

Mosselkweek en effecten op natuur

Mosselen en andere schelpdieren vervullen belangrijke functies voor de natuur en de mens. In Nederland worden mosselen gekweekt in gebieden die als beschermde natuurgebieden zijn aangewezen. Daarom zijn de mosselzaadvissers- en -kweek aan regels en afspraken gebonden. De effecten van mosselkweek en de beheermaatregelen op de natuur worden al vele jaren onderzocht. In deze publicatie vatten we de belangrijkste bevindingen uit de onderzoeksrapporten en wetenschappelijke publicaties samen.

Mosselzaadvissers- visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Leeswijzer

Deze interactieve PDF vat het onderzoek naar de relatie tussen natuur en mosselkweek in Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta samen. Sinds 1990 worden de effecten van mosselvisserij en -kweek op natuur en ecologie intensief onderzocht. In de [Inleiding](#) vindt u meer informatie over de achtergronden van dit onderzoek.

Navigatie interactieve pdf

In deze interactieve pdf worden 4 thema's onderscheiden. De eerste drie gaan over het kweekproces zelf: *mosselzaadvisserij*, *mosselzaadinvanginstallaties* en *kweekpercelen*. Het vierde thema gaat over *wilde mosselbanken*. Ieder thema is vervolgens ingedeeld in een aantal hoofdonderwerpen. Hierbinnen kunt u dan navigeren naar specifieke deelonderwerpen. De navigatie werkt alleen als u [Acrobat Reader](#) gebruikt. Cursief gedrukte woorden zijn opgenomen in de [woordenlijst](#).

Uitvergroten plaatjes

Een aantal plaatjes in de interactieve pdf kunt u uitvergroten door er op te klikken. U kunt zien of dit mogelijk is als er een plus-teken verschijnt als u met uw muis op het plaatje klikt. Deze plaatjes zijn ook steeds op een aparte pagina weergegeven en te benaderen via de navigatiepijlen.

Uitprinten interactieve pdf

Deze publicatie is ontwikkeld om te lezen vanaf een beeldscherm en makkelijk te kunnen navigeren tussen thema's en (deel)onderwerpen die uw interesse hebben. Het is ook mogelijk de interactieve pdf uit te printen of om er op het beeldscherm op de traditionele manier doorheen te scrollen. In dat geval moet u er rekening mee houden dat sommige teksten meerdere keren te zien zijn, omdat zij onder meerdere thema's in de navigatie terugkomen.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Mosselzaadvisserij > Beheer > Beheermaatregelen

Hoe wordt de mosselzaadvisserij gereguleerd?

In de Waddenzee is 26% van de droogvallende platen gesloten. Ook mag pas in het *litoraal* gevestigd worden als er minimaal 2.000 hectare aan meerjarige mosselbanken ligt². In de praktijk is er sinds 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest (uitzondering is een experimentele onderzoeksbevestiging in 2001¹). Ook in de Oosterschelde en Voordelta mag buiten de gesloten gebieden onder voorwaarden op zaad gevestigd worden. Van nature valt hier weinig mosselzaad. Dit betekent dat de zaadvisserij zich in de praktijk voornamelijk tot het *sublitoraal* van de Waddenzee beperkt.

De mosselsector maakt jaarlijks een visplan voor de zaadvisserij. Uitgangspunt is dat de visserij, en het daaropvolgende proces van kweken en oogsten, niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee dan wanneer er niet zou zijn gevestigd. Zo houdt men rekening met het voedselaanbod voor vogels. De visserij in het najaar is op nieuw gevormde mosselzaadbanken in instabiele gebieden. Hier is de kans dat het zaad predatie en winterstormen overleeft, klein. In het voorjaar mag op alle overige banken buiten de gesloten gebieden gevestigd worden. Iedere kweker krijgt van de producentenorganisatie een *quotum*. Controle gebeurt met een 'black box', die visserijactiviteit registreert. Ook meten medewerkers van de mosselkweek de vangst voordat het zaad naar de percelen wordt gebracht.

