



Het belang van sublitorale mosselen als voedselbron in de Westelijke Waddenzee

Helpdeskvraag 2c in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028)

Auteur(s): Jansen HM

Wageningen University &
Research rapport C038/19

Het belang van sublitorale mosselen als voedselbron in de Westelijke Waddenzee

Helpdeskvraag 2c in het kader van mosseltransitie (KD-2019-028)

Auteur(s): Jansen HM

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, April 2019

VERTROUWELIJK Nee

Wageningen Marine Research rapport C038/19

Keywords: Dieet, prooi, predator, mossel, eidereend, topper, zeester, krab, vis

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/10.18174/474613>.
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	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Kennisvraag en Aanpak	5
2 Dynamiek in mosselvoorkomen en verspreiding	7
3 Mosselen als voedselbron	8
3.1 Mosselen als voedselbron voor vogels	8
3.1.1 Eideereend	8
3.1.2 Topper	10
3.2 Mosselen als voedselbron voor strandkrabben	11
3.3 Mosselen als voedselbron voor zeesterren	13
3.4 Mosselen als voedselbron voor vissen en garnalen	14
3.4.1 Vissen	14
3.4.2 Garnalen	14
4 Conclusies	15
Literatuur	16
Verantwoording	18

Samenvatting

Deze rapportage geeft duiding aan het belang van sublitorale mosselen als voedselbron voor de verschillende predatoren in de Waddenzee op basis van een literatuurreview. Onderstaande tabel vat de bevindingen samen, waarbij onderscheid gemaakt is tussen mosselen op wilde banken en op kweekpercelen.

Soort	Belang wilde mosselbanken	Belang kweekpercelen
Eidereenden	Wilde mosselen zijn in sommige seizoenen van mindere kwaliteit voor de Eidereend in vergelijking met kweekmosselen. Aan het einde van de winter, wanneer kwaliteit van mosselen op wilde banken en percelen gelijk is, worden eidereenden ook gezien op wilde banken.	Kweekmosselen zijn een belangrijke voedselbron voor Eidereenden, met name in periodes wanneer de mosselkwaliteit (hoge vlees/schelp ratio) relatief gunstig is.
Topper	Toppers komen worden vooral waargenomen rond de afsluitdijk. Rond de afsluitdijk zijn ook wilde mosselbanken aanwezig zijn, toppers komen echter vooral voor op locaties waar kleine strandgapers aanwezig zijn, en er wordt daarom aangenomen dat dit een belangrijke voedselbron is. Mosselen lijken van minder groot belang in het dieet van de Topper.	Op de locaties waar veel toppers voorkomen (afsluitdijk) liggen weinig percelen.
Krabben	Bestand van krabben in het sublitoraal neemt geleidelijk toe, en is sterk gelinkt aan het voorkomen van mosselen. Mosselzaad en halfwas mosselen zijn een geschikte voedselbron voor krabben, volwassen mosselen zijn veelal te groot voor predatie.	Het krabben bestand op de percelen is ongeveer ¼ van het bestand buiten de percelen. Predatie door krabben is bepalend voor het rendement van het perceel. Vooral mosselzaad in de eerste weken nadat het op de percelen gelegd is, is een belangrijke prooi voor krabben.
Zeesterren	Zeesterren bepalen in grote mate de overleving van wilde mosselbanken in de Waddenzee. In gebieden met een lager zoutgehalte (nabij afsluitdijk) komen minder zeesterren voor. Zeesterren consumeren alle grootteklassen mosselen, mits verhouding predator/prooi voldoet	Percelen zijn gelegen in gebieden met een hoog zoutgehalte, en daarmee geschikt habitat voor zeesterren. Het totale bestand zeesterren op percelen is in zelfde orde grote als voor krabben.
Garnalen	Klein mosselzaad (2-3mm) is een voedselbron voor garnalen.	Niet van belang, want grootteklasse van mosselen op percelen niet relevant voor garnalen.
Vissen	Het belang van mosselen als voedselbron voor vissen is onvoldoende bekend. Mosselzaad kan gegeten worden door bijvoorbeeld bot en schol, en soorten als botervis en puitaal lijken vaker voor te komen op wilde mossel banken. Naast een voedselbron, kunnen mosselbanken een beschermende functie hebben (shelter) voor juveniele en volwassen vis.	Onbekend

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 mosselzaadinplantingen (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 Helpdesk voorgelegd zijn aan 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 2c, en wordt beantwoord aan de hand van een literatuuroverzicht. Omdat de huidige kennisvragen gericht zijn op de relatie met mosselkweek richten wij ons in dit review vooral op het sublitoraal van de Westelijke Waddenzee, en wordt het litoraal niet beschreven omdat zowel de zaadvisgebieden als de kweekpercelen alleen in het sublitoraal toegestaan zijn. Voordat we ingaan op de rol van mosselen als voedselbron wordt eerst een kort overzicht van de ontwikkelingen in het mosselbestand op percelen en wilde banken gegeven (hoofdstuk 2; voor een uitgebreider overzicht zie kennisvraag 2a (Capelle 2019b) en Capelle & Wijsman (2019)). In de

beschrijving van het belang van mosselen als voedselbron (hoofdstuk 3) ligt de focus op (veld)studies en predator-prooi interacties. Dit is beschreven voor eidereenden, topper, krabben, kreeften en vissen. Waar mogelijk wordt onderscheidt gemaakt in het aandeel mosselen afkomstig van wilde mosselbanken dan wel van kweekpercelen in het dieet van deze dieren. Indien beschikbaar is een overzicht van de ontwikkeling van het bestand en de ruimtelijke verspreiding in de Waddenzee gegeven, echter, uitgebreide populatiedynamica en van deze dieren (predatoren) valt buiten de scope van deze kennisvraag.

