015 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigt door Dr. M.C.Th.
Scholten, Algemeen directeur

KvK nr. 09098104,
WMR BTW nr. NL 8113.83.696.B16.
Code BIC/SWIFT address: RABONL2U
IBAN code: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor
gevolg schade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de
resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Wageningen
Marine Research opdrachtgever vrijwaart Wageningen Marine Research van
aanspraken van derden in verband met deze toepassing.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag weergegeven en/of
gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden
zonder schriftelijke toestemming van de uitgever of auteur.

A_4_3_1 V28 (2018)

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Kennisvraag en Aanpak	7
2 Overzicht van gebieden gesloten voor visserij en de ontwikkelingen van meerjarige mosselbanken en het bodemleven	9
2.1 Overzicht visserij	10
2.2 Gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij	12
2.2.1 Litoraal – gesloten sinds begin jaren '90	12
2.2.2 Vergelijking tussen proefvakken die wel/niet bevestigd werden – 2006/2012	14
2.2.3 De Vlieter en Breezanddijk – gesloten sinds 2009/2010	16
2.2.4 Meerdere gebieden in Westelijke Waddenzee – gesloten sinds 2015	16
2.3 Gebieden gesloten voor kokkelvisserij	18
2.4 Gebieden gesloten voor overige visserij	22
2.4.1 Rottum (Oostelijke Waddenzee) – gesloten sinds 2005	22
2.4.2 Bodembeschermingsgebied Voordelta (PMR)	23
2.4.3 Plaice Box – gesloten sinds 1995	25
2.4.4 Habitatspecifieke effecten van boomkorvisserij op benthos – studie in de Noordzee	25
2.4.5 Effecten van boomkorvisserij en natuurlijke verstoring op benthos – studie in de Noordzee en Ierse wateren	26
3 Synthese	27
3.1 Dynamiek natuurlijke banken	27
3.2 Directe en indirecte effecten van gebiedssluiting voor mosselvisserij	28
3.2.1 Termijn van te verwachte effecten	28
3.2.2 Beschrijving van de mogelijke respons van bodemdieren op gebiedssluiting	31
3.3 Effecten gebiedssluiting versus natuurlijke dynamiek	32
3.4 Gebiedskeuze	33
3.5 Methodische uitdagingen	33
4 Conclusie	35
Literatuur	36
Verantwoording	39

Samenvatting

In het kader van de mosseltransitie is er een serie kennisvragen geformuleerd gerelateerd aan (1) mosselzaadvisserij in relatie tot beschermde gebieden en (2) vragen gerelateerd aan de kweek van mosselen en de interacties tussen mosselkweek en natuurwaarden. Deze vragen zijn via de Kennisdesk LNV uitgezet bij Wageningen Marine Research.

De huidige memo adresseert kennisvraag 1: *is uit eerdere onderzoeken bekend op welke termijn effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn?* Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn om te beginnen eerder uitgevoerde onderzoeken naar effecten van gebiedssluitingen voor schelpdiervisserij op een rijtje gezet. In de Waddenzee zijn er ook gebieden die gesloten zijn voor andere typen visserij. Omdat er wellicht ook lering getrokken kan worden uit onderzoeken naar gebiedssluitingen voor andere typen van bodemberoerende visserij, zijn ook studies naar effecten van gebiedssluitingen voor garnalervisserij en boomkorvisserij meegenomen. De huidige studie is enkel gericht op studies uitgevoerd in de Waddenzee of Nederlandse kustzone, een uitgebreid review van buitenlandse studies viel buiten de scope van de huidige helpdeskvraag.

Kort samengevat zijn de volgende studies meegenomen:

- **Sluiting voor mosselvisserij in de Waddenzee**
 - Ontwikkeling van mosselbanken en oesterbanken op de droogvallende platen van de Waddenzee na sluiting eind jaren '90;
 - Het PRODUS onderzoek (experimentele sluitingen);
 - Ontwikkeling van de mosselbanken in de in resp. 2009 en 2010 gesloten gebieden Vlieter en Breezanddijk;
 - Het MEGMA onderzoek (de gebieden die in 2004 en 2018 zijn gesloten in het kader van het mosselconvenant).
- **Sluiting voor andere vormen van schelpdiervisserij**
 - Sluiting van de gehele Waddenzee voor mechanische kokkelvisserij in 2005.
- **Sluiting voor garnalervisserij**
 - Referentiegebied Rottum in de Waddenzee, gesloten in 2005;
- **Sluiting voor boomkorvisserij**
 - PMR-NCV (monitoring compensatiemaatregelen aanleg Tweede Maasvlakte)
 - Onderzoek naar effecten van de *Scholbox*, Noordzee
 - Onderzoek naar effecten van boomkorvisserij en natuurlijke verstoringen op verschillende habitattypen in de Noordzee

De belangrijkste bevindingen uit deze studies zijn samengevat in het synthese hoofdstuk, waarbij we ons hebben gericht op de volgende onderwerpen:

- Dynamiek van natuurlijke banken (§3.1)
- Tijdsduur van te verwachte directe en indirecte effecten (§3.2.1)
- Processen die een mogelijke relatie tussen gebiedssluiting en respons van bodemdiergemeenschappen beschrijven (§3.2.2)
- Verschillen tussen effecten van gebiedssluitingen en natuurlijke variatie (§3.3)
- Het belang van de keuze van gebieden die gesloten worden voor visserij (§3.4)
- Methodische uitdagingen binnen vrijwel alle studies gericht op gesloten gebieden en de daaraan gekoppelde zekerheid waarmee conclusies getrokken kunnen worden (§3.5)

In Tabel 2 wordt een samenvatting gegeven van de belangrijkste bevinding, waarbij expliciet aandacht wordt gegeven aan de vragen OF er een effect van sluiting is aangetoond, en zo ja: op welke termijn.

Tabel 2: samenvattend overzicht van gebiedssluitingen geëvalueerd in huidige notitie, inclusief de belangrijkste resultaten m.b.t. de termijn waarop deze mogelijk zichtbaar worden.

Gebied	Gesloten voor	Termijn sluiting	Evaluatie uitgevoerd in project	Effect van sluiting aangetoond	Beschrijving effecten en termijn waarop effecten zichtbaar werden	Overige conclusies/opmerkingen
Gehele litoraal Waddenzee	Mosselzaad visserij	>20 jaar	Geen specifieke studie, jaarlijkse WOT survey	Misschien	In de Waddenzee lijkt het areaal aan schelpdierbanken zich op een termijn van ongeveer 9 jaar hersteld te hebben tot vroegere waarden. Natuurlijk herstel kan lang duren omdat herstel afhankelijk is van omvangrijke broedvallen die incidenteel plaatsvinden. Geen informatie over veranderingen van geassocieerde bodemdieren	Niet bekend of schelpdierbanken in het litoraal zich ook hersteld zou hebben als (gereguleerde) visserij plaats gevonden zou hebben. Geen referentiegebied beschikbaar. Dus of de sluiting van invloed was op het geobserveerde herstel kan niet aangetoond worden. Naast mosselbanken zijn er tegenwoordig ook substantiële arealen oester- en gemengde banken
Experimentele vakken op sublitorale banken Waddenzee	Mosselzaad visserij	Max 6 jaar	PRODUS	Ja	Mosseldichtheid neemt af direct na visserij, maar verdwijnt niet volledig Na 6 jaar waren er op 3 van de 37 locaties nog mosselbanken aanwezig, hierbij was de mosseldichtheid hoger op de niet-beviste vakken Effecten van visserij op overige bodemdieren alleen zichtbaar op korte termijn (<1.5 jaar)	Lange termijn effecten (>6 jaar) niet bestudeerd Natuurlijke variatie was groter dan visserijeffecten Mosselbanken zijn dynamisch en verdwijnen ook door natuurlijke oorzaken Mosselzaad settelt zich mogelijk slechter op plekken waar al banken aanwezig zijn
Vlieter & Breezanddijk (Waddenzee)	Mosselzaad visserij	>10 jaar	MOSSELWAD & MEGMA	Nee	n.v.t.	Mosselbanken enkele jaren na sluiting verdwenen door natuurlijke oorzaken
Meerdere gebieden in Westelijke Waddenzee	Mosselzaad visserij	5 jaar	MEGMA	Nee	n.v.t.	Toename mosselbestand in gebieden die open zijn voor visserij door grote aanwas nieuw mosselzaad in 2016
Litoraal Waddenzee	Kokkel visserij	15 jaar	Geen specifieke studie, jaarlijkse WOT survey	Ja	Het bestand meerjarige kokkels is toegenomen binnen 1-2 jaar na sluiting doordat deze niet meer bevestigd wordt. Het leidt niet tot een hogere rekrutering. Er lijken geen effecten op de bestanden nonnetjes en strandgapers	Het is onbekend of de kokkelvisserij in het verleden de populatie omvang van zeegras aangetast heeft. Omdat er geen evaluatie plaats heeft gevonden over de effectiviteit van het stopzetten van mechanische visserij is het ook onbekend of zeegrasen zijn toegenomen
Rottum (Waddenzee)	Garnalen visserij	>10 jaar	ROTTUM	Misschien	7-11 jaar na sluiting toename in soortenrijkdom van kleine bentische fauna	Niet bekend of het verschil een effect is van de gebiedssluiting of van natuurlijke morfologische veranderingen
Deel Voordelta (bodembeschermings-gebied)	Boomkor visserij	>10 jaar	PMR	Nee	n.v.t.	Visserij intensiteit vóór sluiting was gering, daarom is effect van maatregel (sluiting) lastig te evalueren. Veranderingen in abiotiek belangrijker voor bodemdiergemeenschappen dan visserijintensiteit
Noordzee - ten noorden van de Nederlandse en Duitse Waddeneilanden	Boomkor visserij	>20 jaar	Scholbox / Plaice box	Ja	Korte termijn: toename zeester en Noordzeekrab welke gerelateerd is aan stoppen boomkorvisserij Geen effect van stopzetten visserij op wormen, schelpdieren, schol en demersale vis	Niet gesloten voor alle visserijtypen
Noordzee	Boomkor visserij	n.v.t.	Evaluatie effecten visserijintensiteit	Ja		Visserij effecten sterk afhankelijk van gebied (morfologie). Aanbeveling om juist gebieden te beschermen die gevoelig zijn voor visserijverstoring

Uit de bestudeerde onderzoeken blijkt dat directe effecten van schelpdiervisserij zichtbaar zijn. Dit betreffen effecten als het onttrekken van het schelpdierbestand, directe schade aan het bodemleven en indirecte effecten doordat het habitat voor geassocieerde soorten verdwenen is door het verwijderen van mosselen (rifstructuur). Effecten anders dan het niet meer onttrekken van doelsoorten zijn echter enkel waarneembaar op de korte termijn (<1-1.5 jaar), terwijl lange termijn effecten veelal afwezig lijken. Een van de redenen hiervoor is dat de natuurlijke variatie van het ecosysteem vaak groter is dan effecten veroorzaakt door bodemberoerende visserij.

In de bestaande studies zijn geen bewijzen gevonden voor langetermijneffecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij. Hoewel het litorale areaal aan schelpdierbanken zich in ongeveer 9 jaar tijd herstelde tot vroegere waarden, kan niet aangetoond worden dat dit een effect is van gebiedssluiting. Het geeft mogelijk wel een indicatie voor de termijn waarop schelpdierbanken zich zouden kunnen herstellen in het litoraal. Of dezelfde termijn ook opgaat voor het sublitoraal is niet te zeggen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Eind 2008 hebben de Producentenorganisatie Mosselcultuur, de natuurorganisaties rond de Waddenzee verenigd in de Coalitie Wadden Natuurlijk, en het ministerie van LNV (voorheen EZ) een convenant gesloten over de Transitie van de mosselsector en natuurherstel in de Waddenzee. Het hoofddoel van de transitie is om de mosselbanken op de bodem van de Waddenzee de kans te geven zich ongestoord te ontwikkelen, terwijl de mosselsector kan blijven produceren.

In het Plan van Uitvoering uit 2010 is afgesproken dat «de visserij op natuurlijke mosselzaadbanken stapsgewijs verminderd en vervangen wordt door alternatieve manieren van zaadwinning, zodanig dat een rendabele mosselkweek mogelijk blijft». Op die manier kan de mosselsector in Nederland behouden blijven, terwijl de druk op de natuur afneemt. Het alternatief voor de visserij op de natuurlijke zaadbanken bestaat op dit moment uit mosselzaadinstallaties (MZI's).

Afgelopen jaren is via deze stapsgewijze aanpak een deel van de mosselzaadvisserij gesloten door middel van gebiedssluitingen. Momenteel is de derde stap in het transitieproces aanstaande waarbij nog eens een extra deel gesloten zal worden. Onderdeel van de derde stap in de transitie mosselvisserij is tevens de verbetering van de kwaliteit van het areaal mosselkweekpercelen in de Waddenzee. Deze verbetering is nodig om het meerdere aan MZI-zaad dat aan een derde stap is verbonden economisch rendabel te kunnen opkweken.

Om vervolgstappen in het convenant te identificeren en evalueren, is aanvullende informatie gewenst. De projectgroep Mosseltransitie heeft daartoe een serie kennisvragen opgesteld, welke vervolgens via de LNV Kennisdesk voorgelegd zijn aan Wageningen Marine Research (WMR).

1.2 Kennisvraag en Aanpak

De specifieke kennisvragen omvatten vragen gerelateerd aan (1) mosselzaadvisserij in relatie tot beschermde gebieden en (2) vragen gerelateerd aan de kweek van mosselen en de interacties tussen mosselkweek en natuurwaarden:

- 1. Is uit eerdere onderzoeken bekend op welke termijn effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn?**
2. Mosselkweek: nieuwe inzichten.
 - a. Wat valt er te zeggen over de rol van de mosselkweek in de populatiedynamiek van mosselen in de Waddenzee en is er in de huidige kweekpraktijk ruimte voor efficiëntieverbetering?
 - b. Zijn de gebieden waar nieuwe percelen komen te liggen, plekken waar van nature veel (rifvormende) schelpdieren voorkomen?
 - c. Zijn er nieuwe inzichten in het belang van mosselen als voedselbron voor andere soorten (bijvoorbeeld zeesterren, krabben, vissen en vogels).

De huidige rapportage richt zich op kennisvraag 1. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is een reeks projecten geëvalueerd waarbij verschillende gebieden in de Waddenzee gesloten zijn voor mosselzaadvisserij. Sommige gebieden zijn recent gesloten terwijl andere gebieden al meer dan 25 jaar niet meer bevestigd worden. Daarnaast zijn er gebieden in de Waddenzee en kustzones gesloten voor andere typen visserij, zoals de kokkelvisserij of garnalervisserij. Ook deze projecten worden in de huidige notitie beschreven en, ondanks dat het typen visserijen betreft met wezenlijk andere karakteristieken, wordt aangegeven of en zo ja wat er geleerd kan worden over de effecten van het stoppen van visserij op ontwikkelingen in het bodemleven, maar ook welke lessen er vanuit een

methodisch perspectief getrokken kunnen worden. De huidige kennisvraag is gericht op studies uitgevoerd in de Waddenzee of Nederlandse kustzone, een uitgebreid review van buitenlandse onderzoeken viel buiten de scope van de huidige helpdeskvraag. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de afzonderlijke projecten op basis van een literatuurreview, en in hoofdstuk 3 geven we een synthese van de verschillende projecten gericht op de hoofdvraag op welke termijn herstel van bodemleven verwacht kan worden nadat gebiedssluitingen geëffectueerd worden.

2 Overzicht van gebieden gesloten voor visserij en de ontwikkelingen van meerjarige mosselbanken en het bodemleven

In de laatste decennia zijn er verschillende gebieden in de Waddenzee gesloten voor mosselzaad-, kokkel- en/of garnalenvisserij. Ontwikkelingen in het bodemleven ná sluiting van deze gebieden is geïnventariseerd in diverse projecten en programma's. In onderstaande paragrafen wordt voor verschillende gebieden uitgewerkt wanneer deze gesloten zijn, wat de achtergrond van de sluiting was en welke ontwikkelingen in het bodemleven vervolgens toegeschreven konden worden aan de gebiedssluiting, op de korte, middellange en/of lange termijn.

De volgende gebieden zijn gesloten voor mosselzaadvisserij:

- In 1994 is in de Struktuurnota Zee- en Kustvisserij (LNV 1994) vastgelegd dat op de droogvallende platen van de Waddenzee geen mosselzaadvisserij meer plaats mag vinden, tenzij onder bepaalde voorwaarden. Sindsdien heeft er geen mosselvisserij meer plaatsgevonden op de droogvallende platen. Ontwikkelingen in schelpdierbestanden worden jaarlijks geïnventariseerd in WOT surveys (Wettelijke Onderzoek Taken), en analyse van langjarige trends zijn beschreven in Van der Meer et al. (van der Meer et al., 2018).
- Tijdens het PRODUS project is er een paarsgewijze vergelijking uitgevoerd van ontwikkelingen in de bodemdiergemeenschap op proefvakken waar wel al dan niet gevist werd (sublitoraal). Deze ontwikkelingen zijn gevolgd van 2006 tot 2012 (Craeymeersch et al., 2013; Smaal et al., 2013; van Stralen et al., 2013).
- In het kader van het Mosselconvenant zijn sinds 2009/2010 de Vlieter en Breezanddijk gesloten voor mosselzaadvisserij. Ontwikkelingen in bodemfauna in het sublitoraal zijn geëvalueerd in het PRODUS en vervolgens in het Mosselwad project (Glorius et al., 2014).
- Vervolgens heeft er, naar aanleiding vervolgstappen in het convenant, in 2014/2015 een uitbreiding van het areaal aan gesloten gebieden plaatsgevonden. Naast de Vlieter en Breezanddijk zijn nu ook gebieden in Eierlandsegat, Westkom/Gat van Stompe, Molenrak West, Molenrak Oost en Omdraai gesloten. De ontwikkeling wordt gemonitord in het MEGMA programma (Troost et al., 2019). De sluiting voor mosselzaadvisserij is voor het eerst toegepast in het voorjaar van 2014. Voor garnalenvisserij is de gebiedssluiting begin 2015 ingegaan.