Sinds 2005 is voor de mosselzaadvisserij een vergunning vanuit de Wet Natuurbescherming (*Wnb*) nodig, die wordt afgegeven na een Passende Beoordeling. Deze moet aantonen dat significante nadelige effecten op de *Natura 2000*-doelstellingen kunnen worden uitgesloten. Sinds 2020 valt hieronder ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot.

Historie scheipdevisserijbeleid en onderzoek

In 2008 oordeelt de Raad van State dat de *Wnb*-vergunning die in 2006 is afgegeven, niet had mogen worden verleend²⁰. De toekomst van de mosselkweeksector staat op het spel. Om uit de impasse te komen, sluiten de mosselsector, natuurorganisaties en de overheid in 2008 het *Mosselconvenant*^{20,11}. In de periode 2009-2020 werken de mosselkwekers aan het vervangen van opgevestigd mosselzaad uit wilde banken door zaad uit *mosselzaadinvanginstallaties* (*MZI's*). Parallel aan een geleidelijke opschaling van *MZI's* worden mosselbanken stapsgewijs gesloten. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Ook komt er aanvullend onderzoek naar de effecten van deze afspraken. De natuurorganisaties op hun beurt maken geen bezwaar tegen de afgifte van de *Wnb*-vergunning. Anno 2020 is 35.7% van het gebied waar mosselbanken kunnen voorkomen gesloten. Vanaf 2022-2023 wordt de visserij verder afgebouwd in de vorm van een verdere beperking van de zaadvangst door quotering¹⁷.

Mosselzaadvisserij

- Beheer
 - Praktijk
 - Beheermaatregelen
 - Bestand
 - Biodiversiteit
 - Draagkracht
 - Sediment

Menu

U kunt via het menu door het onderdeel navigeren en klikken op de gewenste (deel)onderwerpen.

Iconen

U kunt vanaf elke pagina met de icoontjes navigeren naar de verschillende onderdelen van het mosselkweekproces of het onderwerp wilde mosselbanken. Door op het huisje te klikken keert u terug naar de eerste pagina van de pdf.

Navigatiepijlen

Als een deelonderwerp uit meerdere pagina's bestaat, kunt u met de navigatiepijl binnen het onderwerp navigeren.

Samenvatting

De Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta zijn beschermde natuurgebieden. De mosselvisserij- en kweek worden daarom gereguleerd. In het *Mosselconvenant* hebben sector, natuurorganisaties en overheid afspraken gemaakt over onder andere de stapsgewijze afbouw van mosselzaadvisserij op de bodem naar *mosselzaadinstallaties* in de waterkolom. Doel is een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Er is veel onderzoek gedaan naar de effecten van het schelpdiervisserijbeheer. Deze publicatie vat het onderzoek naar de relatie tussen natuur en mosselkweek samen.

Wilde mosselbanken en kweekpercelen hotspots voor biodiversiteit

Mosselbanken en kweekpercelen vormen leefgebieden voor soorten op en in de bodem. Beiden hebben een hoge *biodiversiteit*. Hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten.

Meerjarige wilde mosselbanken in gesloten droogvallend gebied Waddenzee hersteld

In de jaren '90 zijn delen van droogvallende platen gesloten voor bodemberoerende visserij. In de praktijk is er vanaf 2002 in het hele droogvallende gebied geen mosselzaadvisserij meer geweest. In de Waddenzee heeft het oppervlak droogvallende mosselbanken zich hersteld tot waarden van voor het dieptepunt begin jaren '90. Welke rol het langdurig niet bevissen heeft gespeeld in dit herstel, is niet na te gaan. In de Oosterschelde komen geen droogvallende banken voor.

Na zeven jaar geen wezenlijk andere bodemgemeenschap in gesloten sublitoraal gebied Waddenzee

In de periode 2006-2012 zijn delen van een *sublitorale* (onder water liggende) mosselbank gesloten voor mosselvisserij terwijl andere delen bevestigd mochten worden. Direct na bevestiging is de dichtheid aan mosselen en andere soorten op bevestigde delen lager. Na 1,5 jaar zijn er geen verschillen meer met onbevestigde delen.