2 Dynamiek in mosselvoorkomen en verspreiding

In het sublitoraal van de Waddenzee komen mosselen voor op zowel wilde banken als op kweekpercelen. Het areaal aan sublitorale wilde banken in de westelijke Waddenzee wordt geschat op 1500 ha (Wijsman et al, 2014), en de biomassa varieert veelal tussen de 10 en de 40 mln kg (Troost et al 2019). Permanent onderwater staande sublitorale banken hebben een ander karakter dan droogvallende litorale banken. Voor litorale banken is bekend dat deze een grote dynamiek kennen en de helft van het areaal dat ooit aanwezig is geweest in de Waddenzee verdwijnt in de eerste winter en nog eens een kwart in de tweede winter (Steenbergen et al 2003). Uit een update van deze gegevens blijkt dat circa 80% van de litorale banken tussen de 1-4 jaar op eenzelfde plek aanwezig is geweest, 16% tussen de 5-9 jaar, 5% tussen de 10-14 jaar en minder dan 1% tussen de 15-17 jaar (Troost et al 2015). Sublitorale banken zijn instabieler dan litorale banken, en onder andere zeesterrenvraat is een belangrijke factor waardoor sublitorale banken zich zelden lijken te ontwikkelen tot een meerjarige bank (Capelle et al 2017).

De percelen liggen geclusterd op locaties waar de groei en overleving beter is dan op natuurlijke (zaad)banken (Capelle et al 2017). Het oppervlakte aan verhuurde percelen was het laatste decennia ca. 7600 ha (bruto), naar schatting wordt echter maar een deel hiervan gebruikt (netto) doordat in de loop van de tijd sommige percelen, of delen hiervan, minder geschikt zijn geworden voor kweek, bijvoorbeeld doordat deze op droogvallende platen of juist in stroomgeulen zijn komen te liggen. De percelen hebben een belangrijk aandeel in de biomassa mosselen in het sublitoraal; ongeveer een dubbele biomassa dan voor de schatting voor wilde banken. Mosselzaad wordt van de zaadbanken opgevist en naar de percelen overgebracht. Er ontstaat dus meer biomassa op de percelen, en dit wordt na 2 of 3 jaar geoogst. Eén van de uitgangspunten voor de mosselzaadvisserij is dat het samenstel van het opvissen, opkweken en de uiteindelijke afvoer van mosselen niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee (Ministerie LNV, 2004). Dit uitgangspunt is operationeel gemaakt door het ontwikkelen van een rekenmodel waarmee kan worden vastgesteld hoeveel mosselen in het najaar minimaal op de percelen moeten blijven liggen (VKA model, staat voor 'visserij, kweek en afvoer'; Meijer 2010). Wijsman et al (2014) lieten zien dat door kweekactiviteiten er ongeveer 25% meer mosselen in de Waddenzee aanwezig zijn dan in een situatie waarbij er geen mosselkweek plaats vindt.

Zowel sublitorale mosselen op de percelen als op de zaadbanken en meerjarige banken zijn beschikbaar als voedselbron voor andere soorten.

3 Mosselen als voedselbron

In onderstaande paragrafen wordt per soortgroep weergegeven wat de dynamiek en voorkomen van deze soorten is, en hoeverre (er bekend is of) kweekmosselen een belangrijke bijdrage leveren aan het dieet van de soort.

3.1 Mosselen als voedselbron voor vogels

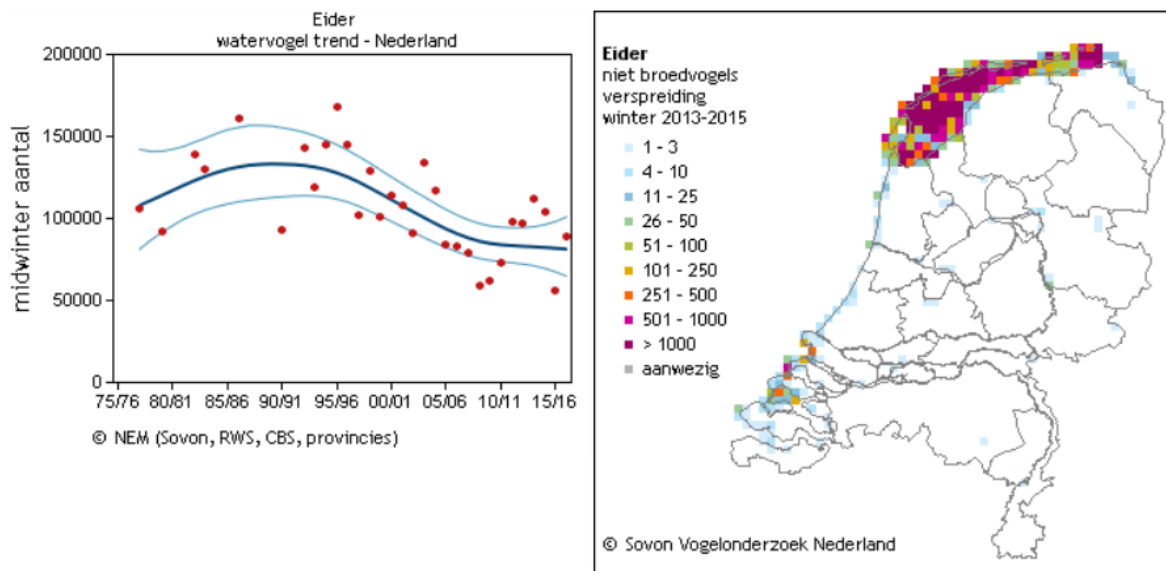
Litorale schelpdierbanken zijn van belang voor een tal van vogels in de Waddenzee (van de Jeugd et al 2014). De ondergedoken (sublitorale) mosselen zijn echter maar voor enkele vogels toegankelijk. Hierbij hebben duikende eenden en met name de eidereend en de topper de capaciteit om naar onderwater gelegen mosselbanken en percelen te duiken.



*Foeragerende Eiders op een mosselkweekperceel in de westelijke Waddenzee, november 2010.
(foto H. Schekkerman. Bron: Schekkerman et al 2015)*

3.1.1 Eidereend

De Nederlandse Waddenzee is van internationale betekenis voor overwinterende Eidereenden, maar de aantallen vertonen een afnemende trend in Waddenzee (Figuur 1) als ook in de gehele Baltic/Waddenzee flyway van deze soort (Ekroos et al 2012).