Voor de volledigheid worden in deze notitie ook effecten van sluiting voor overige bodemberoerende visserijvormen beschreven:

- Voorafgaand aan het stopzetten van de mechanische kokkelvisserij is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de effecten van kokkelvisserij op de natuur, het EVAII onderzoek (Ens et al., 2004). Troost et al. (2019, in prep.) laten zien hoe het kokkelbestand zich heeft ontwikkeld na stopzetten van de mechanische kokkelvisserij, en of hierin een verschil te zien is met de periode vóór stopzetten.
- Het Referentiegebied Rottum (Oosten Waddenzee, sublitoraal) is sinds 2005 gesloten voor garnalenvisserij. Ontwikkelingen in zowel open als gesloten geulen zijn gerapporteerd in Glorius et al. (2018).
- In 2008 is in de Voordelta aansluitend aan Maasvlakte 1, Maasvlakte 2 aangelegd. Het monitoringsprogramma dat is opgestart (PMR-NCV), heeft als doel vast te stellen of de getroffen compensatiemaatregelen (wering van visserij op platvis) de daadwerkelijk optredende negatieve effecten van de aanleg van de Tweede Maasvlakte voldoende compenseren (Tulp et al., 2019). Garnalenvisserij is nog steeds toegestaan.
- Het gebied 'Plaice Box' (Scholbox) is sinds 1995 gesloten voor grote boomkorvisserij. Of de geobserveerde veranderingen te relateren zijn aan gebiedssluiting of aan ecosysteemveranderingen, wordt beschreven door Beare et al. (2013).

- De interactie tussen natuurlijke verstoring in hoogdynamische gebieden en boomkorvisserij wordt beschreven in studies door van Denderen et al. (2014, 2015). Daarbij wordt gekeken naar het effect van verstoringen door boomkorvisserij en door natuurlijke oorzaken op verschillende habitattypen.

2.1 Overzicht visserij

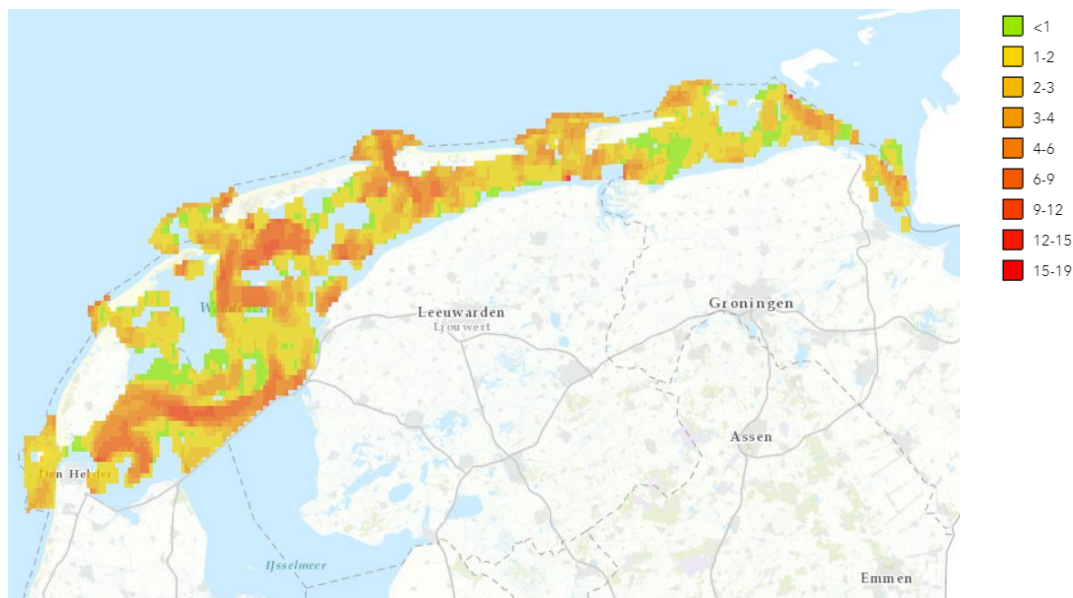
Mosselzaadvisserij

Mosselen worden met een mosselkor bevestigd. De kor bestaat uit een net dat vast zit aan een metalen raamwerk. Aan de onderkant van het net zit een stalen pijp van ongeveer 4 cm die over de bodem wordt gesleept. Mosselzaad wordt gevestigd op natuurlijke mosselbanken met sleepnetten, of door het invangen van mosselzaad uit de waterkolom met mosselzaadvanginstallaties (MZI's). Mosselzaadvisserij vindt in principe elk najaar plaats op de sublitorale mosselzaadbanken die zijn ontstaan na de broedval in de zomer en die zich in de relatief instabiele gebieden bevinden. In het daaropvolgende voorjaar wordt er gevestigd op de overige bestanden. Op basis van de stabiliteitskaart voor de sublitorale gebieden, worden sinds 2005 visplannen opgesteld voor de mosselzaadvisserij. In het najaar wordt gevestigd op nieuw gevormde mosselzaadbanken in gebieden die als relatief instabiel zijn beoordeeld, terwijl in het daarop volgende voorjaar ook mag worden gevestigd op de alle overige banken, behoudens gebieden die in het kader van het mosselconvenant resp. Ruimte voor een zilte oogst (LNV, 2004) zijn gesloten voor de mosselvisserij (uit Smaal et al., 2014). Broedval vindt niet ieder jaar op dezelfde locaties plaats, en er wordt dus er niet elk jaar op dezelfde locaties gevestigd. In zeer geringe mate kan mosselzaadvisserij ook plaats vinden in de Oosterschelde en de Voordelta.

Garnalenvisserij

Garnalenvisserij is de meest intensieve vorm van visserij in de Waddenzee, voornamelijk in het westelijke deel (Figuur 1). Garnalenvisserij vindt het hele jaar door plaats in de sublitorale en diepere delen van de geulen. Ook langs de kuststrook van de Noordzee wordt jaarrond op garnalen gevestigd.

De garnalenkor bestaat uit een lange stalen boom die aan beide zijden door sloffen wordt ondersteund, zodat de boom niet op de zeebodem ligt. Het net wordt opgehouden door de boom en aan het tuig zit een klossenpees. Hieraan zijn 35-40 rubberen klossen bevestigd. Het is onduidelijk of het net, voornamelijk wanneer het gevuld is, de bodem raakt.



Figuur 1: garnalenvisserij intensiteit als bevestigde km² per km² per jaar (overgenomen van Waddennatuurkaart.nl).

Kokkelvisserij

Kokkels zijn eeuwenlang handmatig verzameld, met een soort hark waaraan een zakvormig net is bevestigd. Sinds de jaren '50 worden kokkels in de hele Waddenzee mechanisch geoogst. Vanaf schepen werd er gevestigd met de kokkelkor, een kooi op sleden met daartussen een mes. Een buis voor het mes spoot het zand tussen de kokkels weg, waarna ze werden opgevangen en via een zuiger werden

opgezogen. Door een rooster met spijlen bleven alleen de grotere kokkels over. De mechanische kokkelvisserij nam sterk toe en werd efficiënter, waardoor ook de vangst per schip vergrootte. Sinds 2005 is deze manier van kokkelvissen in de Waddenzee verboden. Tegenwoordig vist men in de Waddenzee alleen nog handmatig op kokkels. In de Oosterschelde en Voordelta mag in goede kokkeljaren nog met schepen op kokkels worden gevist.

Boomkorvisserij

Voor het vangen van platvis wordt in Nederland gebruik gemaakt van de boomkor. De intensiteit en viswijze verschilt met de mosselzaadvisserij, maar bij deze vorm van visserij vindt ook bodemberoering plaats en kunnen bodemdiergemeenschappen verstoord worden. De boomkor bestaat uit drie stalen pijpen die samen de boom vormen, welke aan de uiteinden door sloffen wordt ondersteund. Die zorgen ervoor dat de boom en het net op de gewenste hoogte boven de bodem blijven en dat de weerstand met de bodem wordt verminderd. Aan de achterkant van de sloffen is het net bevestigd en aan de onderkant zijn de wekkerkettingen vastgemaakt. Deze wekkerkettingen dringen bij het voorslepen van het tuig de bodem in, waardoor vissen uit de bodem worden opgejaagd en in het net terecht komen. De penetratiediepte varieert van enkele centimeters tot acht centimeter. Boomkorvisserij vindt het hele jaar door plaats. De doelsoorten kunnen verschillen per periode, bijvoorbeeld doordat vissers rekening houden met de voortplantingsperiode van de vis. Boomkorvisserij vindt plaats in de Noordzee, zowel langs de kust als buiten de 12-mijlszone (met uitzondering van natuurbeschermingsgebieden). De diepere delen van de Noordzee en zand- en grindwingebieden worden zelden bevestigd omdat daar weinig vis te vinden is. Daarnaast zijn windmolenparken niet toegankelijk voor vissersboten, evenals vaarroutes van de scheepvaart.

Vergelijking van de verschillende type visserijen

In afnemende mate van bodemberoering wordt onderscheid gemaakt tussen bodemberoerende visserij (mosselzaadvisserij en boomkorvisserij) en demersale visserij (garnalenvisserij). Bij boomkorvisserij dringen de wekkerkettingen tot acht cm door in de bodem. De kor gebruikt bij mosselzaadvisserij schraapt over de bodem. Garnalenvisserij vindt in principe op of net boven de bodem plaats, waardoor de bodemberoering beperkter is. Het is echter onduidelijk of het net in de bodem doordringt, vooral wanneer het net vol zit. Mosselvisserij vindt slechts gedurende een korte periode in het voorjaar en in het najaar plaats in gebieden waarvan bekend is dat er mosselzaad aanwezig is. Er wordt dan herhaaldelijk op dezelfde banken gevist omdat het achtergebleven mosselzaad weer trossen vormt en vervolgens kan worden opgevisst. Boomkor- en garnalenvisserij vinden het hele jaar door plaats. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de soorten visserij met hun kenmerken.

Tabel 1: overzicht van verschillende soorten visserij met hun kenmerken.

	Type net	Netgrootte	Diepte in sediment	Intensiteit	Gebied
Mosselvisserij	Mosselkor	Ca. 2 m breed, ondiep net	Onbekend	2 keer per jaar (voorjaar en najaar)	Waddenzee (Zeeuwse Wateren)
Garnalenvisserij	Kor met klossenpees. Maaswijdte ca. 20 mm.	9 m breed * 0.8 m hoog	Boven sediment, niet duidelijk of het de bodem raakt	Hele jaar door	Waddenzee, kuststrook van de Noordzee, Zeeuwse kustwateren
Boomkorvisserij	Kor met wekkerkettingen. Maaswijdte 80 – 120 mm	Breedte varieert, hoogte ca. 0.6 tot 0.8 m	Tot 8 cm	Hele jaar door	Noordzee

2.2 Gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij

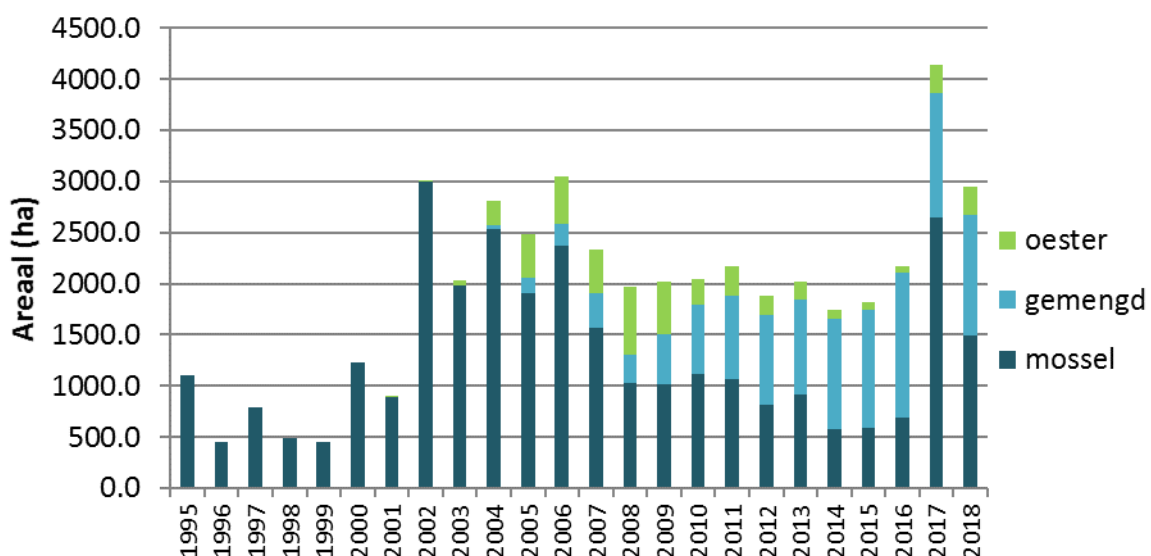
Mosselzaad dat gebruikt wordt voor de mosselkweek wordt opgevist van wilde zaadbanken en uitgezaaid op kweekpercelen. In 1993 is ongeveer 26% van de droogvallende platen in de Waddenzee gesloten voor mosselvisserij, met het doel mosselbanken te beschermen en herstel van meerjarige mosselbanken te faciliteren. Sindsdien is op de platen bijna niet meer gevist evenals in het sublitoraal van de oostelijke Waddenzee. Sinds 2005 is mosselvisserij op de droogvallende platen alleen nog toegestaan onder bepaalde voorwaarden, maar dit is tot op heden niet voorgekomen. Mosselbanken hebben een functie als biobouwer en vormen hotspots voor biodiversiteit, en dragen daarmee bij aan de natuurwaarden van een ecosysteem. In onderstaande paragrafen wordt uiteengezet wat er bekend is over de ontwikkeling van meerjarige mosselbanken en daarmee geassocieerde bodemdiergemeenschappen als gevolg van het sluiten van gebieden voor de mosselzaadvisserij.

2.2.1 Litoraal – gesloten sinds begin jaren '90

Eind jaren '80 waren er door een combinatie van mosselzaadvisserij en het uitblijven van een omvangrijke broedval, mogelijk in combinatie met stormschade, slechts zeer weinig mosselbanken over in de Nederlandse Waddenzee (Ens et al., 2004). In 1993 is ongeveer 26% van de droogvallende platen gesloten voor mosselzaadvisserij, en sindsdien is er vrijwel niet meer gevist in het litoraal. Het is de vraag of het areaal mosselbanken zich sindsdien heeft hersteld tot vroegere waarden, en of deze ontwikkeling anders zou zijn verlopen als de mosselvisserij op de droogvallende platen niet verboden was geweest.

Eriksson et al. concludeerden in 2010 dat het Waddenzee ecosysteem in een 'alternative stable state' verkeert waarin schelpdierbestanden zelf niet meer de mogelijkheid hebben zich te herstellen tot grootschalige meerjarige banken (Eriksson et al., 2010). Om vroegere arealen terug te krijgen zouden grootschalige restauratie projecten noodzakelijk zijn. Om te onderzoeken of dit inderdaad zo is, hebben Van der Meer et al. (2018) de ontwikkeling van droogvallende mossel- en oesterbanken in de Waddenzee geanalyseerd.

Hierbij is gebruik gemaakt van de gegevens uit de jaarlijkse schelpdiermonitoring in het kader van de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij, in opdracht van het ministerie van LNV (Van den Ende et al., 2016). In Figuur 2 is de ontwikkeling van het areaal aan schelpdierbanken uit deze monitoring weergegeven. Hierin is te zien dat er in 2002 een sterke toename was tot een stabiel niveau van tussen de 1500 en 3000 hectare aan schelpdierbanken. Van der Meer et al. (2018) hebben de data verzameld tussen 1999 en 2013 gebruikt voor hun analyses (Van den Ende et al., 2018). In de monitoring worden de banken geclassificeerd als oesterbanken, mosselbanken, of een combinatie van

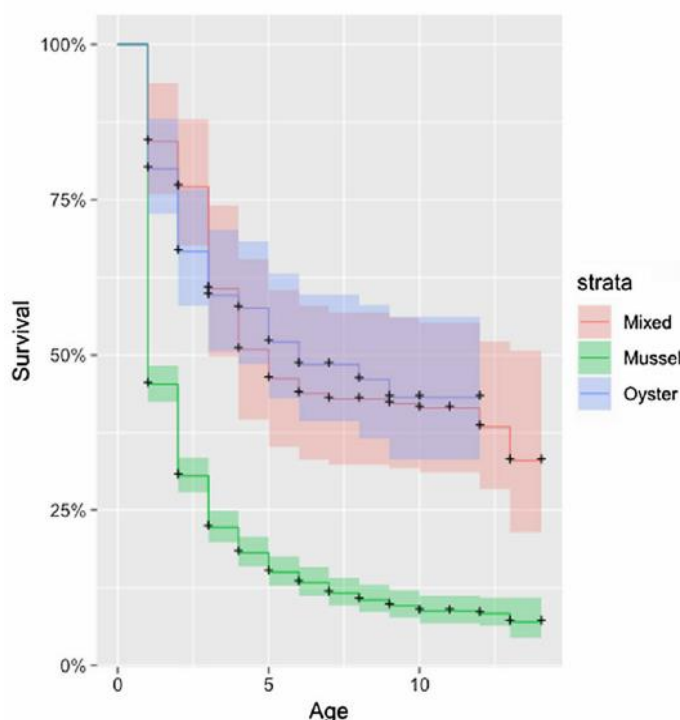


Figuur 2: ontwikkeling van het areaal aan schelpdierbanken (onderverdeeld in mosselbanken, oesterbanken en gemengde banken waarin beide soorten voorkomen) sinds aanvang van de jaarlijkse monitoring in 1995.

beide soorten ("gemengd"). In de analyses zijn banken behandeld als waren het individuen van een populatie, die geboren worden en op gegeven moment weer sterven. Van deze individuen zijn overlevingskansen geschat, per type bank en afhankelijk van verschillende variabelen. De huidige mate van aanwas en sterfte, alsmede de omvang van de populatie en fluctuaties daarin, zijn vergeleken met historische waarden. De auteurs merken echter op dat historische gegevens verre van volledig zijn en dat het systeem nooit meer terug kan keren naar de vroegere situatie als gevolg van introductie van de Japanse oester.

Belangrijkste resultaten

Van de in totaal 1436 geobserveerde schelpdierbanken blijkt dat meer dan de helft verdwenen is binnen één jaar (751 banken), nog eens 232 banken in het tweede jaar en nog eens 121 zijn verdwenen in het derde jaar. Dit patroon wordt bevestigd door de geschatte overlevingscurven, welke snel afnemen in de eerste jaren. Nadat de banken een leeftijd van 4 à 5 jaar bereikt hebben, daalt de overlevingskans minder gestaag (Figuur 3). Dit betekent dat een bank pas een goede kans heeft om langer te blijven bestaan, als deze minstens vijf jaar oud is. Ook bleek de overlevingskans van banken in voor golven beschutte gebieden hoger te zijn, en bleek de overlevingskans van oesterbanken en gemengde banken hoger dan die van mosselbanken (Figuur 3).