In 2014 zijn enkele *sublitorale* gebieden volledig gesloten voor bodemberoerende visserij. Zeven jaar na sluiting ziet hier de *bodemdiergemeenschap* er niet duidelijk anders uit in vergelijking met de gebieden waar wel gevestigd wordt. Als er verschillen worden gevonden, komt dit door de gebiedskeuze; juist soortenrijke gebieden zijn gesloten. Het is belangrijk dat dit onderzoek wordt voortgezet.

Mosselproductie niet gepaard met vertroebeling

Mosselkweek zorgt voor meer mosselen in de Waddenzee. Zij filteren continu zwevend materiaal uit de waterkolom. Hierdoor wordt het water helderder en verbetert de waterkwaliteit. De troebelheid van het water kan lokaal sterk toenemen als de mosselen worden opgevestigd. Dit is tijdelijk, het positieve effect van filtratie is continu.

Draagkracht Waddenzee en Oosterschelde voor schelpdieren niet onder druk

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Bij een te groot schelpdierbestand kan de groei van deze algen worden afgeremd (*overbegrazing*). Momenteel lijkt de *draagkracht* voor schelpdieren van Waddenzee en Oosterschelde niet onder druk te staan.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Woordenlijst

Biodiversiteit: Soortenrijkdom; de verscheidenheid van aanwezige soorten en de (genetische) variatie hierbinnen.

Biomassa: De hoeveelheid levende organismen in een bepaalde levensgemeenschap (bijvoorbeeld mosselen) uitgedrukt in gewicht.

Draagkracht: de hoeveelheid schelpdieren die een ecosysteem kan produceren zonder dat dit een negatief effect heeft op de beschikbare hoeveelheid voedsel voor filtrerende organismen, zoals schelpdieren.

Ecosysteemdiensten: functies die (in dit geval) schelpdieren hebben voor de natuur en voor de mens. Voorbeelden: leefgebied voor andere dieren, voedselbron voor dieren en mensen, verbeteren waterkwaliteit door filtratie, bieden van werkgelegenheid, onderdeel van cultuurhistorie van kustgemeenschappen.

Geassocieerde soorten: Soorten die op en tussen de mosselen op wilde mosselbanken en kweekpercelen leven. Bijvoorbeeld: andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen.

Graasdruk: Het wegfilteren van voedsel door schelpdieren. *Kweekrendement*: De hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt.

Litora(a)l(e): Droogvallende platen (hier: in de Waddenzee en Oosterschelde); het deel dat met eb droogvalt.

Microalgen: Microscopische algen die voorkomen in zoet en zout water. Ze zijn doorgaans eencellig en hebben geen wortels, stengels of bladeren.

Mosselconvenant: Meerjarige afspraken tussen de mosselsector, natuurorganisaties en overheid over onder andere de stapsgewijze afbouw van de mosselzaadvisserij richting het gebruik van Mosselzaadinstallaties. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. De afspraken zijn gemaakt in 2008 en herijkt in 2020.

Mosselzaadinstallaties (MZI's): Drijvers (boeien, buizen) met daaraan substraat in de vorm van touwen of netten. Mossellarven die in het water drijven, kunnen zich in het voorjaar en de vroege zomer aan dit substraat hechten.

Natura 2000: Gebieden aangewezen onder de Europese Vogelrichtlijn en onder de Habitatrichtlijn.

Overbegrazing: De situatie waarin schelpdieren zoveel micro-algen eten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd.

(Pseudo)feces: De nep-ontlasting van mosselen (en andere tweekleppige schelpdieren en weekdieren die zich door filtratie voeden). De mosselen filteren water. De microalgen worden opgenomen als voedsel. Deeltjes uit het water die niet kunnen worden opgenomen (bijvoorbeeld slib) worden ingepakt in mucus en uit het lichaam 'gepoept' zonder dat ze langs het spijsverteringskanaal zijn geweest.

Quotum: De maximale hoeveelheid mosselzaad die jaarlijks door de kwekers mag worden geoogst. Dit wordt gebaseerd op de jaarlijkse inventarisatie van het mosselbestand.

Schaduwwerking: Lokale voedseltekorten voor mosselen die kunnen optreden binnen of in nabijheid van *mosselzaadinstallaties*.