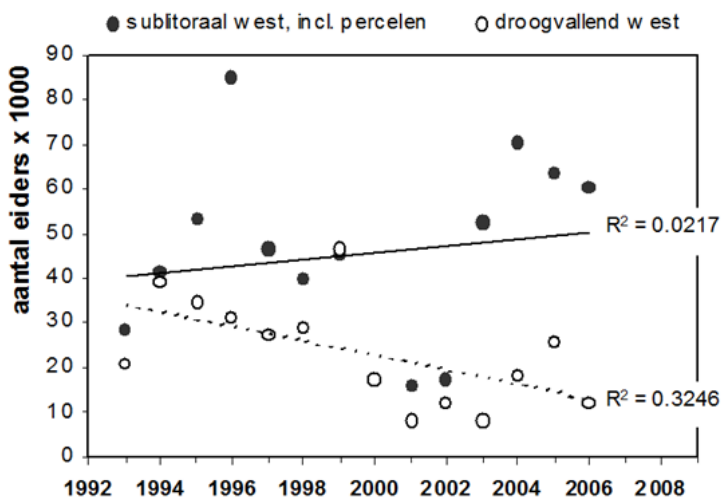
Figuur 1 Ontwikkeling van aantallen, en verspreiding van eidereenden in de Waddenzee (bron www.sovon.nl/nl/soort/2060)

Eiders zijn uitgesproken schelpdiereters en eten in de Waddenzee bij voldoende aanbod hoofdzakelijk mosselen en vullen het dieet aan met krabben en andere schelpdieren, zoals grotere kokkels en Amerikaanse zwaardschede *Ensis directus*. De schelpdieren worden duikend bemachtigd en met schelp en al ingeslikt (vd Jeugd et al 2014). Het dieet van Eiders in de Waddenzee kan voor meer dan 90% bestaan uit mosselen en/of kokkels. Het is echter niet bekend of Eiders deze soorten prefereren of dat ze vooral voorkomen op locaties waar grote hoeveelheden prooi aanwezig zijn, en dit in de Waddenzee vooral mosselbanken/percelen en kokkelbanken zijn. In andere gebieden worden mosselen en kokkels vervangen door andere soorten wanneer die makkelijker beschikbaar zijn (Leopold et al 2001).

Cervenci et al (2015, poster¹) onderzocht de invloed van verschillende prooi-soorten op de verspreiding van Eidereenden in de Nederlandse Waddenzee. Hierbij werden vliegtuigtellingen van eidereenden vergeleken met verspreiding van schelpdieren (mossel, kokkel, strandgaper, zwaardschede) uit de jaarlijkse surveys uitgevoerd door WMR, in het litoraal en sublitoraal en op mosselpercelen. Dit is gedaan in de winter van 2008/2009 en 2010/2011. Deze studie liet zien dat mosselen van de percelen een belangrijke voedselbron voor Eidereenden zijn. Dit heeft vooral te maken met de hoge kwaliteit van deze prooi. De verhouding van vlees en schelp is voordeliger bij mossels dan bij kokkels, en mossels zijn makkelijker te vinden en in te slikken dan strandgapers en Amerikaanse zwaardschedes. Verder hebben mosselen van de percelen in sommige seizoenen een gunstiger vlees/schelp verhouding dan mosselen van wilde banken. In de loop van de winter kwamen de eidereenden vaker voor op de wilde banken. Steenbergen et al (2005) lieten zien dat kwaliteit van mosselen op percelen beter is in het najaar, maar dat dit na de winter vergelijkbaar is met mosselen op wilde banken. Dit zou kunnen verklaren waarom eidereenden aan het einde van de winter frequenter op wilde banken voorkomen.

1

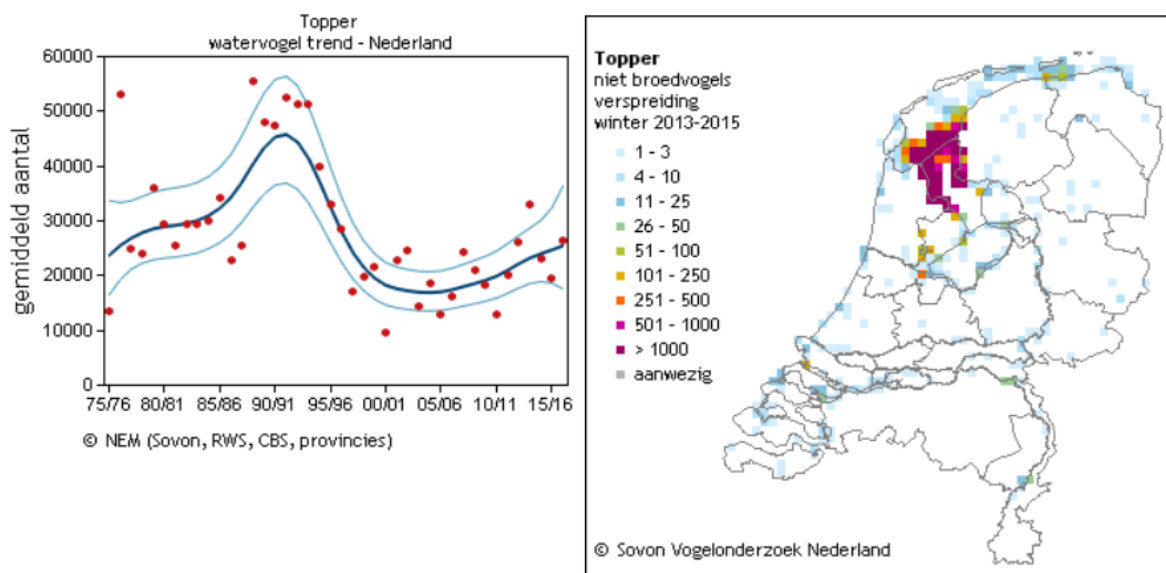
https://www.researchgate.net/publication/277075182_Verspreiding_van_overwinterende_Eidereenden_in_relatie_tot_beschikbare_voedselbronnen_in_de_Waddenzee



Figuur 2 uit: Aantal Eidereenden in het sublitoraal en litoraal van de westelijke Waddenzee.