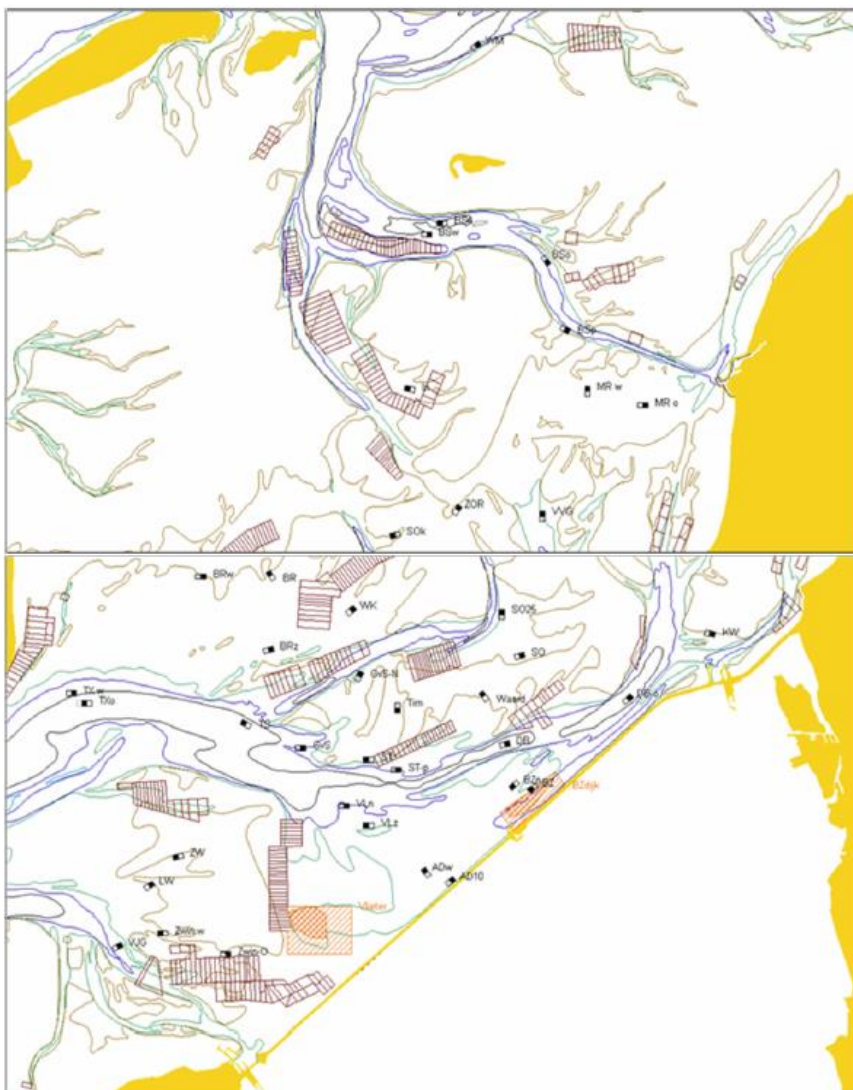
Figuur 3: overlevingscurven van drie verschillende schelpdierbanken. Gemiddelden en standaardfout zijn weergegeven (van der Meer et al., 2018).

Uit deze studie blijkt ook dat de huidige oppervlakten van schelpdierbanken geen systematisch verschil vertonen met de situatie van vóór 1990. Data van vóór 1990 zijn echter door een grotere onzekerheid omgeven en niet compleet. Dankers et al. (2003) hebben de beschikbare data op een rijtje gezet, en daaruit blijkt dat in de jaren '70 en '80 tussen de 10 en 56 km² aan mosselbanken aanwezig was in de Waddenzee (Dankers et al., 2003). De grote marge komt met name door verschillen in gebruikte methodiek bij het verzamelen van de data in de verschillende onderzoeken. Ook uit andere studies blijkt dat er grote variabiliteit is in oppervlakteschattingen (Beukema et al., 2010; Beukema et al., 2015). Uit de resultaten van Van der Meer et al. (2018) kan geconcludeerd worden dat het areaal aan schelpdierbanken op de droogvallende platen zich na 1990 heeft hersteld naar de situatie vóór 1990. Dit is gebeurd zonder grootschalige restoratie ingrepen. Welk effect het sluiten van het gehele droogvallende Wad voor mosselvisserij precies heeft gehad op de ontwikkeling van het areaal aan schelpdierbanken kan op basis van de huidige kennis niet gezegd worden. Omdat het gehele droogvallende Wad is gesloten voor mosselvisserij kan geen vergelijking gemaakt worden met de ontwikkeling van schelpdierbanken in gebieden die nog steeds bevist worden. Voor de hand ligt dat door het stopzetten van de visserij er geen mosselen meer door de mens onttrokken zijn aan het systeem,

maar in welke mate dit heeft bijgedragen aan het geobserveerde herstel is niet te zeggen. Dit zou namelijk onder andere afhangen van de vraag of door de visserij mosselbanken geheel verwijderd zouden zijn door de visserij, of zodanig uitgedund dat ze ofwel sneller verdwijnen als gevolg van natuurlijke factoren, ofwel minder snel (het zogenaamde "Jan Louw effect", een theorie die stelt dat het uitdunnen van zeer dichte zaadbanken leidt tot een hogere stabiliteit) (Smaal et al., 2004).

2.2.2 Vergelijking tussen proefvakken die wel/niet bevestigd werden – 2006/2012

In de periode 2006-2012 is binnen PRODUS (Project Duurzame Schelpdiercultuur) onderzoek gedaan naar de effecten van mosselzaadvissers op de natuurwaarden in sublitorale gebieden in het westelijke deel van de Waddenzee (Smaal et al., 2013). De effecten van de mosselzaadvissers zijn onderzocht door 40 onderzoeklocaties van 8 ha aan te wijzen op zaadbanken in gebieden waar deze regelmatig worden gevormd (Figuur 4). In 2006 is gestart met 10 locaties en daarna zijn er jaarlijks locaties bijgekomen tot er uiteindelijk 40 locaties bemonsterd zijn tussen 2010 en 2012, waarvan er 37 gebruikt zijn in verdere analyse. Iedere locatie is gesplitst in twee gelijke delen, waarbij het ene deel gesloten is voor de mosselzaadvissers en de aangrenzende 4 ha open is. De gesloten delen kunnen dus gebruikt worden om effecten van gebiedssluitingen te evalueren.



Figuur 4: ligging onderzoekslocaties binnen het PRODUS onderzoek. Zwart: PRODUS-locaties, met in wit het controlevak; oranje: gebieden die zijn gesloten in het kader van de afspraken tussen de partijen van het mosselconvenant van 2008 (Vlieter 143 ha; Breezanddijk 70 ha); bruin: mosselkweekpercelen (Smaal et al., 2013).

Resultaten

Ontwikkeling mosselbestand (van Stralen et al., 2013)

Uit het onderzoek blijkt dat direct na de visserij in het voorjaar, dus in de relatief stabiele gebieden, significant minder mosselen overblijven in de open vakken ten opzichte van de gesloten vakken. Dit effect blijft tot twee jaar na de bevissing zichtbaar. Ook het wegvissen van mosselzaad in het najaar leidt tot minder mosselen in de open vakken maar het verschil met de gesloten vakken blijkt niet significant. Dit hangt samen met het gegeven dat van nature de mosselen op de vakken die in het najaar zijn aangelegd in het algemeen weer snel verdwijnen, zoals de ontwikkeling op de referentievakken laat zien. Het is juist ook om deze reden waarom deze gebieden (en dus ook de daarin gelegen najaarslocaties) onderdeel zijn geweest van de najaarsvisserij. Uitgangspunt bij vergunningverlening voor de najaarsvisserij is dat instabiel gelegen zaadbestanden als eerste worden bevestigd om zo het daar aanwezige zaad veilig te stellen voor predatie door zeesterren en stormverliezen in de winter.

Relevant voor het beantwoorden van de vraag of zich meerjarige sublitorale mosselbanken en samenhangende natuurwaarden kunnen ontwikkelen, is de waarneming dat op drie locaties van de uiteindelijk 37 onderzoekslocaties na meerdere jaren nog uitzonderlijke grote hoeveelheden mosselen aanwezig waren. Dit deed zich zowel voor bij de najaarsvakken (1 maal) als bij de voorjaarsvakken (2 maal). Bij twee van deze gevallen was de ontwikkeling het sterkst op de onbevestigde vakken en in één geval op beide vakken gelijk.

Het wegvissen van mosselzaad blijkt ook een effect te hebben op de navolgende zaadval. Uit het onderzoek blijkt dat omvangrijke zaadval niet positief correleert met dichtheden van aanwezige mosselen en mogelijk juist groter is op plekken zonder mosselen. Zaadval in geringe dichtheden lijkt juist wel te midden van aanwezige mosselen plaats te vinden.

Effecten van mosselzaadvisserij op geassocieerde fauna (Craeymeersch et al., 2013)

Daarnaast is de totale dichtheid van andere bodemdieren hoger in de gesloten gebieden dan in de open gebieden. Ook heeft visserij een negatief effect op de soortensamenstelling. Na 1 à 1,5 jaar was er echter geen significant effect meer waar te nemen tussen de open en gesloten gebieden. Ook op de lange termijn (>2 jaar) werden er geen verschillen meer waargenomen tussen open en gesloten vakken.

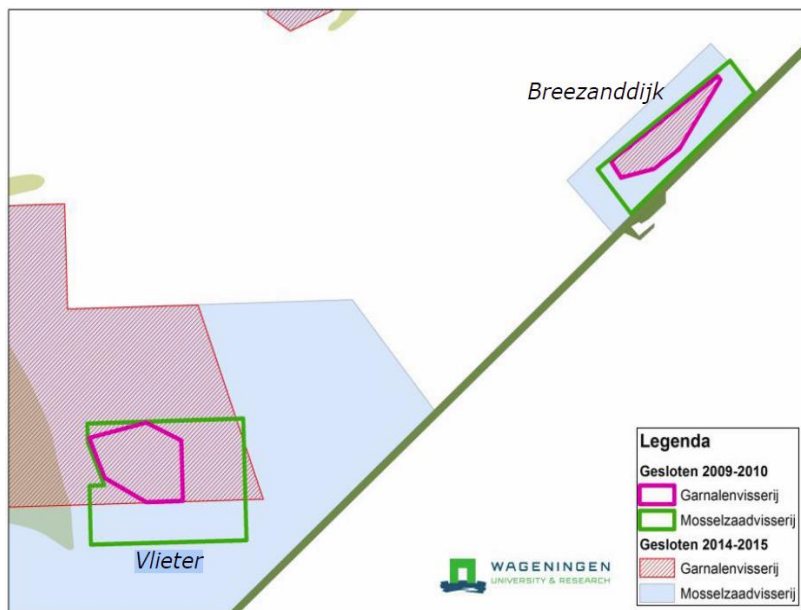
Conclusie

Mosselzaadvisserij heeft korte termijn effecten op de natuurwaarden van wilde banken. Het verschil blijft echter minder dan 1 à 1,5 jaar zichtbaar. Over de lange termijn effecten zijn geen definitieve uitspraken te doen aangezien het PRODUS onderzoek was gebonden aan een termijn van maximaal 6 jaar. Omdat de effecten van visserij op de bodemdiergemeenschappen binnen deze 6 jaar echter niet zichtbaar meer waren, is de verwachting dat de effecten van visserij alleen op korte termijn spelen. Het onderzoek laat zien dat het sluiten van gebieden voor de mosselzaadvisserij niet altijd betekent dat daarmee de mosselbanken vanzelf tot ontwikkeling komen.

Mosselzaadvisserij leidt niet tot complete verwijdering van mosselen in een gebied, maar tot een vermindering van de dichtheid. Aan de andere kant kunnen natuurlijke factoren zoals storm en predatie door zeesterren leiden tot volledige verdwijning van de mosselbanken. Analyse van de 21 locaties door Craeymeersch et al. laat zien dat, op drie stations na, het percentage variantie verklaard door tijd groter was dan dat verklaard wordt door visserij (Craeymeersch et al., 2013). Hieruit blijkt dat andere factoren dan mosselzaadvisserij de ruimtelijke en temporele variabiliteit van het ecosysteem bepalen.

2.2.3 De Vlieter en Breezanddijk – gesloten sinds 2009/2010

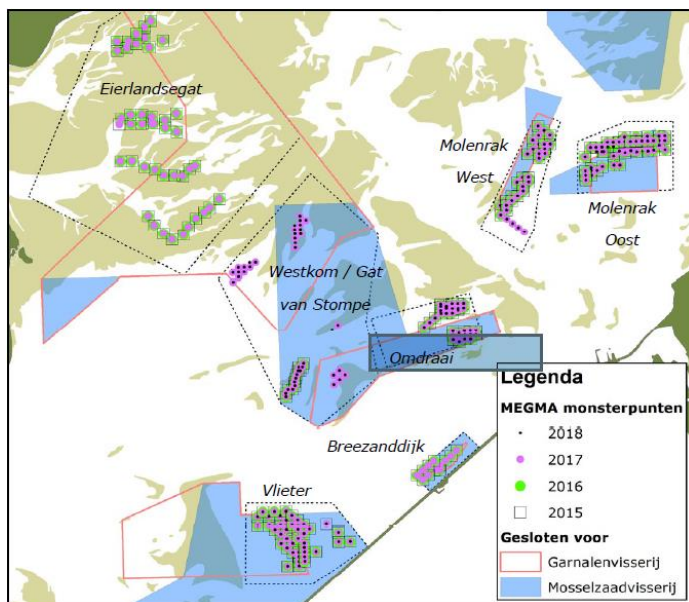
Parallel aan het PRODUS onderzoek is in 2009 en 2010 een tweetal grotere banken gesloten voor mosselzaadvisserij (Figuur 5): het gaat om de Vlieter (2009, 143 ha) en Breezanddijk (2010, 70 ha). Hierdoor is 20% van de toen aanwezige mosselzaadbanken in de Waddenzee gesloten voor mosselzaadvisserij. Binnen deze gebieden zijn kleinere oppervlakken gesloten voor ook de garnalenvisserij. Beide banken liggen in de voor mosselbanken als stabiel beoordeelde gebieden van Waddenzee. De in 2009 in het gebied Vlieter ontstane mosselbank is in 2011 verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van predatie door zeesterren in combinatie met het uitblijven van nieuwe mosselzaadval (Glorius et al., 2014). De in 2010 in het gebied Breezanddijk ontstane mosselbank ontwikkelde zich aanvankelijk tot een meerjarige bank, maar is in het najaar van 2013 grotendeels (>80%) verdwenen, waarschijnlijk als gevolg van een storm (Glorius et al., 2014). In de jaren daarna, tot de zomer van 2018, is er geen nieuwe mosselzaadval geweest in dit gebied, en is de dichtheid aan mosselen steeds verder afgenomen (Van Stralen et al., 2015, 2016, 2017).



Figuur 5: de in 2009 en 2010 gesloten gebieden Vlieter en Breezanddijk (groen omkaderd = gesloten voor mosselzaadvisserij; roze omkaderd = gesloten voor garnalenvisserij). De in 2014/2015 gesloten gebieden zijn ook weergegeven (blauw = gesloten voor mosselzaadvisserij en rood gearceerd = gesloten voor garnalenvisserij) (Troost et al., 2018).

2.2.4 Meerdere gebieden in Westelijke Waddenzee – gesloten sinds 2015

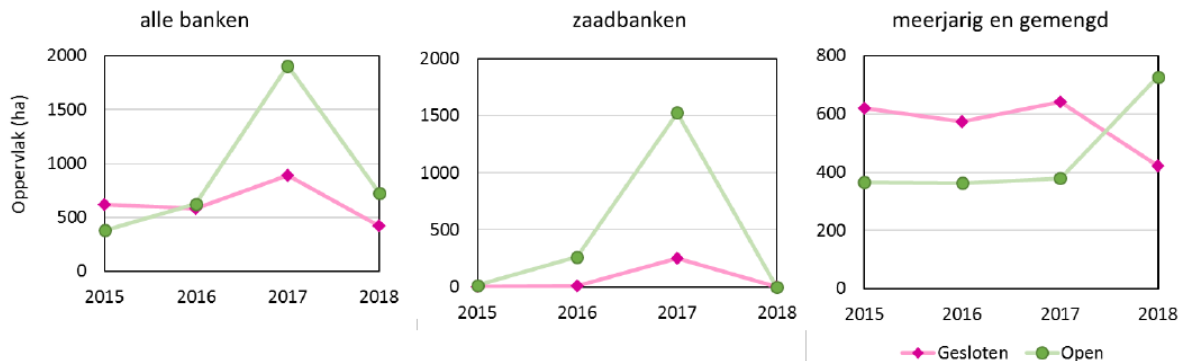
Het MEGMA monitoringsprogramma (Monitoring Effectiviteit Gebiedsbeschermende MAatregelen) is gestart in 2015, na het sluiten van gebieden in de westelijke Waddenzee voor mosselzaad- en/of garnalenvisserij (Troost et al., 2019). Het doel van het programma is om de ontwikkeling van bodemdieren in de voor visserij gesloten gebieden te beschrijven, en om te kunnen beoordelen of waargenomen veranderingen toe te schrijven zijn aan de gebiedssluiting. De ontwikkeling van de bodemdieren is onderzocht op zowel zeven locaties binnen de gesloten gebieden als direct aangrenzende open gebieden met gelijkende omgevingsvariabelen (Figuur 6).



Figuur 6: de zeven locaties en bemonsterde monsterpunten. Blauw = gesloten voor mosselzaadvisserij.

Resultaten en conclusies

Uit de resultaten van de monitoring tussen 2015 en 2018 blijkt dat het areaal aan mosselbanken in alle voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden is afgenomen in 2018, terwijl in de open gebieden juist een toename werd gezien (Figuur 7). Het verschil in ontwikkeling is een gevolg van de omvangrijke broedval van 2016 die vooral in het open gebied plaatsvond. Mogelijk zijn in 2016 relatief weinig mosselbanken ontstaan in de gesloten gebieden omdat hier op dat moment al meerjarige mosselbanken aanwezig waren. Uit deze resultaten is nog geen effect van gebiedssluiting voor mosselvisserij op de ontwikkeling van mosselbanken waar te nemen, op een termijn van 4 jaar.