Sublitora(a)l(e): Het deel van (hier) de Waddenzee en Oosterschelde dat altijd onder water staat.

Wnb: Wet natuurbescherming.

Zaadval: De hoeveelheid mossellarven die tot zaad uitgroeien. Uit de zaadval worden jonge mosselen geboren.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Inleiding

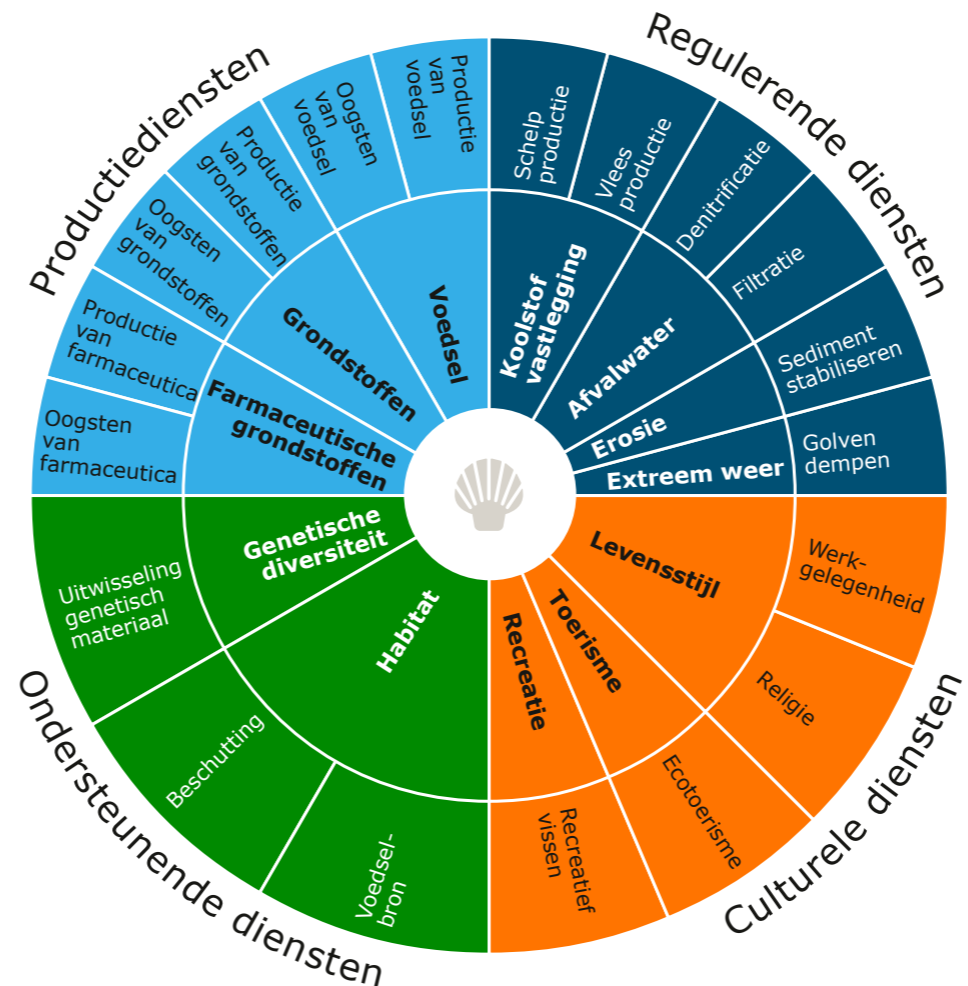
Mosselen en andere schelpdieren vervullen belangrijke functies voor de natuur en de mens. Zo vormen ze leefgebieden voor andere dieren, zijn ze een voedselbron voor dieren en mensen, dragen ze bij aan de waterkwaliteit, bieden ze werkgelegenheid en zijn ze onderdeel van de cultuur van kustgemeenschappen. Dit zijn maar een paar voorbeelden van functies die we gezamenlijk *ecosysteemdiensten* noemen^{1,2}.