3.1.2 Topper

De topper behoort niet tot de Nederlandse broedvogels, maar broedt vooral in Scandinavië en Rusland. Toppers overwinteren in zuidwestelijker gelegen gematigde gebieden, waaronder Nederland. Van de NW-Europese populatie overwintert bijna de helft in de Nederlandse wateren. Tijdens hun verblijf in Nederland eten toppers vooral (driehoeks)mosselen, andere schelpdieren en Krabben. In Nederland overwinteren toppers vooral op het IJsselmeer, terwijl de aantallen in de Waddenzee kleiner zijn. De aantallen toppers in de Waddenzee variëren sterk tussen jaren. Dit wordt mede veroorzaakt door de invloed van koude winters. In het Waddengebied worden de grootste concentraties toppers gevonden in de zone nabij de Afsluitdijk (vd Jeugd et al 2014), waar de zoutconcentratie lager is (Figuur 7). Op de locaties waar de Topper voorkomt (Figuur 3) zijn geen/een gering aantal percelen aanwezig.



Figuur 3 Ontwikkeling van aantallen, en verspreiding van eidereenden in de Waddenzee (bron www.sovon.nl/nl/soort/2040)

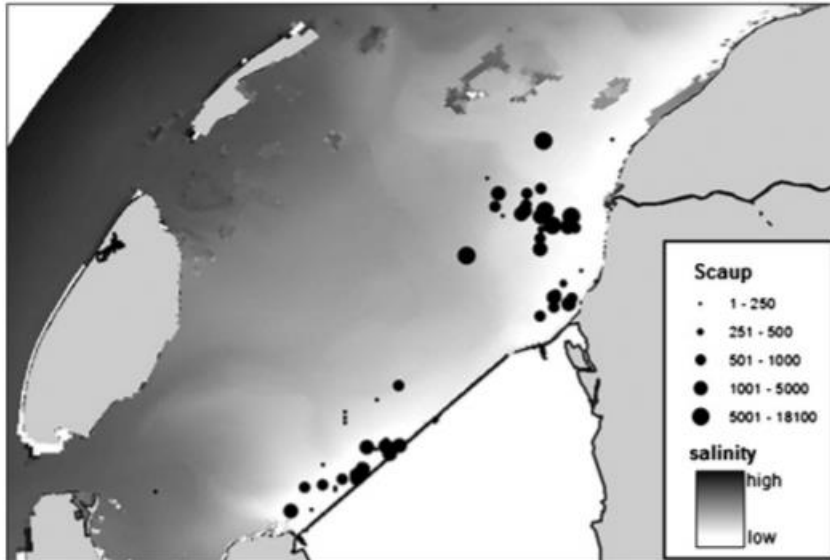


Fig. 6. Map showing distribution of Scaup in the Dutch Wadden Sea during January in the period 1999-2009.

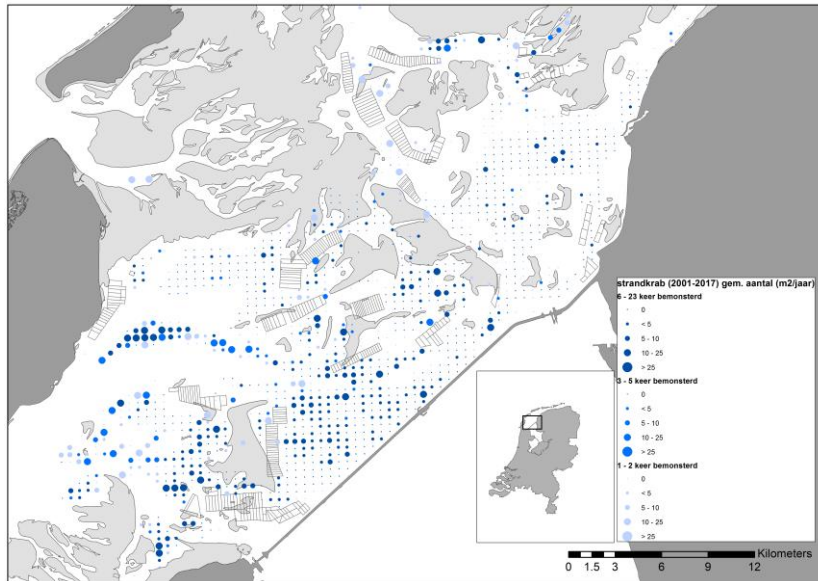
Figuur 4: Ruimtelijke verspreiding Topper in Waddenzee (bron: Cervencí & Alvarez Fernandez 2012)

Cervencí & Alvarez Fernandez (2012) hebben de invloed van verschillende prooi-soorten op de verspreiding van Toppers in de Nederlandse Waddenzee onderzocht. Dit is gedaan op een vergelijkbare manier als voor de eidereenden (zie sectie 3.1.1). Hieruit bleek dat de toppers meer voorkwamen op locaties waar kleine prooi-soorten beschikbaar zijn, met name op locaties met hoge dichtheden strandgaper (*Mya arenaria*). Kleine strandgapers hebben een relatief hoge vlees/schelp ratio in vergelijking met kokkels, waardoor deze soort kwalitatief een goede voedselbron is voor de topper. Mosselen hebben ook een relatief hoge vlees/schelp ratio, toch werd er maar een geringe connectie gevonden tussen het de verspreiding van de topper en de mosselen. Dit wordt toegeschreven aan het feit dat mosselen trossen vormen waarbij er met de byssusdraden een sterke verbinding tussen de individuele mosselen wordt gemaakt. Hierdoor kost het meer tijd (en energie) voor de topper om individuele mosselen te consumeren. Voedselopname blijkt inderdaad af te nemen wanneer schelpdieren zich in trossen bevinden ten opzichte van losse individuen (de Leeuw, 1999 in Cervencí & Alvarez Fernandez 2012).