Figuur 7: ontwikkeling van het totale oppervlak aan sublitorale mosselbanken in de gesloten en open gebieden. Links voor alle leeftijden, midden voor pure zaadbanken en rechts meerjarige banken en gemengd met mosselzaad. Roze lijn: gesloten gebieden; groene lijn: open gebieden.

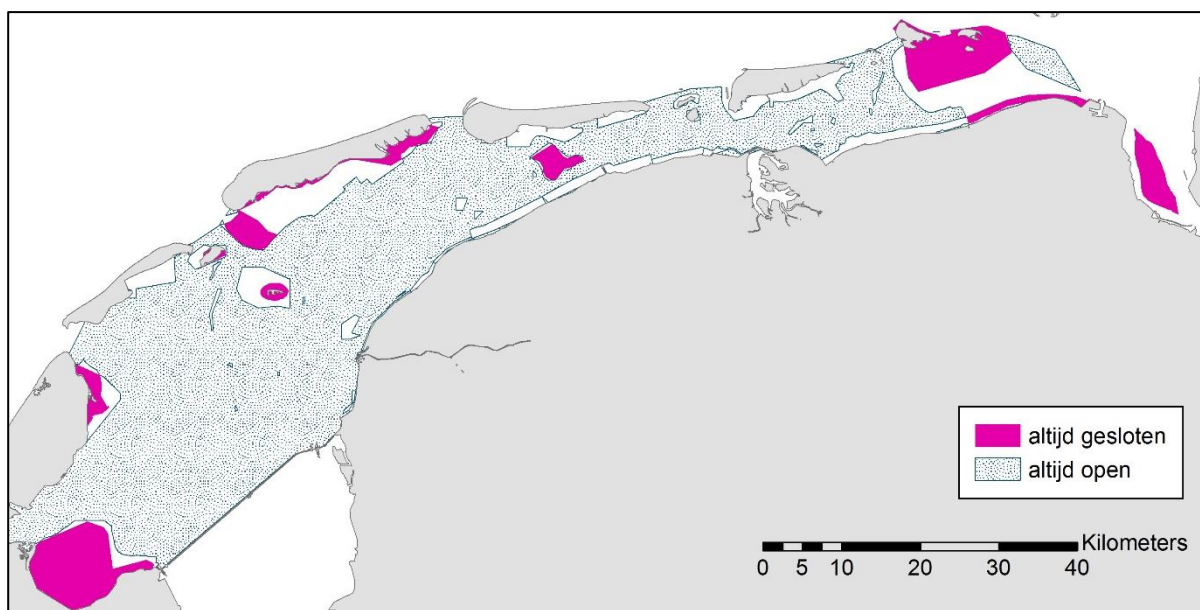
Troost et al. (2019) hebben ook bekeken of de bodemdiergemeenschap zich in de gesloten gebieden anders ontwikkelde dan in de gebieden die nog steeds bevestigd worden. Slechts op één van de onderzoekslocaties bleek dit het geval, maar op basis van de onderzoeksresultaten kan nog niet geconcludeerd worden of dit een natuurlijke oorzaak heeft, of dat dit een effect van de gebiedssluiting is. Op de andere onderzoekslocaties was geen sprake van een verschil in ontwikkeling van de bodemdiergemeenschap tussen beide gebieden.

Samengevat werden in de onderzoeksperiode van 2015 tot en met 2018, dus een totale periode van vier jaar, geen verschillen in bodemdiergemeenschap gevonden tussen de gesloten en open gebieden welke zouden kunnen wijzen op een veranderde bodemdiergemeenschap als gevolg van de gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij.

2.3 Gebieden gesloten voor kokkelvisserij

In 2004 is het mechanisch opvissen van kokkels (*Cerastoderma edule*) in de Waddenzee verboden. Voorafgaand aan het stopzetten van de mechanische kokkelvisserij is een uitgebreid onderzoek uitgevoerd naar de effecten van kokkelvisserij op de natuur, het EVAII onderzoek (Ens et al., 2004).

Effecten van het sluiten van de gehele Waddenzee voor de mechanische kokkelvisserij zijn nooit geëvalueerd. Wij laten hier zien hoe het kokkelbestand zich heeft ontwikkeld na stopzetten van de mechanische kokkelvisserij, en of hierin een verschil te zien is met de periode vóór stopzetten. Weergegeven figuren en onderliggende analyses zijn afkomstig uit een artikel in voorbereiding (Troost et al., in prep.). Hiervoor zijn gegevens gebruikt uit de jaarlijkse schelpdiermonitoring die door Wageningen Marine Research wordt uitgevoerd in opdracht van het ministerie van LNV, binnen de wettelijke onderzoekstaken op het gebied van visserij. Sinds 1990 wordt jaarlijks een schatting gemaakt van het totale kokkelbestand op de droogvallende platen in de Waddenzee. In de periode sinds 1990 zijn in verschillende fases verschillende gebieden gesloten voor kokkelvisserij. In 1991 en 1996 was de gehele Waddenzee gesloten voor o.a. kokkelvisserij. Voor de analyse hebben we gebruik gemaakt van alle gebieden die sinds 1991 gedurende de gehele periode ofwel gesloten zijn geweest voor kokkelvisserij, ofwel waar gedurende de gehele periode kokkelvisserij toegestaan was (afgezien van 1991 en 1996 toen de gehele Waddenzee gesloten was). Gebieden die slechts een deel van de tijd gesloten zijn geweest zijn buiten beschouwing gelaten. In de gebieden die de gehele periode gesloten zijn geweest voor kokkelvisserij (de "gesloten gebieden", Figuur 8) is uiteraard geen verschil in bevissingsintensiteit opgetreden als gevolg van stopzetten van de mechanische kokkelvisserij. In de gebieden waar gedurende de hele periode kokkelvisserij toegestaan is (de "open gebieden", Figuur 8), is een onderscheid te maken tussen de periode van 1990 tot en met 2004, toen de mechanische kokkelvisserij is gestopt, en de periode daarna (2005 t/m 2018).

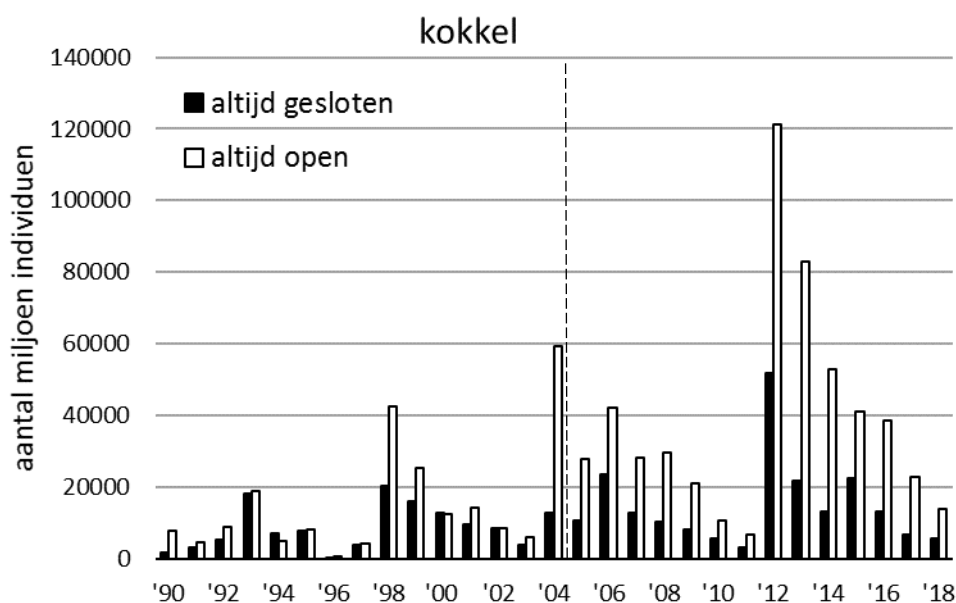


Figuur 8: de gebieden in de Waddenzee die gedurende de gehele periode 1991-2018 gesloten waren voor kokkelvisserij (roze) en de gebieden waar gedurende die gehele periode kokkelvisserij wél was toegestaan (afgezien van 1991 en 1996) (Troost et al., in prep.).

Voor zowel de gesloten als de open gebieden is per jaar het totale kokkelbestand berekend, voor alle leeftidsklassen samen en ook voor de rekruten (1-jarigen) en oudere kokkels (ouder dan 1 jaar) afzonderlijk. De ontwikkeling van het totale bestand aan kokkels in de gesloten en open gebieden is weergegeven in Figuur 9. Hierin is te zien dat in zowel de gesloten als de open gebieden in de periode na 2004 een groter bestand aan kokkels werd aangetroffen.

De over het algemeen grotere bestanden in het open gebied in vergelijking met het gesloten gebied worden veroorzaakt doordat het areaal aan open gebied beduidend groter is dan het areaal aan gesloten

gebied (Figuur 8). Om een meer directe vergelijking tussen het gesloten en open gebied te kunnen maken is gerekend met de gemiddelde dichtheid, dus het aantal kokkels per vierkante meter. Het verschil (Δ) in dichtheid tussen het gesloten en open gebied is berekend door de logaritme van de gemiddelde dichtheid in het gesloten gebied af te trekken van de logaritme van de gemiddelde dichtheid in het open gebied. Het resultaat hiervan is weergegeven voor rekruten (1-jarige kokkels) in Figuur 10A en voor oudere kokkels in Figuur 10B. Te zien is dat Δ gedurende de hele periode negatief is, wat wil zeggen dat de gemiddelde dichtheid aan kokkels groter is in het gesloten gebied. Voor de rekruten is er geen verschil te zien tussen de perioden voor en na sluiting, wat betekent dat we geen effect zien van sluiting voor mechanische kokkelvisserij op de aanwas van kokkels. Voor de oudere kokkels is Δ tussen het gesloten en open gebied in de periode na sluiting kleiner dan in de periode vóór sluiting. Dit betekent dat na sluiting de gemiddelde dichtheid van kokkels onmiddellijk is toegenomen in de open gebieden, ten opzicht van de periode voor sluiting. Voor de hand ligt dat dit een direct gevolg is van het laten liggen van kokkels die anders weggevisst zouden zijn. Dit wordt ondersteund door de waarneming dat de gemiddelde dichtheid aan rekruten níet is toegenomen na sluiting. Een direct gevolg van sluiting voor mechanische kokkelvisserij is dus dat een grotere hoeveelheid aan kokkels blijft liggen.



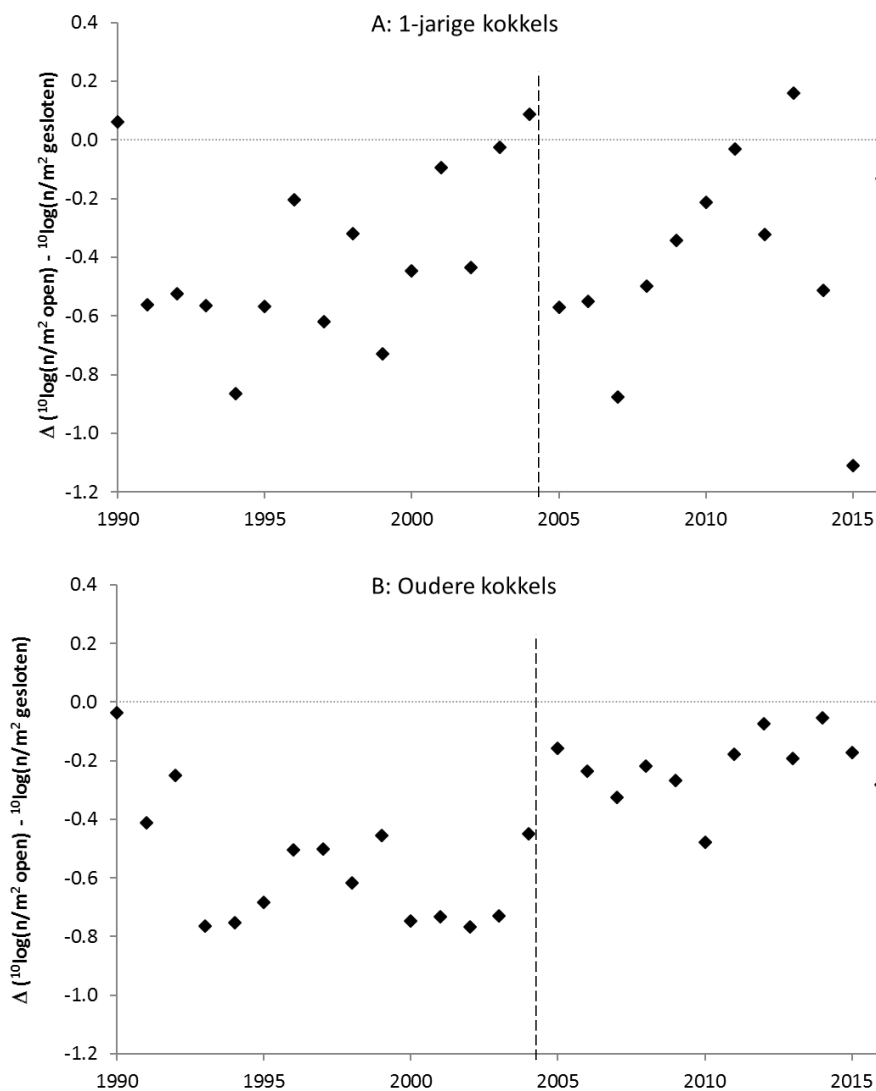
Figuur 9: ontwikkeling van het bestand aan kokkels (in miljoen individuen) in gebieden die gedurende de gehele periode 1992-2018 gesloten waren voor kokkelvisserij (zwarte balken) en in gebieden die gedurende de gehele periode open zijn geweest voor kokkelvisserij (witte balken) (Troost et al., in prep.). De stippellijn geeft het moment van sluiting van de open gebieden voor mechanische kokkelvisserij weer.

Of er ook effecten van sluiting voor mechanische kokkelvisserij zijn opgetreden op andere soorten dan kokkels is op basis van de huidige literatuur niet geheel mogelijk. Effecten op andere soorten zijn mogelijk indien de visserij hier een effect op had, bijvoorbeeld een direct visserij effect of een indirect effect door het onttrekken van kokkels of door het veranderen van bodemeigenschappen.

Een direct lokaal effect van de mechanische kokkelvisserij op andere soorten is inderdaad gevonden in het EVAII onderzoek (Ens et al., 2004) en is ook beschreven door Vlas (Vlas, 1982). Hoewel de mechanische kokkelvisserij zich vooral richtte op relatief dichte kokkelbanken, en daarin relatief weinig andere soorten schelpdieren worden aangetroffen, komen kokkelbanken voor in relatief soortenrijke gebieden. Als gevolg van de visserij zijn dus ook andere soorten schelpdieren en zeegras beschadigd en gestorven (Ens et al., 2004), maar of de mechanische kokkelvisserij daarmee ook de populatie omvang van deze soorten aantoonbaar heeft gereduceerd en deze soorten dus na het stopzetten van deze visserijvorm weer zijn toegenomen is niet onderzocht en tot op heden niet geëvalueerd. Voor het nonnetje werden in het EVAII onderzoek geen verschillen in aantallen en dichtheden gevonden tussen voor mechanische kokkelvisserij open en gesloten gebieden in de periode 1992-2002, en werd

geconcludeerd dat een effect van mechanische kokkelvisserij op deze soort niet aangetoond kon worden (Kamermans et al., 2004).

Uit het PRODUS onderzoek bleek het al dan niet onttrekken van mosselen (*Mytilus edulis*) middels mosselzaadvisserij op de korte termijn gevolgen te hebben voor de biodiversiteit ter plaatse, omdat mosselbanken rijk zijn aan geassocieerde soorten (Smaal et al., 2013). Het is de vraag of dit ook geldt voor kokkelbanken, en dus het al dan niet onttrekken van kokkels een indirect effect heeft op de biodiversiteit ter plaatse. Kokkelbanken verschillen in belangrijke mate van mosselbanken doordat ze niet óp de bodem voorkomen maar ín de bodem, en dus geen fysieke structuren maken die een habitat bieden voor andere soorten. Verschillende studies beschrijven daarnaast een negatief effect van hogere dichtheden aan kokkels op rekrutering van kokkels zelf en andere soorten schelpdieren zoals het nonnetje (*Limecola balthica*) en de strandgaper (*Mya arenaria*) (zie referenties in Beukema & Dekker (2018)). Volgens Piersma et al. duurde het ongeveer acht jaar voordat rekrutering was hersteld in een bevist gebied bij Griend (Piersma et al., 2001). In kokkelbanken komen dus waarschijnlijk relatief weinig schelpdiersoorten voor die een negatief effect van mechanische kokkelvisserij zouden kunnen ondervinden, en waarop dus een positief effect van gebiedssluiting verwacht wordt.

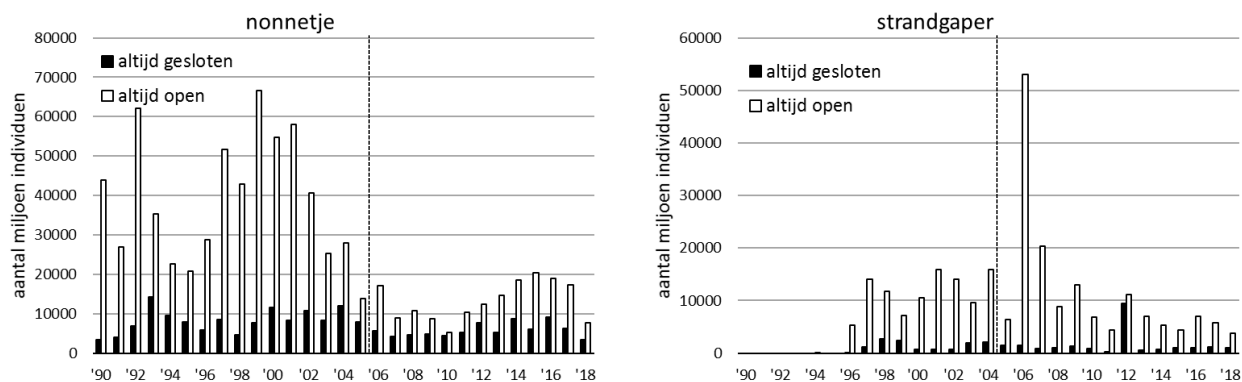


Figuur 10: het verschil in kokkeldichtheid tussen het gesloten en open gebied, uitgedrukt als $\Delta = ^{10}\log(n/m^2_{open}) - ^{10}\log(n/m^2_{gesloten})$, voor 1-jarige kokkels (A, de "rekruten") en oudere kokkels (B), voor de periode 1990-2016 (Troost et al., in prep.). Een positieve waarden betekent een hogere dichtheid in het open gebied en een negatieve waarde betekent een hogere dichtheid in het gesloten gebied.