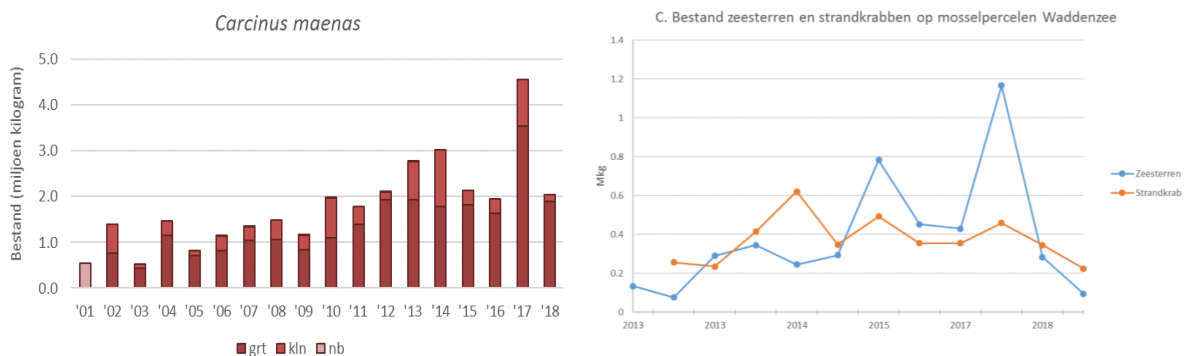
3.2 Mosselen als voedselbron voor strandkrabben

Mosselen, zowel op wilde banken als op percelen, zijn een belangrijke voedselbron voor strandkrabben (*Carcinus maenas*). Uit de WMR schelpdiersurvey gericht op het bepalen van de dynamiek in bestanden in het sublitoraal, met uitzondering van de percelen, blijkt dat de hoogste aantallen strandkrabben gevonden worden op plekken waar ook hoge gemiddelde aantallen aan niet ingegraven schelpdieren (mossel en oester) gevonden worden (Troost et al 2019). De hoogste gemiddelde aantallen zijn aangetroffen in de Texelstroom, omgeving Zuidwest en de Vlieter (Figuur 5). Opvallend is dat op het Molenrak en in het gebied bij de afsluitdijk, waar ook hoge gemiddelde aantallen mossels gevonden zijn vrijwel geen strandkrabben zijn gevonden. Dit heeft niet te maken met verschillen in zoutgehalte, gezien de tolerantie van de soort voor een grote range aan zoutgehaltes (Thresher *et al.*, 2003 in Troost et al 2019). Het bestand aan strandkrabben in het sublitoraal lijkt over de laatste jaren wat toe te nemen (Figuur 6), mogelijk samenhangend met een overall toename in schelpdierbiomassa (Troost et al 2019). Over de laatste vijf jaar lag het bestand tussen de 2 en 3 miljoen kg, met uitzondering van 2017 toen er opvallend grote aantallen strandkrabben aangetroffen. Dit samen viel samen met de omvangrijke zaadval van mosselen maar ook van Amerikaanse zwaardscheden. De grootteklasse "groot (>2.5 cm carapax lengte) bepaalt het grootste deel van het bestand, ondanks dat de kleine individuen vele malen abundanter zijn (Troost et al 2019). Tijdens de perceelbemonstering worden ook de hoeveelheden krabben bepaald. Gezien de bemonsteringsmethode moeten deze

schattingen als indicatief gezien worden (Capelle pers com). De afgelopen jaren waren de schattingen vrij constant rond de 0.4 miljoen kg en neemt de laatste drie jaar geleidelijk af (Capelle & van Stralen 2018; Figuur 6). Tijdens de perceelbemonstering worden enkel de krabben groter dan 2 cm carapax lengte bepaald. In de sublitorale schelpdiersurvey ligt de grens tussen groot en klein op 2.5 cm. Deze bestanden kunnen dus niet direct met elkaar vergeleken worden maar grofweg kan gesteld worden dat het bestand op de percelen ongeveer een kwart betreft van wat er buiten de percelen aangetroffen wordt.



Figuur 5: Gemiddelde dichtheid van de strandkrab ($n/m^2/jaar$) in de periode 2001 – 2017, ingedeeld in drie categorieën van bemonsteringsfrequentie (lichtblauw 1-2x, blauw 3-5x, donkerblauw >5x bemonsterd). (Bron: Troost et al 2019)



Figuur 6. Links: Ontwikkeling van het bestand krabben in het sublitoraal van de Waddenzee (excl percelen), geassocieerd in grootteklassen "groot ($carapax < 2,5\text{ cm}$)", "klein ($carapax > 2,5\text{ cm}$)" en "niet bepaald" (Bron Troost et al 2019). Rechts: Ontwikkeling van het bestand krabben (oranje; $carapax$ breedte $> 2\text{ cm}$) en zeesterren (blauw) op percelen (Bron: Capelle & Van Stralen 2018).

Predatie van krabben op mosselen is afhankelijk van de relatieve grootte tussen beide (predator-prooi ratio). Over het algemeen geldt dat de predatie snel afneemt wanneer de lengte van mosselen toeneemt (Mascaro and Seed 2001; Murray et al 2007; Kamermans et al 2009). Predatie door krabben was groter voor mosselzaad $< 20\text{ mm}$ (Kamermans et al 2009). Hier blijkt ook uit dat mosselen predatie door krabben kunnen overgroeien, wat inhoudt dat de mosselen te groot worden om als voedsel voor krabben te gelden. Bij slechte groei ondervinden de mosselen tot 50% meer sterfte door predatie dan wanneer deze een snelle groei vertoonden (Capelle, unpublished).

Predatie door krabben kan een significante mosselsterfte tot gevolg hebben. Dare & Edwards (1976) lieten zien dat de sterfte van mosselen kleiner dan 2.5 cm 70-85% is, en wanneer deze beschermd werden tegen krabbenpredatie was de sterfte slechts 17-41%. Door de relatief geringe grootte, omdat de mosselen nog geen trossen en strengen gevormd hebben, en door mogelijke stress, is het mosselzaad direct na het plaatsen op de percelen het meest gevoelig voor predatie. Ongeveer 1/3 van de sterfte van mosselzaad in de eerste maand na het plaatsen op percelen kan toegeschreven worden aan predatie door krabben (Capelle et al 2016). Over een gehele kweekcyclus kan het mossel bestand op een (droogvallend) perceel een factor 4-5 hoger zijn wanneer de krabben buitengesloten worden (Davies et al 1980). Mosselzaad afkomstig van MZI's is bij oogst kleiner van formaat en heeft een dunnere schelp dan het zaad dat op de traditionele manier vanaf wilde banken gevestigd is en is daardoor kwetsbaarder voor predatie door krabben (Kamermans et al 2009).

3.3 Mosselen als voedselbron voor zeesterren

Zoals in hoofdstuk 2 al aangegeven, wordt de overleving van wilde mosselbanken sterk gestuurd door de predatie door zeesterren (*Asterias Rubens*). Dit geeft aan dat mosselen een belangrijke voedselbron zijn voor zeesterren (Kamermans et al 2009). Zeesterren kunnen 'zwermen' vormen die systematisch een hele mosselbank kunnen verwijderen (Sloan and Aldridge 1981).

Het zoutgehalte is de belangrijkste factor die de ruimtelijke verspreiding van zeesterren in de Waddenzee bepaald (Aguera Garcia 2015). In de Waddenzee is er een duidelijke zout-gradiënt van de zeegaten richting de afsluitdijk (vooral rond de sluisen, zie Figuur 7). Niet alleen neemt het zoutgehalte af, maar ook de variatie veroorzaakt door een grotere getij amplitude nabij de Afsluitdijk. Vooral de grote variatie zorgt ervoor dat deze gebieden niet geschikt zijn voor zeesterren. In gebieden waar geen zeesterren voorkomen, hebben mosselbanken meer kans zich te ontwikkelen tot meerjarige banken (Capelle et al 2017).

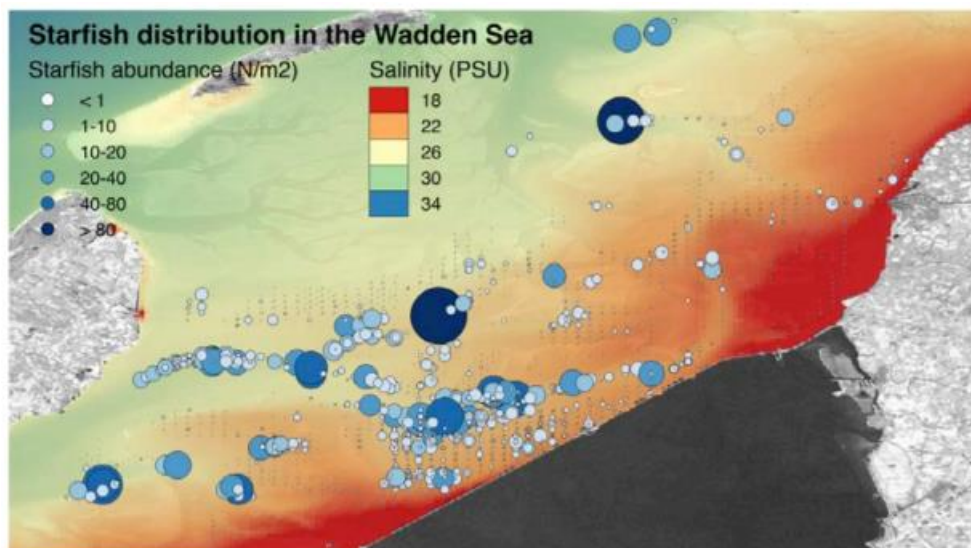


Figure 7.2. Map showing *A. rubens* distribution over the spatial distribution of salinity in the west Dutch Wadden Sea. *A. rubens* sampled during spring (shellfish survey, 1992-2013, IMARES), grey dots represent locations where *A. rubens* has not been recorded. Salinity is the annual mean from Duran-Matute et al. (2014).

Figuur 7. Ruimtelijke verspreiding van zeesterren en zout-gradiënt in de Westelijke Waddenzee

Mosselpercelen liggen in gebieden die qua zoutgehalte geschikt zijn voor zeesterren. Zeesterren komen dan ook frequent voor op percelen (Figuur 6 rechter paneel). Het bestand lijkt de afgelopen jaren sterk te fluctueren (Capelle & van Stralen, 2018), al geldt net als voor krabben dat de bestandsschatting indicatief is.

Informatie over de dynamiek en voorkomen van zeesterren is veelal gekoppeld aan predatiestudies. Net als voor krabben gelden er relaties tussen de grootte van de zeesterren en de prooi-mosselen. Waarbij de grotere zeesterren zich kunnen voeden met een bredere range aan grootteklassen dan de kleinere zeesterren. Daarbij is het ook zo dat mosselen in sommige gevallen de predatie kunnen overgroeien wanneer de mossel groei sneller is dan de groei van zeesterren, en ze daardoor (Dolmer 1998). Dit zal echter alleen in lokale gevallen spelen want er moet hierbij aangemerkt worden dat een *volgroeide* zeester in principe alle grootteklassen mosselen kan consumeren. Het lijkt dan ook onwaarschijnlijk dat een volwassen mossel (60mm) in de Waddenzee kan ontsnappen aan zeester predatie (maximum grootte 200mm) (Aguera Gracia 2015).

3.4 Mosselen als voedselbron voor vissen en garnalen

3.4.1 Vissen

Over de predatie van vissen op mosselbanken en percelen is weinig bekend. Bij dieet-analyse van bot en schol in Engelse wateren werden bij beide soorten substantiële hoeveelheden mosselzaad (>100 individuen tussen 1-15mm) in de maag aangetroffen (Dare 1976).