Indirecte effecten van mechanische kokkelvisserij via een verandering in de bodemsamenstelling op rekrutering van schelpdieren zijn beschreven in de literatuur (zie referenties in Beukema & Dekker,

2018). Volgens Beukema en Dekker (2018) echter zijn eerder gevonden negatieve verbanden tussen de intensiteit van kokkelvisserij en de dichtheid aan rekruten (juvenielen) van kokkels, nonnetjes en strandgapers (zie referenties in Beukema & Dekker, 2018) eigenlijk veroorzaakt zijn door een negatief effect van de dichtheid van volwassen kokkels op de dichtheid van diezelfde rekruten. Deze verwarring is waarschijnlijk ontstaan door het verband tussen de dichtheid van volwassen kokkels en de visserij intensiteit (de hoeveelheid kokkels die per jaar is geoogst). Het is dus waarschijnlijk niet: hoe meer er gevestigd is hoe minder juveniele schelpdieren zijn aangetroffen, maar: hoe hoger de dichtheid aan volwassen kokkels was hoe minder juveniele schelpdieren zijn aangetroffen. Beukema en Dekker vonden geen effect van mechanische kokkelvisserij op rekrutering van kokkels, nonnetjes en strandgapers (Beukema & Dekker, 2018).

Of het sluiten van de Waddenzee voor mechanische kokkelvisserij een effect heeft gehad op de populatiegrootte van andere soorten schelpdieren dan de kokkel zelf kan afgeleid worden uit de gegevens uit de jaarlijkse schelpdiermonitoring. Naast kokkels worden hierin ook alle andere aangetroffen soorten schelpdieren geregistreerd. Op dezelfde wijze als ook voor kokkels gedaan is (Figuur 9), zijn voor het nonnetje en de strandgaper het totale bestand berekend (in het aantal miljoen individuen) binnen de sinds 1991 altijd gesloten en altijd open gebieden (Figuur 11). Te zien is dat van beide soorten het grootste deel van het bestand is aangetroffen in het open gebied (dat ook een groter oppervlak beslaat, zie Figuur 8). De ontwikkeling in het altijd gesloten gebied verschilt niet duidelijk tussen beide perioden (vóór en na sluiting van het open gebied per 2005). In het open gebied, dat per 2005 is gesloten voor mechanische kokkelvisserij, zien we een lager bestand aan nonnetjes in de periode na sluiting. Of beide perioden statistisch significant van elkaar verschillen is niet onderzocht. Wel lijkt het bestand van nonnetjes al vóór stopzetten van de mechanische kokkelvisserij afgenomen te zijn, wat een effect van sluiting onwaarschijnlijk maakt. Dit wordt ondersteund door de bevindingen van Beukema et al. op basis van de langjarige ontwikkeling van nonnetjes op het Balgzand, de Piet Scheveplaat en het Groninger Wad (Beukema et al., 2017). Of het stopzetten van de mechanische kokkelvisserij, en de daardoor toegenomen omvang van het kokkelbestand, heeft bijgedragen aan de afname van het nonnetje is op basis van de beschikbare kennis niet te zeggen. Ook de ontwikkeling van het bestand aan strandgapers wijst niet op een duidelijk effect van sluiting.

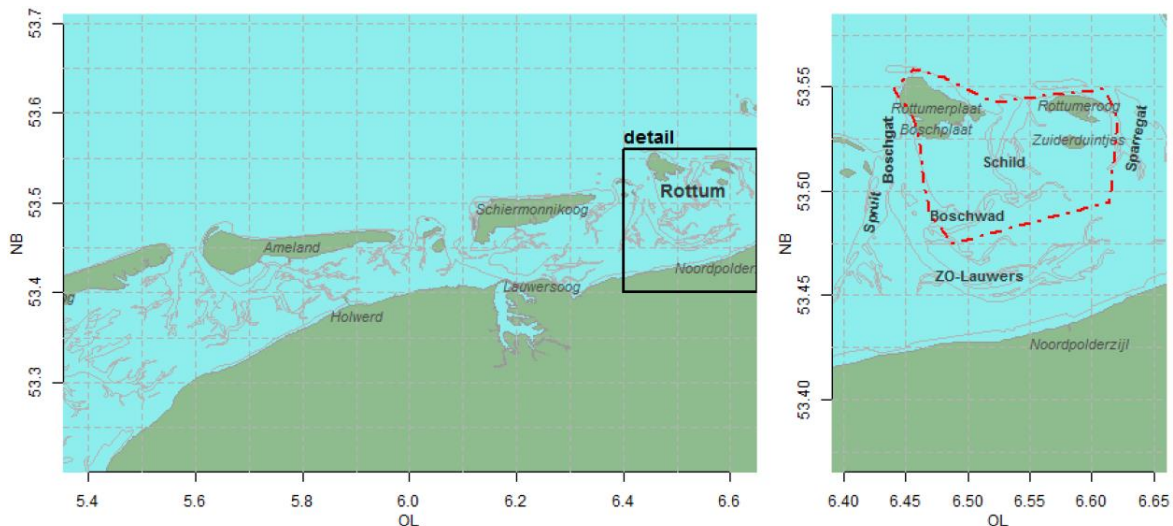


Figuur 11: ontwikkeling van het bestand (in miljoen individuen) van nonnetjes (links) en strandgapers (rechts) in gebieden die gedurende de gehele periode 1992-2018 gesloten waren voor kokkelvisserij (zwarte balken) en in gebieden die gedurende de gehele periode open zijn geweest voor kokkelvisserij (Troost et al., in prep.). De stippellijn geeft het moment van sluiting van de open gebieden voor mechanische kokkelvisserij weer.

2.4 Gebieden gesloten voor overige visserij

2.4.1 Rottum (Oostelijke Waddenzee) – gesloten sinds 2005

In november 2005 is een gebied van 7400 ha ten zuiden van Rottum in het oosten van de Waddenzee gesloten voor antropogene bodemberoerende activiteiten. Het sluiten van deze gebieden zorgt ervoor dat flora en fauna ongestoord kunnen ontwikkelen. Om dit te volgen, is een monitoringsprogramma opgesteld (Glorius et al., 2018). Het hoofddoel van deze monitoring is het vergelijken van de ontwikkeling in geulen die grotendeels gesloten zijn voor menselijke activiteiten (Boschwad en Schild) met de ontwikkeling in geulen waar deze nog zijn toegestaan (Spruit en ZO-Lauwers) (Figuur 12).



Figuur 12: links: oostelijke Waddenzee met Rottum. Rechts: Rottum gebied met de geulen Boschwad en Schild in het gesloten gebied (rode stippellijn) en Spruit en Zuidoost (ZO)-Lauwers buiten het gesloten gebied.

Het monitoringsprogramma is gestart in 2002, drie jaar voordat het gebied gesloten werd in 2005. Tijdens deze drie jaar is het benthos (>1mm) elke herfst bemonsterd met een Van Veen happer. Hierbij zijn monsters genomen in twee geulen in de gesloten gebieden en twee geulen in de open gebieden. De monsters van deze drie jaar vormen de baseline.

Na 2005 is opnieuw elke herfst het benthos bemonsterd in zowel de open als de gesloten gebieden. In 2016 is daarnaast aanvullend onderzoek uitgevoerd om grotere benthische soorten (>5mm) te bemonsteren. In dit jaar is tevens een sonaronderzoek uitgevoerd om de structuur van de zeebodem in kaart te brengen.

Resultaten en conclusies

Uit de analyses blijkt dat er - sinds eind 2005 - elk jaar garnalenvisserij heeft plaatsgevonden in de geulen die buiten het gesloten gebied liggen. Vanaf diezelfde tijd heeft er geen visserij meer plaatsgevonden in het gesloten gebied. Uit het sonaronderzoek blijkt dat de verstoring van de zeebodem in zowel de open gebieden als in Schild hoog is door natuurlijke oorzaken (storm en stromingen). In Boschwad is relatief weinig natuurlijke verstoring door de meer beschutte ligging van het gebied. Verstoringen door natuurlijke oorzaken kunnen, evenals visserij, invloed hebben op de benthische gemeenschap.

Zowel in de open als gesloten gebieden hebben zich gedurende de looptijd van het onderzoek geen biogene structuren ontwikkeld. In de eerste zes jaar van het onderzoek zijn er nauwelijks verschillen in bodemdiergemeenschap opgetreden. Zeven tot elf jaar na instelling van het gesloten gebied zijn wel subtiele verschillen in de gemeenschappen van de geulen waargenomen. Het sluiten van de gebieden heeft geleid tot een toename in soortenrijkdom van kleine benthische fauna. Vooral in Boschwad, die in de luwte van Rottumerplaat ligt, ontwikkelde de afgelopen jaren de samenstelling van de bodemdiergemeenschap in positieve zin in vergelijking met de andere open geulen. Het is niet duidelijk of het verschil te verklaren is door de sluiting van het gebied of door de meer beschutte condities in Boschwad. De gemeenschap in deze geul onderscheidt zich door hogere aanwezigheid van schelpdieren

– vooral nonnetje (*Limecola balthica*) en kokkel (*Cerastoderma edule*) - die respectievelijk groter en ouder waren dan in de andere gebieden. Ook de schelpkokerworm *Lanice conchilega* is in grotere hoeveelheden aangetroffen.

In Schild is de benthische gemeenschap in de gesloten gebieden niet heel verschillend van de voor visserij opengestelde geulen, afgezien van significant hogere dichtheden *Ensis* sp. Dat de bodemdiergemeenschap overeenkomt met die in de open geulen wordt mogelijk verklaard door de heersende hoge natuurlijke verstoringgraad in het gebied. De verstoring van de zeebodem door wind en golfactie zou eenzelfde effect kunnen hebben als visserij. Het is te verwachten dat de mildere condities in Boschwad gunstiger zijn voor de ontwikkeling en vestiging van soorten die gevoeliger zijn voor verstoring van de bodem dan Schild en de open geulen.

Het is onduidelijk of de verschillen tussen de benthische gemeenschappen in de open en gesloten gebieden in de toekomst zullen toenemen. Het zou kunnen dat de aanwezigheid van de worm *Lanice conchilega* zorgt voor vestiging van meer schelpkokerwormen wat kan leiden tot permanente en dominante aanwezigheid van deze soort. Dat kan dan weer leiden tot een toename van andere soorten (zoals schelpdieren) die zich kunnen vasthechten aan de kokers van de wormen. Ook de aangetroffen kokkels in Boschwad zouden dienst doen als substraat waar mossellarven zich aan kunnen vasthechten. Aan de andere kant zou het ook kunnen dat de zich onderscheidende soorten verdwijnen door natuurlijke sterfte, erosie en/of het ontbreken van rekrutering, wat ervoor zorgt dat de soortensamenstelling in de open en gesloten geulen meer overeenkomsten zullen tonen.

2.4.2 Bodembeschermingsgebied Voordelta (PMR)

In 2008 is er in de Voordelta een bodembeschermingsgebied ingesteld waar de boomkorvisserij geweerd werd. Het bodembeschermingsgebied is ingesteld als reactie op de ontwikkelingen van de Rotterdamse haven.

In 2008 is in het kader van Project Mainportontwikkeling Rotterdam (PMR) in de Voordelta aansluitend aan Maasvlakte 1, Maasvlakte 2 aangelegd (Tulp et al., 2019). In datzelfde jaar is de Voordelta aangewezen als Natura 2000-gebied. Ter compensatie van de mogelijk verwachte negatieve effecten voortkomend uit de aanwezigheid van de Maasvlakte is in 2008 onder andere een Bodembeschermingsgebied (BBG) ingesteld. Dit gebied heeft tienmaal de omvang van het areaal zeegebied dat als gevolg van de aanleg van Maasvlakte 2 verloren zou gaan. In dit gebied worden boomkorvisserij met wekkerkettingen met een motorvermogen >260 pk sinds 2008 geweerd om de kwaliteit van habitattype H1110 met minimaal 10% te verbeteren. Deze maatregel houdt in dat visserij op platvis (bot, schol, tong) geweerd wordt. De garnalenvisserij maakt geen gebruik van wekkerkettingen en is nog steeds toegestaan.

Het doel van de Monitoring Natuurcompensatie Voordelta (PMR-NCV) is om vast te stellen of de getroffen compensatiemaatregelen (gebiedssluiting boomkorvisserij met wekkerkettingen) de daadwerkelijk verwachte negatieve effecten van de aanleg van de Tweede Maasvlakte op de Voordelta voldoende compenseren (Tulp et al., 2019). In 2004, voorafgaand aan het besluit tot aanleg van Maasvlakte 2, is gestart met het uitvoeren van nulmetingen in het kader van het Monitoring- en Evaluatieprogramma Maasvlakte 2 (MEP-MV2). In 2009, na het begin van de aanleg van Maasvlakte 2, is de monitoring van de effecten van de natuurcompensatie Voordelta (PMR-NCV) gestart. Echter, de boomkorvisserij is al vanaf 2004 (dus ruim voor de instelling van het BBG) in het deel van de Voordelta dat later het bodembeschermingsgebied zou worden, sterk afgenomen. Ook in de rest van de Voordelta kwam boomkorvisserij nog maar weinig voor sinds 2009. Gevolg van deze veranderingen in boomkorvisserij is dat er slechts geringe verschillen zijn in visserij-intensiteit door boomkorvisserij in het bodembeschermingsgebied, tussen de periode vóór en de periode na het instellen van het BBG. Ook bleek het verschil in visserij-intensiteit tussen het BBG en de rest van de Voordelta, waar boomkorvisserij sinds 2009 nog wel is toegestaan, klein. Voor PMR-NCV heeft dit consequenties voor de analyses die uitgevoerd kunnen worden. Het vaststellen van de effecten van de compensatiemaatregel door een vergelijking tussen vóór en na het instellen van het bodembeschermingsgebied en een vergelijking tussen niet-bevist (bodembeschermingsgebied) en bevestigd (rest van de Voordelta) gebied (Before After Control Impact analyse, BACI), blijkt niet meer mogelijk door het ontbreken van contrast.

Resultaten

Uit de resultaten blijkt dat er veranderingen in bodemdiergemeenschap opgetreden zijn. Drie van de zes onderzochte indicatoren laten een trend in de tijd zien. (i) Het gemiddeld individueel gewicht en (ii) het aandeel grote soorten vertonen globaal een daling over de onderzoeksperiode (2004-2016), en (iii) het aantal taxa nam tot en met 2015 toe en was in 2016 weer lager. De andere indicatoren (totale biomassa, biomassa als voedsel voor vogels, maximale lengte *Ensis*) vertonen wel jaarlijkse verschillen en/of periodes met hogere of lagere waarden, maar vertonen geen duidelijke trend over de onderzoeksperiode.

Vervolgens is onderzocht of de veranderingen gerelateerd zijn aan de veranderingen in visserijintensiteit. De visserij-intensiteit is per jaar geschat op basis van VMS-data en logboekgegevens. Deze zijn vanaf september 2003 per jaar (sept-aug, dus jaar voorafgaand aan de bemonstering van de bodemdieren) verwerkt tot visserij-intensiteitskaarten (ascii-gridbestanden met gridgrootte van 0,25 ha) voor beide visserij-types. Er is geen eenduidig verband tussen de waargenomen trends en de afgenomen bodembegroeiing ten gevolge van de afname van de boomkorvisserij. Vergeleken met de variatie die door ruimte en tijd wordt veroorzaakt (ruimtelijk en temporele autocorrelatie), is de bijdrage van de abiotische factoren en visserijdruk gering. De ruimtelijke autocorrelatie wordt mogelijk veroorzaakt door factoren die we niet goed kennen of kunnen uitdrukken in beschrijvende parameters. Verschillen binnen de Voordelta in voedselaanbod kunnen een rol spelen, maar mogelijk ook verschillen in aanvoer en vestiging tussen bodemdiersoorten. De temporele autocorrelatie wordt waarschijnlijk deels veroorzaakt doordat broedval en vestiging van soorten op bepaalde locaties in een jaar, in de volgende jaren nog doorwerkt op de soortensamenstelling.

Twee van de zes onderzochte responsvariabelen vertonen een positieve correlatie met visserijdruk door boomkorvisserij (biomassa voor vogels en gemiddeld individueel gewicht), twee een negatieve correlatie (aantal taxa, gemiddelde lengte *Ensis*), en de overige geen relatie. De deelset van punten gericht op garnalenvisserij (diepte < 10m, noordelijk deel van Bodembeschermingsgebied) laat voor alle parameters (behalve gemiddelde lengte *Ensis*) een positief verband met boomkorvisserij zien. Ook bij analyse van een gebied waar in 2004-2005 nog een hoge intensiteit van boomkorvisserij was, blijkt dat, in vergelijking met controle locaties, veranderingen in de dichtheid van soorten geen direct verband houden met de veranderingen in intensiteit in boomkorvisserij.

In de totale set vertonen drie van de zes onderzochte responsvariabelen (totale biomassa, biomassa voor vogels en aantal taxa) een positieve relatie met visserijdruk door garnalenvisserij en de overige drie geen. De deelset van punten gericht op garnalenvisserij (diepte < 10m, noordelijk deel van Bodembeschermingsgebied) laat voor geen enkele parameter een verband met garnalenvisserij zien.

Conclusie

Uit de analyse blijkt dat de veranderingen in de bodemdiergemeenschap deels verklaard worden door veranderingen in boomkorvisserij en garnalenvisserij. Abiotische variabelen dragen echter veel meer bij aan de verklaring van de veranderingen. Daarnaast zijn de gevonden verbanden met boomkor- en garnalenvisserij vaak tegengesteld aan elkaar, wat niet wijst op een effect van visserij. De conclusie is dat in de Voordelta geen duidelijke, eenduidige, correlatie tussen de soortensamenstelling en visserij-intensiteit gevonden wordt, zowel voor boomkorvisserij als voor garnalenvisserij. Er worden zowel positieve als negatieve relaties tussen soorten en visserijdruk gevonden, zowel voor soorten die gevoelig zijn voor visserij als soorten die dat niet of minder zijn.

Uit de lange termijn ontwikkelingen (WOT schelpdiersurvey) blijkt dat veel soorten de laatste 10 jaar een toename laten zien, zowel in de Voordelta als voor de Hollandse kust. Op basis van de VMS data (vanaf 2006) worden geen significante correlaties met de intensiteit van boomkor- of garnalenvisserij in het voorafgaande jaar gevonden. Voor een aantal soorten worden op basis van de logboekdata (vanaf 1995) (boomkorvisserij) significante correlaties met de visserijdruk gevonden, maar de verbanden zijn zowel positief (vier soorten) als negatief (drie soorten). Voor drie soorten is geen correlatie met visserij gevonden.

2.4.3 Plaice Box – gesloten sinds 1995

In 1995 is een gebied in de Noordzee dat een belangrijke functie heeft als kraamkamer voor schol (*Pleuronectes platessa*) gesloten voor grote boomkorvisserij (Beare et al., 2013). Doel hiervan is om de bijvangst van juveniele schol te verminderen. Het gebied heeft de naam 'Plaice Box' (PB) gekregen. Boomkorvisserij met zware wekkerkettingen nam in dit gebied met meer dan 90% af, terwijl kleine boomkor- en kieuwnetvisserij gericht op tong (*Solea solea*) en garnaal (*Crangon crangon*) juist toenamen. In tegenstelling tot wat de verwachtingen waren, bleek dat aanlandingen en biomassa van schol verminderden sinds de sluiting van het gebied.

Om te kunnen stellen of de gebiedssluiting een effectieve maatregel is voor het behoud van schol, zijn analyses uitgevoerd waarbij veranderingen in het milieu (schol, demersale vis en benthos) en visserij zijn meegenomen. Belangrijkste vraag hierbij is of de geobserveerde veranderingen te relateren zijn aan de gebiedssluiting, of aan veranderingen in het ecosysteem die losstaan van de gebiedssluiting.

Uit de resultaten blijkt dat epibenthische soorten zoals de zeester (*Asterias rubens*) en Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) toenamen in PB, met name vanaf midden jaren '90. Dit effect op korte termijn is direct te relateren aan de afname van visserij, aangezien mortaliteit van epibenthische soorten hoog is voor boomkorvisserij. Endobenthos, met name de belangrijkste voedselbron voor schol (borstelwormen en kleine tweekleppigen), bleef zowel binnen als buiten het gebied stabiel of nam af. Ook biomassa van demersale vis liet een daling zien. Het is onwaarschijnlijk dat de afname in endobenthos en demersale vis direct te relateren is aan de boomkorvisserij, aangezien dezelfde trends te zien zijn buiten het PB. Daarom is het aannemelijk dat veranderingen in het ecosysteem zoals eutrofiering en temperatuurstijging een belangrijkere rol spelen.

De afname in groeisnelheid en de verplaatsing naar diepere wateren van jonge schol lijkt evenmin gerelateerd te zijn aan de afname in visserij.

2.4.4 Habitatspecifieke effecten van boomkorvisserij op benthos – studie in de Noordzee

Naast effecten van gebiedssluitingen kan ook gekeken worden naar directe effecten van visserij op het bodemleven om een inschatting te maken of gebiedssluitingen een positief effect zullen hebben. In een studie uit 2014 zijn de effecten van boomkorvisserij op de benthische soortenrijkdom onderzocht (van Denderen et al., 2014). Hiervoor zijn data van zes jaar gebruikt van 80 stations die jaarlijks bemonsterd worden in de Nederlandse Noordzee. De intensiteit van de boomkorvisserij was gereconstrueerd met behulp van satellietinformatie. Middels modellering is gezocht naar de relatie tussen verstoringsintensiteit van boomkorvisserij en soortenrijkdom. Ook is gekeken naar hoe dit zich verhoudt tot totale benthische biomassa, primaire productie, waterdiepte en korrelgrootte van het sediment.

Uit de resultaten blijkt dat er een negatieve relatie is tussen intensiteit van visserij en soortenrijkdom. Soortenrijkdom is ook negatief gecorreleerd met korrelgrootte en primaire productie, en positief gerelateerd met biomassa. De negatieve effecten van boomkorvisserij op de soortenrijkdom zijn beperkt tot soortenrijke, diepe gebieden met fijn sediment. Er is geen effect gevonden op soortenrijkdom in ondiepe gebieden met grof sediment.

Omdat de effecten afhankelijk zijn van de condities in een bepaald gebied, kan uit dit onderzoek geconcludeerd worden dat het beschermen of sluiten voor boomkorvisserij het beste kan gebeuren in gebieden die daar gevoelig voor zijn. In gebieden waar natuurlijke variatie een grotere rol speelt in samenstelling en veranderingen in de bodemdiergemeenschappen dan de effecten van visserij valt niet te verwachten dat sluiting van het gebied een waarneembaar positief effect op natuurwaarden zal hebben.

2.4.5 Effecten van boomkorvisserij en natuurlijke verstoring op benthos – studie in de Noordzee en Ierse wateren

De effecten van boomkorvisserij en van natuurlijke verstoringen (stroming, golfimpact of storm) op benthische gemeenschappen zijn onderzocht (van Denderen et al., 2015). Hierbij is gekeken naar verschillende visserijintensiteiten in acht gebieden in de Noordzee en Ierse wateren.

Uit de resultaten blijkt dat boomkorvisserij en natuurlijke verstoringen eenzelfde effect hebben op de benthische gemeenschap. Beide verstoringbronnen zorgden voor een afname van langlevende, filterende organismen met een exoskelet. Er is dan ook geen effect gevonden van boomkorvisserij op de bodemdiergemeenschap in hoogdynamische gebieden. Echter, in drie van de vijf gebieden met weinig natuurlijk verstoring, bleek boomkorvisserij wel een effect te hebben. De eigenschappen van de bodemdiergemeenschap veranderde significant in deze gebieden als gevolg van boomkorvisserij. Deze veranderingen hebben geleid tot een bodemdiersamenstelling die vergelijkbaar is met die in dynamische gebieden, met kleine deposit-feeders of mobiele aaseters en roofdieren.

De bevindingen in dit onderzoek laten het belang zien van kennis over de interactie tussen de effecten van boomkorvisserij en natuurlijke verstoring. Dit kan helpen in het aanwijzen van gebieden die meer bestand zijn tegen boomkorvisserij en het aanwijzen van effectieve gesloten gebieden.

3 Synthese

De afgelopen jaren zijn er in de Waddenzee verschillende gebieden gesloten voor de mosselvisserij, met als doel een toename van het areaal aan ongestoorde mosselbanken en een verrijking van het bodemleven. Of de gebiedssluiting inderdaad leidt tot de gewenste ontwikkelingen is echter op dit moment nog niet duidelijk. De vraag leeft of de gewenste ontwikkelingen zich zullen voordoen, en op welke termijn deze zichtbaar zullen worden. De huidige kennisvraag is gesteld om beter in te kunnen schatten op welke termijn eventuele effecten verwacht kunnen worden na sluiting van gebieden voor mosselzaadvisserij. In voorgaand hoofdstuk is een overzicht gegeven van een tal van studies die gekeken hebben naar de effecten van sluiting van verschillende vormen van visserij op het herstel van bodemdiergemeenschappen in de Waddenzee en Nederlandse kustzone. Hieronder geven we een synthese van de belangrijkste bevindingen, waarbij we ons richten op

- (i) Dynamiek van wilde banken (§3.1)
- (ii) Tijdsduur van te verwachte directe en indirecte effecten (§3.2.1)
- (iii) Processen die een mogelijke relatie tussen gebiedssluiting en respons van bodemdiergemeenschappen beschrijven (§3.2.2)
- (iv) Verschillen tussen effecten van gebiedssluitingen en natuurlijke variatie (§3.3)
- (v) Het belang van de keuze van gebieden die gesloten worden voor visserij (§3.4)
- (vi) Methodische uitdagingen binnen vrijwel alle studies gericht op gesloten gebieden en de daaraan gekoppelde zekerheid waarmee conclusies getrokken kunnen worden (§3.5)

3.1 Dynamiek natuurlijke banken

Om de effecten van gebiedssluitingen te kunnen duiden is het ook van belang inzicht te hebben in de natuurlijke dynamiek van mosselbanken en de geassocieerde bodemdiergemeenschappen. Het totale areaal aan mosselbanken dat in het voorjaar wordt aangetroffen op de droogvallende platen (het *litoraal*) varieert tussen de 500-3000 ha. Sinds de opkomst van de Japanse oester is het areaal aan gemengde banken, dus waarin mosselen en oesters samen voorkomen, toegenomen (Van den Ende et al., 2018). Het areaal aan banken in de permanent onder water staande delen (het *sublitoraal*) van de westelijke Waddenzee ligt de afgelopen jaren tussen de 1000 en 3000 ha (Troost et al., 2019). Ook in het sublitoraal geldt dat een groot deel van de in de zomer nieuw ontstane zaadbanken in najaar en winter alweer verdwenen zijn als gevolg van natuurlijke factoren. Ook in het sublitoraal bestaat een deel uit gemengde banken.

Permanent onderwater staande sublitorale banken hebben een ander karakter dan droogvallende litorale banken (Dankers & Fey-Hofstede, 2015). Stormen worden beschouwd als de hoofdoorzaak van het natuurlijk verdwijnen van grote arealen aan litorale mosselbanken (Nehls & Thiel, 1993; Danker & Fey-Hofstede, 2015 en referenties daarin; Donker, 2015 en referenties daarin). Maar ook predatie, vooral eidereenden en scholeksters, kan resulteren in uitdunning van banken gedurende de winter (Ens et al., 2004; Zwarts & Ens, 1999). Volgens Nehls en Thiel zorgt de predatie van vogels echter niet voor het verlies van complete litorale banken (Nehls & Thiel, 1993). De levensduur van sublitorale banken wordt vooral beperkt door stormen en predatie door zeesterren (Smaal et al., 2014). Zeesterren hebben de mogelijkheid mosselbanken in zijn geheel te verwijderen (García, 2015). In gebieden die onder invloed staan van zoetwater is de overlevingskans wat hoger maar ook daar is de continuïteit afhankelijk van nieuwe broedval (Wijsman et al., 2014).

De jaarlijkse variatie in het mosselbestand zowel in het litoraal als in het sublitoraal is groot, en wordt in belangrijke mate bepaald door het broedvalsucces. In jaren met een omvangrijke broedval ontstaat een groot areaal aan nieuwe zaadbanken, waarvan een groot deel vaak het eerste najaar en de eerste winter niet overleeft als gevolg van predatie en stormen (Smaal et al., 2014; van der Meer et al., 2018).

3.2 Directe en indirecte effecten van gebiedssluiting voor mosselvisserij

De dynamiek van natuurlijke mosselbanken is geïntegreerd in het huidige visserijbeheer. Zo vindt de mosselvisserij in het najaar plaats op relatief instabiele gebieden waarvan de verwachting is dat deze banken in de winter zullen verdwijnen als gevolg van natuurlijke oorzaken zoals stormen (zie ook paragraaf 2.1). Dit mosselzaad wordt opgevist en vervolgens verplaatst naar percelen die op relatief beschutte plekken liggen. Bij gebiedssluitingen zoals doorgevoerd in het huidige visserijbeheer zijn de aangewezen gebieden volledig gesloten voor de mosselzaadvisserij. Uit studies naar andere typen visserijen (paragraaf 2.4.2 en 2.4.4) blijkt dat er, afhankelijk van locatie en type visserij, een verband bestaat tussen visserijintensiteit en de effecten op het bodemleven: hoe hoger de intensiteit hoe groter het negatieve effect. Voor de mosselvisserij zijn er geen studies bekend die de relatie tussen intensiteit van vissen en de effecten hiervan op het mosselbestand en geassocieerde bodemleven beschrijven.

De effecten van mosselzaadvisserij kunnen verdeeld worden in directe en indirecte effecten, welke beide, of in combinatie, in theorie op kunnen treden in gebieden wanneer je deze sluit voor visserij:

- *Directe effecten* betreffen het onttrekken van mosselen door visserij en het veroorzaken sterfte van andere bodemdieren door de korren (mechanische impact)
- *Indirecte effecten* betreffen (i) secundaire effecten van het onttrekken van mosselen en daarmee verwijderen van de rif structuur voor de geassocieerde bodemdiergemeenschap, of (ii) effecten op de bodemdiergemeenschap als gevolg van veranderingen in morfologie en/of samenstelling van de bodem door de bodemberoering van de korre

Directe effecten zijn op korte termijn te verwachten, terwijl indirecte effecten via bodemsamenstelling mogelijk pas op langere termijn zichtbaar zijn. Deze laatste zijn veelal nog niet aangetoond of uit te sluiten op basis van bestaande studies.

3.2.1 Termijn van te verwachte effecten

Het blijkt lastig om effecten van gebiedssluitingen voor mosselvisserij kwantitatief aan te kunnen tonen. Dit geldt zowel voor de mosselzaadvisserij als voor andere typen visserijen (Tabel 2). Wanneer er een effect gemeten wordt is het echter vaak moeilijk aan te geven of waargenomen veranderingen de oorzaak waren van de gebiedssluiting of van andere omgevingsvariabelen.

Korte tot middellange termijn

Het PRODUS onderzoek is het enige onderzoek waarbij directe effecten van mosselzaadvisserij op bodemdiergemeenschappen aangetoond zijn. Deze effecten waren echter maar van korte duur en na 1-1.5 jaar waren er geen verschillen tussen gebieden die wel of niet bevestigd waren meer zichtbaar. Daarnaast bleek wel dat op 3 van de 37 locaties aan het einde van de onderzoeksperiode (max 6 jaar) nog steeds mosselbanken aanwezig waren en dat op 2 van deze locaties de dichtheid significant hoger was binnen de niet-bevestigde delen. Ook Dolmer et al. laten zien dat visserij een negatief effect heeft op de geassocieerde soorten, voornamelijk wormen (Dolmer et al., 2001). Deze studie was echter beperkt tot 40 dagen na het vissen. Het PRODUS onderzoek en de studie van Dolmer et al. (2001) richtten zich op individuele mosselbanken die deels gesloten en deels open waren voor mosselvisserij. Of dat ook zo is wanneer grote gebieden gesloten worden voor mosselzaadvisserij, of dat daar op langere termijn wel blijvende verschillen in natuurwaarden ontstaan, is feitelijk de kernvraag van het MEGMA onderzoek, waarbij dezelfde vraag ook gesteld is voor de garnalenvisserij.

Lange termijn

Het MEGMA onderzoek loopt inmiddels 5 jaar, waarbij de gebieden die gesloten zijn voor mosselzaadvisserij zijn gemonitord in de periode 2015 t/m 2019 en de gebieden gesloten voor garnalenvisserij in dezelfde periode met uitzondering van 2018. De meest recente rapportage (Troost et al. 2019) gaat over de periode 2015 t/m 2018, dus een periode van vier jaar. In deze periode zijn geen verschillen in ontwikkeling van bodemdieren gevonden welke toe te schrijven zijn aan de gebiedssluiting voor mosselvisserij. Daarbij wordt opgemerkt dat pas in de zomer van 2016 een omvangrijke zaadval plaatsvond, en dat de toen ontstane mosselbanken pas zichtbaar werden in de MEGMA bemonsteringen een jaar later. Voor wat betreft de ontwikkeling van onbevestigde mosselbanken

Tabel 2: Samenvattend overzicht van gebiedssluitingen geëvalueerd in huidige notitie, inclusief de belangrijkste resultaten mbt de termijn waarop deze mogelijk zichtbaar worden

Gebied	Gesloten voor	Termijn sluiting	Evaluatie uitgevoerd in project	Effect van sluiting aangetoond	Beschrijving effecten en termijn waarop effecten zichtbaar werden	Overige conclusies/opmerkingen
Gehele litoraal Waddenzee	Mosselzaad visserij	>20 jaar	Geen specifieke studie, jaarlijkse WOT survey	Misschien	In de Waddenzee lijkt het areaal aan schelpdierbanken zich op een termijn van ongeveer 9 jaar hersteld te hebben tot vroegere waarden. Natuurlijk herstel kan lang duren omdat herstel afhankelijk is van omvangrijke broedvallen die incidenteel plaatsvinden. Geen informatie over veranderingen van geassocieerde bodemdieren	Niet bekend of schelpdierbanken in het litoraal zich ook hersteld zou hebben als (gereguleerde) visserij plaats gevonden zou hebben. Geen referentiegebied beschikbaar. Dus of de sluiting van invloed was op het geobserveerde herstel kan niet aangetoond worden. Naast mosselbanken zijn er tegenwoordig ook substantiële arealen oester- en gemengde banken
Experimentele vakken op sublitorale banken Waddenzee	Mosselzaad visserij	Max 6 jaar	PRODUS	Ja	Mosseldichtheid neemt af direct na visserij, maar verdwijnt niet volledig Na 6 jaar waren er op 3 van de 37 locaties nog mosselbanken aanwezig, hierbij was de mosseldichtheid hoger op de niet-beviste vakken Effecten van visserij op overige bodemdieren alleen zichtbaar op korte termijn (<1.5 jaar)	Lange termijn effecten (>6 jaar) niet bestudeerd Natuurlijke variatie was groter dan visserijeffecten Mosselbanken zijn dynamisch en verdwijnen ook door natuurlijke oorzaken Mosselzaad settelt zich mogelijk slechter op plekken waar al banken aanwezig zijn
Vlieter & Breezandijk (Waddenzee)	Mosselzaad visserij	>10 jaar	MOSSELWAD & MEGMA	Nee	n.v.t.	Mosselbanken enkele jaren na sluiting verdwenen door natuurlijke oorzaken
Meerdere gebieden in Westelijke Waddenzee	Mosselzaad visserij	5 jaar	MEGMA	Nee	n.v.t.	Toename mosselbestand in gebieden die open zijn voor visserij door grote aanwas nieuw mosselzaad in 2016
Litoraal Waddenzee	Kokkel visserij	15 jaar	Geen specifieke studie, jaarlijkse WOT survey	Ja	Het bestand meerjarige kokkels is toegenomen binnen 1-2 jaar na sluiting doordat deze niet meer bevestigd wordt. Het leidt niet tot een hogere rekrutering. Er lijken geen effecten op de bestanden nonnetjes en strandgapers	Het is onbekend of de kokkelvisserij in het verleden de populatie omvang van zeegras aangetast heeft. Omdat er geen evaluatie plaats heeft gevonden over de effectiviteit van het stopzetten van mechanische visserij is het ook onbekend of zeegrasen zijn toegenomen
Rottum (Waddenzee)	Garnalen visserij	>10 jaar	ROTTUM	Misschien	7-11 jaar na sluiting toename in soortenrijkdom van kleine benthische fauna	Niet bekend of het verschil een effect is van de gebiedssluiting of van natuurlijke morfologische veranderingen
Deel Voordelta (bodembeschermings-gebied)	Boomkor visserij	>10 jaar	PMR	Nee	n.v.t.	Visserij intensiteit vóór sluiting was gering, daarom is effect van maatregel (sluiting) lastig te evalueren. Veranderingen in abiotiek belangrijker voor bodemdiergemeenschappen dan visserijintensiteit
Noordzee - ten noorden van de Nederlandse en Duitse Waddeneilanden	Boomkor visserij	>20 jaar	Scholbox / Plaice box	Ja	Korte termijn: toename zeester en Noordzeekrab welke gerelateerd is aan stoppen boomkorvisserij Geen effect van stopzetten visserij op wormen, schelpdieren, schol en demersale vis	Niet gesloten voor alle visserijtypen
Noordzee	Boomkor visserij	n.v.t.	Evaluatie effecten visserijintensiteit	Ja		Visserij effecten sterk afhankelijk van gebied (morfologie). Aanbeveling om juist gebieden te beschermen die gevoelig zijn voor visserijverstoring