In het PRODUS onderzoek (Glorius et al 2013) is gekeken naar de verschillen in dichtheden van verschillende vissoorten op mosselzaadbanken die wel of niet bevestigd werden. Hieruit bleek dat het aantal vissoorten toenam met de leeftijd en de dichtheid van de mosselen. Tegelijkertijd werd er geen verband aangetoond tussen de leeftijd van de mosselen en benthosrijkdom, wat suggereert dat de aanwezigheid van mosselen (en niet de geassocieerde fauna) bepalend is voor de aanwezigheid van vissen. In tegenstelling tot de studie van Dare (1976) werd er in deze studie geen effect van visserij/mosselvoorkomen op de aanwezigheid van schol en bot gevonden.

Naast een voedselbron geven schelpdierbanken ook bescherming (shelter) voor marine juveniele vissen. Hancock en Ermgassen (2019) lieten zien dat de bescherming van een oesterrif voor juveniele vissen uiteindelijk resulteert in een hogere bestands grootte (en vangst) van de totale vispopulatie. Uit de WMR vissurveys blijkt dat bijvoorbeeld de puitaal en botervis vaker rond schelpdierbanken waargenomen worden (pers comm I. Tulp). Glorius et al (2013) vond dat de abundantie van de botervis en de puitaal significant afnam direct na de visserij op mosselzaad. Wat de (kwantitatieve) correlaties tussen mosselbanken en deze vissoorten zijn, is niet bekend. Ook is het niet bekend of deze soorten bescherming zoeken of de banken als voedselbron gebruiken.

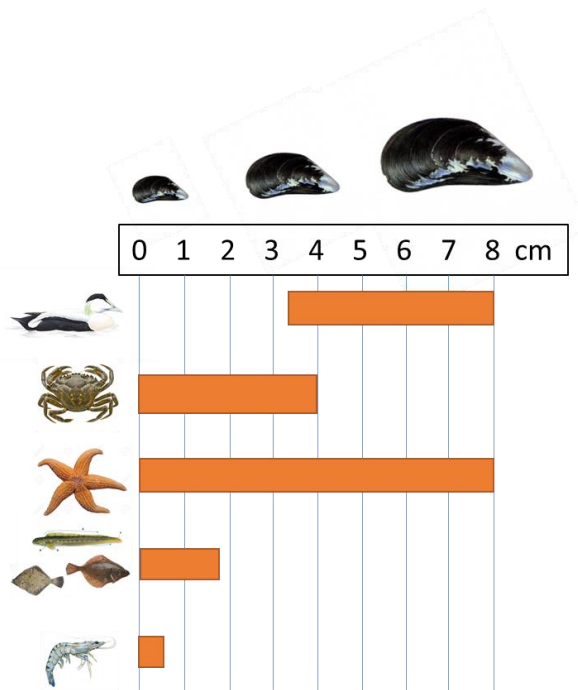
3.4.2 Garnalen

Garnalen (*Crangon crangon*) zijn een veel voorkomende soort in de Waddenzee (Tulp et al 2012). Phil & Rosenberg (1984) lieten zien dat klein mosselzaad (2-3 mm) een voedselbron is voor de garnaal (*Crangon crangon*). Van de Veer et al (1998) toonden aan dat schelpdierzaad van andere soorten (*Macoma balthica*, *Cerastoderma edule* and *Mya arenaria*) massaal gegeten wordt door garnalen in de Waddenzee (Balgzand), maar mosselzaad was niet gevonden in de magen van de bemonsterde garnalen.

4 Conclusies

Uit dit literatuur overzicht blijkt dat mosselen een belangrijke voedselbron zijn voor verschillende soorten. Daarbij bepaalt onder andere de grootte van de mossel of het een meer of minder geschikte prooi is. Onderstaand overzicht geeft een indicatie welke mosselklassen geschikt zijn als prooi voor ieder van de predatoren beschreven in deze studie. Dit laat zien dat zeesterren in principe alle grootteklassen eten, en krabben vooral mosselzaad en halfwas mosselen consumeren. Het kleinste mosselzaad is mogelijk een voedselbron voor garnalen. Vissen foerageren vooral op de kleine mosselen, terwijl het dieet van de eidereend bestaat uit volwassen mosselen.

Daarnaast lijkt er ook een verschil te zijn tussen mosselen op percelen en wilde banken. Mosselen op percelen hebben in sommige seizoenen de voorkeur van eidereenden ten opzichte van mosselen op sublitorale wilde banken. Dit komt omdat de kwaliteit van kweekmosselen dan gunstiger is. Mosselzaad, vooral als dit net op percelen geplaatst is, is een significante voedselbron voor krabben. Percelen zijn gelegen in gebieden met een hoog zoutgehalte, waardoor het een geschikt habitat is voor zeesterren.



Figuur 8 Indicatie van de grootteklasse van mosselen die mogelijk als dieet kunnen gelden voor de verschillende predatoren (voor zover bekend uit deze literatuurstudie).