in gesloten gebieden begint het MEGMA onderzoek dus pas in 2017 interessant te worden. MEGMA kan, indien jaarlijks voortgezet, op termijn antwoord leveren op de vraag hoe onbeviste mosselbanken zich ontwikkelen in grotere gesloten gebieden. Welke termijn dat is, is de centrale vraag in voorliggende rapport. Omdat het MEGMA onderzoek pas vijf jaar loopt kan deze vraag op dit moment nog niet beantwoord worden. Wel kan de ontwikkeling van mosselbanken in de gesloten gebieden op de Vlieter en bij Breezanddijk hier mogelijk een indicatie voor geven. In respectievelijk 2009 en 2010 zijn nieuw ontstane mosselzaadbanken in deze gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij (en een kleiner deel van die gebieden ook voor garnalenvisserij). De toen gesloten gebieden maken nu deel uit van de in het kader van het mosselconvenant en VISWAD gesloten gebieden, en zijn inmiddels dus respectievelijk 11 en 12 jaar gesloten voor mossel- en garnalenvisserij. De mosselbank op de Vlieter (ontstaan in 2009) is verdwenen in 2011, waarschijnlijk als gevolg van predatie door zeesterren in combinatie met uitblijvende mosselzaadval. In Breezanddijk is de ontstane mosselbank in 2013 grotendeels (>80%) verdwenen, vermoedelijk vanwege een storm. In de jaren daarna, tot de zomer van 2018, is er geen nieuwe mosselzaadval geweest en is de dichtheid aan mosselen steeds verder afgenomen. Sluiting van deze gebieden lijken 11-12 jaar na sluiting dan ook niet te resulteren in gebieden die gekarakteriseerd worden door meerjarige mosselbanken met een rijke bodemdiergemeenschap. Dit is bevestigd door Glorius et al. (2018) die in Referentiegebied Rottum, in 2005 gesloten voor garnalenvisserij, pas elf jaar na sluiting subtiele veranderingen in bodemfauna zagen ontstaan in het gesloten gebied. Tot zes jaar na sluiting van het Rottum gebied werden er nauwelijks verschillen waargenomen in bodemdiergemeenschap tussen de open en gesloten gebieden. Maar na zeven tot elf jaar na de gebiedssluiting zijn subtiele verschillen in bodemdiergemeenschappen van de geulen waargenomen. De soortenrijkdom nam toe in de gesloten gebieden, voornamelijk in het meer beschut gelegen gebied. Dit onderzoek indiceert dat er mogelijk langetermijneffecten optreden in gebieden gesloten voor de garnalenvisserij.

In het litoraal liggen gebieden die het langst gesloten zijn voor mosselzaadvisserij (>20 jaar). Van der Meer et al. (2018) toonden aan dat het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen zich van nature heeft hersteld na bijna volledige afwezigheid begin jaren '90. De focus van deze studie was te evalueren of actief herstel wenselijk is of dat herstel ook via natuurlijke processen plaats vindt, en de studie richtte zich niet op de vraag of het weren van visserij effect heeft gehad op het natuurlijk herstel. Wel leggen zij aan de hand van andere studies uit dat natuurlijk herstel van schelpdieren lang kan duren omdat omvangrijke broedvallen slechts incidenteel plaatsvinden.

Voor alle onderzoeken geldt echter dat het lastig (zo niet onmogelijk) is om aan te geven of veranderingen in de voor visserij gesloten gebieden veroorzaakt zijn door de beheersmaatregel en dus het weren van de visserij of door verschillen in abiotiek die onafhankelijk zijn van de gebiedssluiting. Zie ook paragraaf 3.5 waarin we verder ingaan op de reden waarom oorzaak-gevolg relaties lastig te leggen zijn in de beschreven studies.

Uit een grootschalige analyse van Hiddink *et al.* (2017) waarin 70 studies wereldwijd naar effecten van gebiedssluitingen voor een uiteenlopend scala aan bodemberoerende typen visserijen zijn verwerkt, werd een hersteltijd van de bodemdiergemeenschap bepaald die tussen de 1,9 en 6,4 jaar lag, afhankelijk van het gebied en het type visserij (Hiddink et al., 2017). Dit geeft aan dat op de korte tot middellange termijn al effecten van gebiedssluiting verwacht zouden kunnen worden indien de visserij waarvoor het gebied gesloten is ter plaatse een meetbaar effect heeft gehad op het bodemleven. Ook geeft het aan dat het veel verschil maakt welk type gebied gesloten is (wat ook blijkt uit de aangehaalde studies naar de effecten van boomkorvisserij, en zie paragraaf 3.4), en dat er duidelijke verschillen zijn tussen verschillende typen visserij. Aanvullend daaraan blijkt het ook zo te zijn dat effecten van boomkorvisserij, en dus van gebiedssluiting voor boomkorvisserij, groter zijn in gemeenschappen met relatief veel lang levende soorten (Hiddink et al., 2019; Rijnsdorp et al., 2018).

3.2.2 Beschrijving van de mogelijke respons van bodemdieren op gebiedssluiting

Ondanks dat het lastig is een directe relatie te leggen tussen gebiedssluitingen en ontwikkelingen van mosselbanken en bodemdiergemeenschappen, kunnen er op basis van de beschreven studies wel enkele conclusies getrokken worden over de achterliggende processen.

Onttrekken schelpdierbestand is belangrijke factor in ontwikkeling bodemdiergemeenschap

Ontwikkelingen van de bodemdiergemeenschap lijken sterk gelinkt aan de aanwezigheid van mosselen (Drent & Dekker, 2013). Er werd inderdaad een afname van het aantal bodemdieren en soortendiversiteit waargenomen direct na visserij, maar dit effect was binnen 1-1.5 jaar verdwenen. Glorius et al. liet tevens zien dat ook de populaties (mobiele) predatoren zoals zeesterren en krabben verdwijnen direct na visserij, wat toe te schrijven is aan het reduceren van mosselbiomassa (Glorius et al., 2013). Het onttrekken van mosselzaad door de visserij heeft daarom een indirect effect op de geassocieerde bodemdiergemeenschap. Het mosselzaad wordt vervolgens verplaatst naar de percelen waar het verder uitgroeit tot consumptie formaat. Percelen worden ook gekenmerkt door een hoge biodiversiteit (Drent & Dekker, 2013). Omdat percelen veelal op andere locaties liggen dan de mosselbanken (nabij zeegaten versus gebieden rond afsluitdijk), verschillen de abiotische parameters in de gebieden. De abiotische parameters, zoals saliniteit, bepalen voor een belangrijke mate welke soorten aanwezig zijn. Er zullen dus (gedeeltelijk) andere soorten aanwezig zijn op mosselpercelen in vergelijking met wilde mosselbanken.

Omdat mosselbanken dynamisch zijn, zijn de effecten van het onttrekken van het mosselbestand maar van korte duur. Ook op locaties waar niet gevisst wordt is de kans dat een mosselbank verdwijnt groot, en de geassocieerde bodemdiergemeenschap zal ook dan verdwijnen. Voor de kokkelvisserij (paragraaf 2.3) is het effect van het onttrekken van het schelpdierbestand door de visserij ook duidelijk. In de eerste 1-2 jaar na het stoppen van de mechanische kokkelvisserij, is het bestand meerjarige kokkels toegenomen. Dit heeft echter geen effect gehad op de rekrutering, en de aanwas van jonge kokkels is gelijk gebleven. Het is onbekend wat mogelijke directe en indirecte effecten van de kokkelvisserij is op andere soorten. Omdat kokkels in de bodem leven en geen riffen vormen die habitat vormen voor andere soorten, is de verwachting dat er minder geassocieerde soorten voorkomen. Op basis van de beschikbare data lijken er geen effecten op te treden op de bestanden strandgapers en nonnetjes.

Effecten van bodemberoering op geomorfologie

Er is weinig bekend over de effecten van mosselzaadvisserij op de geomorfologie van het gebied. Mosselkorren beroeren de bodem en woelen daarmee sediment op (Jansen & Capelle, 2018). Welke effect dit heeft gehad op de bodemsamenstelling is onbekend. Daarnaast lieten Van Bemmelen et al. zien dat de sedimentsamenstelling wordt beïnvloed door de aan-/afwezigheid van mosselen en dat de korrelgrootte afneemt met toenemende dichtheid mosselen, mogelijk als gevolg van ophoping van faeces en pseudofaeces (van Bemmelen et al., 2013). Wat vervolgens het mogelijke (indirecte) effect van beide effecten is op de bodemdiergemeenschap is onbekend.

Ook voor andere typen visserijen zijn alleen de effecten van visserij op bodemsamenstelling beschreven, maar of en hoe dit zich door vertaalt naar de bodemdiergemeenschap op korte en lange termijn is onduidelijk. De directe effecten van boomkorvisserij op sedimentsamenstelling zijn onderzocht op het Friese Front (Tiano et al., 2019). De resultaten van dit onderzoek laten zien dat er na de boomkorvisserij een laag fijn zand op de bodem aanwezig. Dit was echter maar van korte duur en na 75 uur was het effect al niet meer meetbaar. Diepere lagen (2.5-12.5 cm) vertoonden geen verschil met de controle gebieden. Uit ander onderzoek bleek juist dat de gemiddelde korrelgrootte in het gebied waar boomkorvisserij had plaatsgevonden groter was dan waar geen visserij had plaatsgevonden (Palanques et al., 2014). Daarnaast bleek dat het sediment gedurende het visserijseizoen gemiddeld 0.5 µm groter was dan buiten het seizoen. Ook werd een verticale gradiënt gevonden waarbij het sediment aan de oppervlakte grover was dan dieper in de bodem. Dit wordt bevestigd door een onderzoek waarbij het sediment van intensief en middelmatig beviste gebieden wordt vergeleken (Mengual et al., 2016). Uit het onderzoek naar garnalenvisserij blijkt dat de korrelgroottesamenstelling voor en na de activiteit

vergelijkbaar is. Ook werd hier geen verschil in gemiddelde korrelgrootte aangetoond (Dellapenna et al., 2006).

Het is dus onbekend of en wat de korte en lange termijn effecten zijn van veranderingen in de bodemsamenstelling als gevolg van visserij, zowel voor de mosselvisserij als voor andere typen visserijen. Het is daarom op dit moment lastig in te schatten of dit een factor van belang is of dat het uit te sluiten valt. Wel is bekend dat de bodemsamenstelling van invloed is op de soort voorkomen en soortenrijkdom (o.a. Drent & Dekker 2013).

Effect gebiedssluiting afhankelijk van visserijintensiteit voorafgaand aan sluiting

Ten slotte is het te verwachte effect afhankelijk van de verstoring op het moment van sluiting. Als er een substantiële (visserij geïnitieerde) verstoring optreedt valt het te verwachten dat er op de korte tot lange termijn herstel op zal treden. Voor de mosselvisserij zijn geen gegevens bekend over de relatie tussen de intensiteit van de mosselvisserij en de mate van verstoring. Binnen PMR zijn er zowel positieve als negatieve correlaties gevonden tussen specifieke soorten en de visserijdruk, wat aangeeft dat soorten inderdaad minder voorkomen als de visserijdruk omhoog gaat, maar ook dat andere soorten meer voor kunnen komen als er meer gevestigd wordt (paragraaf 2.3.2). Ook voor de boomkorvisserij wordt in specifieke gevallen een correlatie gevonden tussen de visserijintensiteit en soortenrijkdom.

De grote afname van mosselbestanden in het litoraal eind jaren '80 begin / jaren '90 wordt veelal geweten aan een combinatie van een reeks jaren met lage broedval, mogelijk verlies door stormen, en een te omvangrijke visserij (Dankers & Fey-Hofstede, 2015; Ens et al., 2004). Op dat moment werd de visserij nog niet gereguleerd via visplannen zoals dat tegenwoordig het geval is. In de volgende decennia is het mosselbestand weer hersteld. Omdat het gehele litoraal effectief gesloten is voor visserij, is het niet mogelijk te zeggen of het bestand zich ook hersteld zou hebben met een gereguleerde en gereduceerde visserij. Bij gebiedssluitingen wordt er vaak uitgegaan van de negatieve effecten van visserij. Toch zijn er ook enkele indicaties/hypothesen dat een beperkte visserij mogelijk een positief effect kan hebben op de ontwikkeling van een mosselbank doordat (1) er minder zaad lijkt te vallen in gebieden waar hoge dichtheden mosselen aanwezig zijn (paragraaf 2.1.2) en (2) de Jan Louw hypothese stelt dat uitdunnen van zeer dichte zaadbanken leidt tot een hogere stabiliteit en daarmee overleving van een jonge zaadbank (paragraaf 2.1.1).

3.3 Effecten gebiedssluiting versus natuurlijke dynamiek

In paragraaf 3.1 gaven we reeds aan dat de variatie van wilde mosselbanken tussen jaren en locaties groot is, en dat de hoog dynamische karakteristiek van de Waddenzee (o.a. stormen) hier een belangrijke rol in speelt. Alleen wanneer de effecten van visserij groter zijn dan de natuurlijke variatie zal het mogelijk zijn resultaat van de gebiedssluiting waar te nemen. Verschillende studies lieten zien dat dit inderdaad van wezenlijk belang is.

Zo laat de PRODUS studie (paragraaf 2.1.2) zien dat de variatie in biomassa en soortvoorkomen in een mosselbank sterk varieert in de tijd, onafhankelijk van menselijke activiteiten (Creaymeersch et al., in prep). Dit geeft aan dat andere factoren dan mosselzaadvisserij de ruimtelijke en temporele variabiliteit van het mosselvoorkomen en bodemdiergemeenschappen bepalen.

Ook uit de PMR studie (paragraaf 2.3.2) blijkt dat de abiotische variabelen meer bijdragen om de veranderingen in bodemdiergemeenschappen te verklaren dan veranderingen in visserijintensiteit van de boomkor- en garnalenvisserij.

Ten slotte geeft ook Van Denderen et al. (2015) aan dat natuurlijke verstoringen (stroming, golfimpact of storm), eenzelfde effect hebben op de bodemdiergemeenschap dan de boomkorvisserij in de Noordzee en Ierse wateren. In hoog dynamische gebieden werd dan ook geen effect gemeten, terwijl in laag dynamische gebieden wel effect van de boomkorvisserij waar te nemen was.

3.4 Gebiedskeuze

De studie van Van Denderen et al (2015) laat dus duidelijk zien dat sommige gebieden gevoeliger zijn voor (boomkor)visserij dan andere gebieden. Het lijkt dan ook logisch om de gevoelige gebieden te sluiten voor visserij. Bij selectie van gebieden speelt daarnaast ook de heersende of de te verwachte natuurwaarden een rol. Zo zijn er bij de selectie van gebieden in de Waddenzee specifieke gebieden geselecteerd die gevrijwaard zijn van visserij. Binnen het mosselconvenant en VISWAD zijn vooral gebieden gesloten die als kansrijk gezien werden voor de ontwikkeling van stabiele meerjarige mosselbanken, en gebieden waarvan bekend was dat zich daar relatief rijke bodemdiergemeenschappen vinden. Deze keuzes zijn onderbouwd door historische survey gegevens uit de jaarlijkse mosselzaad inventarisatie (Van Stralen, 2014).

In gebieden waar natuurlijke variatie een grotere rol speelt in samenstelling en veranderingen in de bodemdiergemeenschappen dan de effecten van visserij, valt niet te verwachten dat sluiting van het gebied een waarneembaar positief effect op natuurwaarden zal hebben. Dit is anders voor gebieden waar de invloed van natuurlijke factoren relatief gering is, bijvoorbeeld gebieden die beschut liggen tegen stormen en golfwerking, en gebieden waar relatief weinig predatoren voorkomen. De in de Waddenzee voor mosselvisserij en garnalenvisserij gesloten gebieden liggen veelal in relatief beschutte gebieden, en deels in gebieden die onder invloed staan van zoet water vanuit Friesland en het IJsselmeer waardoor de invloed van zeesterren relatief gering is (Van Stralen, 2014).

3.5 Methodische uitdagingen

Om wetenschappelijk aan te kunnen tonen wat het effect van gebiedssluiting is op het bodemleven, is een gecontroleerde onderzoeksopzet nodig waarin de ontwikkeling van het bodemleven wordt vergeleken tussen voor bodemberoerende activiteiten gesloten en open gebieden, waarbij de gebieden slechts verschillen in het al dan niet toegestaan zijn van de bodemberoerende activiteit. Op deze manier kunnen mogelijke effecten van andere variabelen welke verschillen tussen het gesloten en open gebied, en welke van grote invloed kunnen zijn op het bodemleven, uitgesloten worden. Dit is echter in de praktijk zeer moeilijk te realiseren, en is in alle in dit rapport aangehaalde studies niet gelukt, behalve in het PRODUS onderzoek. PRODUS is de enige studie waarin een paarsgewijze vergelijking tussen bevestigd en onbevestigd gebied mogelijk is. Het onderzoek is dan ook specifiek voor dat doel opgezet. De begrenzingen van de gebieden die gesloten zijn onder Rottum en in de westelijke Waddenzee voor mosselzaad- en garnalenvisserij (het MEGMA onderzoek) zijn gekozen op basis van andere overwegingen dan onderzoek. Dat maakt het lastig of zelfs onmogelijk om buiten de gesloten gebieden geschikte referentiegebieden te vinden die zo gelijk mogelijk zijn qua omgevingsvariabelen, en dus om te kunnen onderscheiden welke veranderingen toegeschreven kunnen worden aan de gebiedssluiting en welke niet. Zo werd in het MEGMA onderzoek een verschil in ontwikkeling gevonden van strandgapers (*Mya arenaria*) tussen het voor mosselzaadvisserij gesloten en open gebied. Dit was echter geen effect van de gebiedssluiting maar werd veroorzaakt doordat de begrenzing van de gesloten gebieden mede is bepaald op basis van kansrijkheid voor natuurontwikkeling op basis van al aanwezige natuurwaarden, waardoor het habitat waarbinnen de strandgaper het meest voorkomt bijna volledig in het gesloten gebied ligt (Troost et al. 2018, 2019). In het Rottum onderzoek kan niet met zekerheid gezegd worden of de geobserveerde subtiele verschillen tussen het gesloten en open gebied veroorzaakt zijn door de gebiedssluiting of door autonome veranderingen binnen het gesloten gebied.