Literatuur

- Aguera Garcia A., 2015. The role of Starfish (*Asteria Rubens*) predation in mussel (*Mytilus edulis*) seedbed stability. PhD thesis Wageningen University <https://edepot.wur.nl/330841>
- Capelle, J. J., van Stralen, M. R., Wijsman, J. W. M., Herman, P. M. J., & Smaal, A. C. (2017). Population dynamics of subtidal mussels (*Mytilus edulis*) and the impact of cultivation. *Aquaculture Environment Interactions*, 9, 155-168.
- Capelle J & Van Stralen M., 2018. Bestandsopname van mosselen op mosselkweekpercelen in de Waddenzee in juni 2018. Wageningen University & Research rapport C063/18
- Capelle 2019. De rol van de mosselkweek in de populatiedynamiek van mosselen in de Waddenzee en is er in de huidige kweekpraktijk ruimte voor efficiëntieverbetering. Helpdeskvraag 2a in het kader van mosseltransitie. Wageningen University & Research rapport (in press).
- Capelle J & Wijsman J, 2019. Perceelgebruik en kweekrendement mosselkweek in de Waddenzee. Helpdeskvraag KD-2019-05. Wageningen University & Research rapport C035/19
- Cervenci & Alvarez Fernandez (2012). Winter distribution of Greater Scaup *Aythya marila* in relation to available food resources. *Journal of Sea Research*, Volume 73, p. 41-48.
- Cervenci, A., Troost, K., Dijkman, E., de Jong, M., Smit, C.J., Leopold, M.F., Ens, B.J., 2015. (2015) Distribution of wintering Common Eider *Somateria mollissima* in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Marine Biology* 162 (2015)1. 153 - 168.
- Dare, P. J. & Edwards, D. B. (1976) Experiments on the survival, growth and yield of relaid seed mussels (*Mytilus edulis* L.) in the Menai Straits, North Wales. *Journal du Conseil. Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 37: 16-28
- Dare, P. J. (1976). Settlement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. Her Majesty's Stationary Office, London, 25 pp.
- Dolmer, P. 1998. The interactions between bed structure of *Mytilus edulis* L. and the predator *Asterias rubens* L. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 228(1):137-150
- Ekroos, J., Fox, A. D., Christensen, T. K., Petersen, I. K., Kilpi, M., Jónsson, J. E., . . . De Boer, P. (2012). Declines amongst breeding Eider *Somateria mollissima* numbers in the Baltic/Wadden Sea flyway. *Ornis Fennica*, 89(2), 81.
- Jeugd van de et al 2014. https://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/Rap_2014-18_Ge%C3%AFntegreerde_monitoring_Wadden.pdf
- Glorius S., A.D. Rippen, J.M. Jansen, 2013. Deelrapport bodemschaaf en zuigkordata. Effecten van mosselzaadvisserij op het bodemleven van de Waddenzee. IMARES Rapport PR 8 C162/12
- Hancock B & zu Ermgassen P., 2019. Enhanced Production of Finfish and Large Crustaceans by Bivalve Reefs. In: Goods and Services of Marine Bivalves (Ed Smaal), Springer.
- Leopold, M. F., et al. (2001). "Diet (preferences) of Eiders *Somateria mollissima*." *Wadden Sea Newsletter* 2001-1 (Special issue Eider Mortality in the Wadden Sea in the Winter 1999/2000): 25-31
- Kamermans P, Blankendaal M, Perdon J (2009) Predation of shore crabs (*Carcinus maenas* L.) and starfish (*Asterias rubens* L.) on blue mussel (*Mytilus edulis* L.) seed from wild sources and spat collectors. *Aquaculture* 290:256-262
- Mascaró M, Seed R (2001) Foraging behaviour of juvenile *Carcinus maenas* (L.) and *Cancer pagurus* (L.). *Marine Biology* 139:1135-1145
- Meier 2010. Eindrapport Mosseltransitie, Plan van Uitvoering Fase 2, Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee. https://rijkewaddenzee.nl/wp-content/uploads/2016/03/Eindrapport_Mosseltransitie_feb.pdf
- Ministerie LNV, 2004. Ruimte voor een zilte oogst - Naar een omslag in de Nederlandse schelpdiercultuur-Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005 - 2020.
- Murray LG, Seed R, Jones T (2007b) Predicting the impacts of *Carcinus maenas* predation on cultivated *Mytilus edulis* beds. *Journal of Shellfish Research* 26:1089-1098
- Phil, L. & R. Rosenberg (1984) Food selection and consumption of the shrimp *Crangon crangon* in some shallow marine areas in western Sweden; *Marine Ecology - Progress series* 15, p168

-
- Schekkerman Hans, Peter de Boer, Symen Deuzeman, Jelle Postma, Erik van Winden, Christian Kampichler, Marc van Roomen & de Waddenunit, 2015. Overwinterende watervogels op het diepere water van de Waddenzee: een ruwe aantalsschatting. LIMOSA 88 (2015): 136-144
- Sloan & Aldridge 1981. Observations on an aggregation of the starfish *Asterias rubens* L. in Morecambe Bay, Lancashire, England. *Journal of Natural History* 15(3):407-418
- Steenbergen, Breen & Jol, 2005. LNV bestek mosselen en eidereenden Deelproject 3 : een vergelijking van de kwaliteit van mosselen op percelen en in het wild (pp. 23). IJmuiden: RIVO. C086/05
- Steenbergen J, Stralen MR van, Baars JMDD, Bult TP, 2003b. Reconstructie van het areaal litorale banken in de Waddenzee in de periode najaar 1994 – voorjaar 2002. RIVOrapport C076/03.
- Van Stralen, M.R., J.M. Jansen, A.C. Smaal, 2013. Het mosselbestand op de PRODUS-vakken en de effecten van de visserij daarop. MarinX/PRODUS Rapport PR 6
- Troost K, D van den Ende, M van Asch & M van Stralen, 2019. Ontwikkeling en verspreiding van schelpdieren en andere bodemdieren in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in de periode 1992-2018. WMR rapport (in press)
- Tulp, I., Bolle, L.J., Meesters, E., de Vries, P., 2012. Brown shrimp abundance in Northwest European coastal waters from 1970 to 2010 and potential causes for contrasting trends. *Marine Ecology Progress Series* 141–154.
- van der Veer, H.W., Feller, R.J., Weber, A., Witte, J.I.J., 1998. Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 231, 139–157
- Wijsman, J.W.M.; Schellekens, T.; Stralen, M. van; Capelle, J.; Smaal, A.C. 2014. Rendement van mosselkweek in de westelijke Waddenzee. IMARES (Rapport / IMARES Wageningen UR C047/14)

Verantwoording

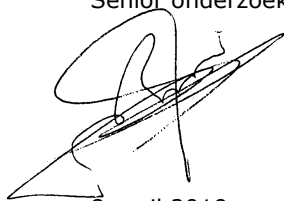
Rapport C038/19

Projectnummer: 4318200074

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: J. Craeymeersch
Senior onderzoeker

Handtekening:



Datum: 8 april 2019

Akkoord: Drs. J. Asjes
Manager integratie

Handtekening:



Datum: 8 april 2019

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'