Een tweede vereiste voor het wetenschappelijk aan kunnen tonen van effecten van gebiedssluiting is het nemen van een voldoende groot aantal monsters van een voldoende grote omvang volgens een statistisch onderbouwde opzet. Dit is van belang om verschillen die door de gebiedssluiting zijn veroorzaakt te kunnen onderscheiden van de (vaak grote) natuurlijke variatie en toevallige ontwikkelingen. Het PRODUS onderzoek voldoet aan deze voorwaarde, maar de Rottum en MEGMA studies niet. In laatstgenoemde studies is de monitoring primair gericht op de vraag hoe het bodemleven zich ontwikkelt in het gesloten gebied, waarbij een vergelijking gemaakt moet kunnen worden met het open gebied om te kunnen onderscheiden of geobserveerde veranderingen ook daar gezien worden, en er dus sprake is van een autonome ontwikkeling, of dat de ontwikkeling verschilt van het open gebied en dus toegeschreven kan worden aan de gebiedssluiting. De bemonstering die nodig is om deze vraag

te beantwoorden is minder intensief qua aantal monsterpunten dan wanneer de vraag geweest zou zijn om te onderzoeken wat het effect van gebiedssluiting op het bodemleven is. Dit betekent concreet dat de resultaten uit de monitoring weliswaar een goede indicatie kunnen geven of de gebiedssluiting het gewenste effect heeft gehad, maar dat dit effect zeer lastig statistisch hard te maken is, wat betekent dat er altijd twijfel blijft bestaan over de effectiviteit van de gebiedssluiting.

Een derde vereiste voor het aan kunnen tonen van effecten van gebiedssluiting voor menselijke activiteiten is dat die menselijke activiteiten daadwerkelijk hebben plaatsgevonden in het gesloten gebied. Als voorbeeld dient het PMR-NCV onderzoek dat grootschalig is opgezet met een gedegen statistische onderbouwing, maar waarbij later bleek dat de visserij waarvoor de gebiedssluiting is ingesteld al geruime tijd vóór instelling van de gebiedssluiting was afgenomen (Tulp et al., 2019). Het onderzoek is zich daarom meer gaan richten op het vinden van relaties tussen visserij intensiteit en specifieke natuurwaarden, in plaats van onderzoek naar verschillen in ontwikkelingen tussen het gesloten en open gebied.

4 Conclusie

Deze rapportage is gericht op de vraagstelling zoals geformuleerd door de Projectgroep Mosseltransitie: "Is uit eerdere onderzoeken bekend op welke termijn effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn?"

De afgelopen jaren is gebleken dat het sluiten van gebieden niet betekent dat mosselbanken vanzelf tot ontwikkeling komen en de daarmee gewenste verrijking het bodemleven achterwege blijft. Uit de bestudeerde onderzoeken blijkt dat directe effecten van visserij zichtbaar zijn. Dit betreffen effecten als het onttrekken van het schelpdierbestand, directe schade aan het bodemleven en indirecte effecten doordat het habitat voor geassocieerde soorten verdwenen is door het verwijderen van mosselen (rif structuur). Effecten anders dan het niet meer onttrekken van doelsoorten zijn echter enkel waarneembaar op de korte termijn (<1-1.5 jaar), terwijl lange termijn effecten veelal afwezig lijken. Een van de redenen hiervoor is dat de natuurlijke variatie van het ecosysteem vaak groter is dan effecten veroorzaakt door bodembroerende visserij.

Gebiedssluitingen zijn ingevoerd onder de aanname dat visserij een wezenlijke invloed heeft op de ontwikkeling van (meerjarige) mosselbanken en het geassocieerde bodemleven. Voor het litoraal wordt over het algemeen aangenomen (maar is niet wetenschappelijk bewezen) dat de sterke afname van het bestand begin jaren '90 inderdaad een combinatie is geweest van een te hoge visserijdruk en een reeks jaren met slechte broedval, mogelijk in combinatie met verlies door stormen. Na de gebiedssluiting heeft het bestand zich op natuurlijke wijze hersteld, op een termijn van ongeveer 9 jaar. Of het bestand zich ook hersteld zou hebben onder een gereguleerde visserij, zoals nu het geval is voor het sublitoraal, is onbekend. In het sublitoraal zijn gebieden gesloten voor mosselzaadvisserij specifiek in gebieden waar hoge natuurwaarden verwacht mogen worden. De ontwikkelingen laten tot op heden echter nog geen toename in het areaal meerjarige mosselbanken noch een verrijking van andere bodemdiergemeenschappen zien. Dit geeft aan dat (i) de visserijintensiteit voor sluiting niet zodanig was dat deze effect had op de dynamiek van het natuurlijk bestand, of (ii) dat natuurlijke dynamiek groter is dan de effecten van visserij, of (iii) dat de monitoring niet afdoende is om visserijeffecten (statistisch) te kunnen duiden, of (iv) dat de termijn van de evaluatie onvoldoende lang was. Specifiek om deze laatste vraag te kunnen beantwoorden was de doelstelling van de huidige kennisvraag. Echter, op basis van andere studies is het vooralsnog niet mogelijk hier een antwoord op te geven. In de bestaande studies zijn geen bewijzen gevonden voor lange-termijn effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij. Hoewel het litorale areaal aan schelpdierbanken zich in ongeveer 9 jaar tijd herstelde tot vroegere waarden kan niet aangetoond worden dat dit een effect is van gebiedssluiting, en als complicerende factor speelt hier ook nog het stabiliserende effect van Japanse oesters doorheen. Het geeft mogelijk wel een indicatie voor de termijn waarop schelpdierbanken zich zouden kunnen herstellen in het litoraal. Of dezelfde termijn ook opgaat voor het sublitoraal is niet te zeggen.

Literatuur

- Beare, D., Rijnsdorp, A.D., Blaesberg, M., Damm, U., Egekvist, J., Fock, H., Kloppmann, M., Röckmann, C., Schroeder, A., Schulze, T., 2013. Evaluating the effect of fishery closures: lessons learnt from the Plaice Box. *Journal of Sea Research* 84, 49-60.
- Beukema, J., Dekker, R., 2018. Effects of cockle abundance and cockle fishery on bivalve recruitment. *Journal of sea research* 140, 81-86.
- Beukema, J., Dekker, R., Drent, J., 2017. Parallel changes of *Limecola* (*Macoma*) *balthica* populations in the Dutch Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series* 585, 71-79.
- Beukema, J., Dekker, R., Philippart, C., 2010. Long-term variability in bivalve recruitment, mortality, and growth and their contribution to fluctuations in food stocks of shellfish-eating birds. *Marine Ecology Progress Series* 414, 117-130.
- Beukema, J., Dekker, R., van Stralen, M., de Vlas, J., 2015. Large-scale synchronization of annual recruitment success and stock size in Wadden Sea populations of the mussel *Mytilus edulis* L. *Helgoland Marine Research* 69, 327.
- Craeymeersch, J., Jansen, J.M., Smaal, A.C., van Stralen, M., Meesters, H.W.G., Fey-Hofstede, F., 2013. Impact of mussel seed fishery on subtidal macrozoobenthos in the western Wadden Sea. IMARES.
- Dankers, N., Fey-Hofstede, F., 2015. Een zee van Mosselen. Handboekecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee. Stichting Anemoon, Lisse, The Netherlands.
- Dankers, N., Meijboom, A., Cremer, J., Dijkman, E., Hermes, Y., Te Marvelde, L., 2003. Historische ontwikkeling van droogvallende mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee. Alterra.
- Dellapenna, T.M., Allison, M.A., Gill, G.A., Lehman, R.D., Warnken, K.W., 2006. The impact of shrimp trawling and associated sediment resuspension in mud dominated, shallow estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 69, 519-530.
- Dolmer, P., Kristensen, T., Christiansen, M., Petersen, M., Kristensen, P.S., Hoffmann, E., 2001. Short-term impact of blue mussel dredging (*Mytilus edulis* L.) on a benthic community, Coastal Shellfish—A Sustainable Resource. Springer, pp. 115-127.
- Donker, J.J.A., 2015. Hydrodynamic processes and the stability of intertidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. Utrecht University, Faculty of Geosciences.
- Drent, J., Dekker, R., 2013. How different are subtidal *Mytilus edulis* L. communities of natural mussel beds and mussel culture plots in the western Dutch Wadden Sea? NIOZ-Report 6, 94.
- Ens, B.J., Smaal, A., De Vlas, J., 2004. The effects of shellfish fishery on the ecosystems of the Dutch Wadden Sea and Oosterschelde: final report on the second phase of the scientific evaluation of the Dutch shellfish fishery policy (EVA II). Alterra.
- Eriksson, B.K., van der Heide, T., van de Koppel, J., Piersma, T., van der Veer, H.W., Olff, H., 2010. Major changes in the ecology of the Wadden Sea: human impacts, ecosystem engineering and sediment dynamics. *Ecosystems* 13, 752-764.
- García, A.A., 2015. The role of the starfish (*Asterias rubens* L.) predation in blue mussel (*Mytilus edulis* L.) seedbed stability. Wageningen University.
- Glorius, S., Rippen, A.D., de Jong, M., van der Weide, B., Cuperus, J., Bakker, A., van Hoppe, M., 2014. De ontwikkeling van niet beviste sublitorale mosselbanken 2009-2013. IMARES.
- Glorius, S., Rippen, A.D., Jansen, J.M., 2013. Deelrapport bodemschaaf en zuigkordata. Effecten van mosselzaadvisserij op het bodemleven van de Waddenzee. IMARES.
- Glorius, S., Tulp, I., Meijboom, A., Bolle, L., Chen, C., 2018. Developments in benthos and fish in gullies in an area closed for human use in the Wadden Sea: 2002-2016. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Sciberras, M., Bolam, S.G., Cambiè, G., McConnaughey, R.A., Mazor, T., Hilborn, R., Collie, J.S., Pitcher, C.R., 2019. Assessing bottom trawling impacts based on the longevity of benthic invertebrates. *Journal of Applied Ecology* 56, 1075-1084.
- Hiddink, J.G., Jennings, S., Sciberras, M., Szostek, C.L., Hughes, K.M., Ellis, N., Rijnsdorp, A.D., McConnaughey, R.A., Mazor, T., Hilborn, R., 2017. Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, 8301-8306.
- Jansen, H.M., Capelle, J.J., 2018. Effecten van mosselkweek op sediment-dynamiek in de Waddenzee: uitgebreide samenvatting van het rapport "The effect of mussel farming on sediment dynamics in the Wadden Sea-case studies evaluating the local effects of mussel seedfisheries and mussel harvest on turbidity and sedimentation". Wageningen Marine Research.
- Kamermans, P., Bult, T., Kater, B., Baars, J., Kesteloo-Hendrikse, J., Perdon, K., Schuiling, E., 2004. Eindrapport EVA II (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase) Deelproject H4: Invloed van natuurlijke

factoren en kokkelvisserij op de dynamiek van bestanden aan kokkels (*Cerastoderma edule*) en nonnen (*Macoma balthica*) in de Waddenzee, Ooster- en Westerschelde. RIVO.

Mengual, B., Cayocca, F., Le Hir, P., Draye, R., Laffargue, P., Vincent, B., Garlan, T., 2016. Influence of bottom trawling on sediment resuspension in the 'Grande-Vasière' area (Bay of Biscay, France). *Ocean Dynamics* 66, 1181-1207.

Nehls, G., Thiel, M., 1993. Large-scale distribution patterns of the mussel *Mytilus edulis* in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein: do storms structure the ecosystem? *Netherlands Journal of Sea Research* 31, 181-187.

Palanques, A., Puig, P., Guillén, J., Demestre, M., Martín, J., 2014. Effects of bottom trawling on the Ebro continental shelf sedimentary system (NW Mediterranean). *Continental Shelf Research* 72, 83-98.

Piersma, T., Koolhaas, A., Dekinga, A., Beukema, J.J., Dekker, R., Essink, K., 2001. Long-term indirect effects of mechanical cockle-dredging on intertidal bivalve stocks in the Wadden Sea. *Journal of Applied Ecology* 38, 976-990.

Rijnsdorp, A.D., Bolam, S.G., Garcia, C., Hiddink, J.G., Hintzen, N.T., van Denderen, P.D., van Kooten, T., 2018. Estimating sensitivity of seabed habitats to disturbance by bottom trawling based on the longevity of benthic fauna. *Ecological applications* 28, 1302-1312.

Smaal, A., Craeymeersch, J., Drent, J., Jansen, J., Glorius, S., Van Stralen, M., 2013. Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee: samenvattend eindrapport. IMARES.

Smaal, A., van Stralen, M., Kersting, K., Dankers, N., 2004. Eindrapport EVA II deelproject F5 (Evaluatie Schelpdiervisserij tweede fase): De gevolgen van gecontroleerde bevissing voor bedekking en omvang van droogvallende mosselzaad-banken, een test van de Janlouw hypothese en van mogelijkheden voor natuurbouw. RIVO Centrum voor Schelpdierenonderzoek.

Smaal, A.C., Brinkman, A.G., Schellekens, T., Jansen, J.M., García, A.A., van Stralen, M., 2014. Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport. IMARES.

Tiano, J.C., Witbaard, R., Bergman, M.J., van Rijswijk, P., Tramper, A., van Oevelen, D., Soetaert, K., 2019. Acute impacts of bottom trawl gears on benthic metabolism and nutrient cycling. *ICES Journal of Marine Science*.

Troost, K., Craeymeersch, J., van den Ende, D., van Es, Y., van Asch, M., van Stralen, M., 2019. Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaadvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee. Wageningen Marine Research.

Troost, K., van Stralen, M., Craeymeersch, J., van den Ende, D., van Asch, M., 2018. Ontwikkeling van bodemdieren in voor mosselzaad- en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee: evaluatie na drie jaar monitoring. Wageningen Marine Research.

Tulp, I., Prins, T., Craeymeersch, J., IJff, S., van der Sluis, M., 2019. Syntheserapport PMR NCV. Wageningen Marine Research C014/18, 283.

van Bemmelen, R., Brinkman, A., Holthuyzen, S., Jansen, J., 2013. The effects of subtidal mussel seed fisheries in the Dutch Wadden Sea on sediment composition. IMARES Wageningen UR.

Van den Ende, D., Brummelhuis, E., Van Zweeden, C., Van Asch, M., Troost, K., 2016. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2015: bestand en arealen. IMARES.

Van den Ende, D., Troost, K., Van Asch, M., Perdon, J., Van Zweeden, C., 2018. Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren in 2018: bestand en arealen. IMARES.

van Denderen, P.D., Bolam, S.G., Hiddink, J.G., Jennings, S., Kenny, A., Rijnsdorp, A.D., Van Kooten, T., 2015. Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and function of benthic communities across habitats. *Marine Ecology Progress Series* 541, 31-43.

van Denderen, P.D., Hintzen, N.T., Rijnsdorp, A.D., Ruardij, P., van Kooten, T., 2014. Habitat-specific effects of fishing disturbance on benthic species richness in marine soft sediments. *Ecosystems* 17, 1216-1226.

van der Meer, J., Dankers, N., Ens, B.J., van Stralen, M., Troost, K., Waser, A.M., 2018. The Birth, Growth and Death of Intertidal Soft-Sediment Bivalve Beds: No Need for Large-Scale Restoration Programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems*, 1-11.

Van Stralen, M., 2014. Gebiedsmaatregelen Mosselconvenant en Viswad 2013. MarinX, Scharendijke.

van Stralen, M., Craeymeersch, J., Drent, J., Glorius, S., Jansen, J., Smaal, A., 2013. Het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de effecten van de visserij daarop: Effecten van mosselzaadvisserij op sublitorale natuurwaarden in de westelijke Waddenzee. MarinX.

Van Stralen, M., Van den Ende, D., Troost, K., 2015. Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2015. Bureau MarinX, Scharendijke.

Van Stralen, M., Van den Ende, D., Troost, K., 2016. Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2016. Bureau MarinX, Scharendijke.

Van Stralen, M., Van den Ende, D., Troost, K., 2017. Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2017. Bureau MarinX, Scharendijke.

Vlas, J., 1982. De effecten van de kokkelvisserij op de bodemfauna van Waddenzee en Oosterschelde. Rijksinstituut voor natuurbeheer.

Wijsman, J.W.M., Schellekens, T., Van Stralen, M., Capelle, J., Smaal, A.C., 2014. Rendement van mosselkweek in de westelijke Waddenzee. IMARES.

Zwarts, L., Ens, B., 1999. Predation by birds on marine tidal flats, Proceedings of the 22nd international ornithological congress; August 1998, Durban, South Africa. Johannesburg, Birdlife South Africa, 1999.

Verantwoording

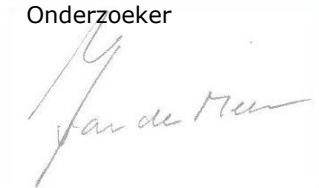
Rapport C074/19

Projectnummer: BO-43-023.02.042

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het verantwoordelijk lid van het managementteam van Wageningen Marine Research

Akkoord: Jaap van der Meer
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 31 juli 2019

Akkoord: Jakob Asjes
Manager integratie

Handtekening:



Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 09 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research levert met kennis, onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en advies een wezenlijke bijdrage aan een duurzamer, zorgvuldiger beheer, gebruik en bescherming van de natuurlijke rijkdommen in zee-, kust- en zoetwatergebieden.



Wageningen Marine Research is onderdeel van Wageningen University & Research. Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research en heeft als **missie**: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'