In Nederland zijn de Waddenzee en de Oosterschelde de belangrijkste gebieden waar mosselen van nature voorkomen en worden gekweekt. Deze gebieden zijn beschermde natuurgebieden (o.a. *Natura 2000*). Daarom zijn de mosselzaadvisserij en -kweek aan regels en afspraken gebonden. Op die manier wordt een balans gezocht tussen de verschillende *ecosysteemdiensten* rond enerzijds natuur en ecologie en anderzijds economie en cultuurhistorie. De Nederlandse mosselzaadvisserij – en kweek en de mosselhangcultures zijn onafhankelijk gecertificeerd volgens de Marine Stewardship Council standaard voor duurzame en goed beheerde visserij^{3,4}.

Sinds de jaren '90 is er veel onderzoek gedaan naar de effecten van mosselvisserij- en kweek op natuur en ecologie. Dit leidde tot aanpassingen in het schelpdiervisserijbeleid, en tot nieuwe afspraken tussen de mosselsector, overheid en maatschappelijke organisaties. De effecten van het nieuwe beleid en beheerafspraken werden ook weer onderzocht. In deze publicatie vatten we de belangrijkste bevindingen uit de onderzoeksrapporten en wetenschappelijke publicaties samen. Hoe werkt de schelpdiervisserij en -kweek in de praktijk en hoe wordt deze gereguleerd? Wat weten we over de effecten van schelpdiervisserij- en kweek op de natuur? En welke vragen staan nog open?

Naast het reguleren van visserij kent het beheer gericht op natuurbescherming ook een ander aspect: 'de natuur een handje helpen' door bijvoorbeeld mosselbanken aan te leggen. Dit onderdeel valt buiten de reikwijdte van deze publicatie, en is elders samengevat^{5,6}.

Deze publicatie is interactief, zodat u snel kunt navigeren tussen onderwerpen van uw keuze. Uitleg hierover is opgenomen in de [Leeswijzer](#).



Bron: Figuur 1 vertaald uit 1.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Wat is mosselzaadvisserij?

Het kweken van mosselen begint bij het mosselzaad. Mosselkwekers vissen het zaad op uit wilde mosselbanken op de zeebodem, of vangen ze op uit de waterkolom met *mosselzaadinstallaties (MZI's)*. Het vissen gebeurt vooral in de Waddenzee, maar soms ook in de Oosterschelde of Voor-delta. Het inwinnen van zaad met *MZI's* gebeurt vooral in de Waddenzee en Oosterschelde. De mosselzaadvisserij vindt in het voorjaar en het najaar plaats, en is aan regels gebonden. Wilde mosselen vormen namelijk mosselbanken. Deze ban-ken vormen weer een leefgebied voor veel andere soorten. Mosselbanken hebben daarmee een belangrijke functie voor de natuur. Ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit* en zijn een belangrijke schakel in het voedselweb.

Veel mosselzaadbanken verdwijnen gedurende de eerste winter door natuurlijke processen. Voorbeelden zijn con-sumptie door zeesterren en wegspoeling door stroming of stormen. De mosselzaadvisserij richt zich daarom in eerste instantie op zaadbanken waarvan verwacht wordt – op basis van historische kennis en de actuele toestand – dat zij weer snel zullen verdwijnen. De visserij in het najaar gebeurt zo snel mogelijk nadat het mosselbestand in kaart is gebracht. Zo wordt verlies van zaad door stormen of vraat door zee-sterren zoveel mogelijk voorkomen.



Mosselzaad- visserij

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Hoe wordt de mosselzaadvisserij gereguleerd?

In de Waddenzee is 26% van de droogvallende platen gesloten. Ook mag pas in het *litoraal* gevist worden als er minimaal 2.000 hectare aan meerjarige mosselbanken ligt⁷. In de praktijk is er sinds 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest (uitzondering is een experimentele onderzoeksbevissing in 2001⁸). Ook in de Oosterschelde en Voordelta mag buiten de gesloten gebieden onder voorwaarden op zaad gevist worden. Van nature valt hier weinig mosselzaad. Dit betekent dat de zaadvisserij zich in de praktijk voornamelijk tot het *sublitoraal* van de Waddenzee beperkt.

De mosselsector maakt jaarlijks een visplan voor de zaadvisserij. Uitgangspunt is dat de visserij, en het daaropvolgende proces van kweken en oogsten, niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee dan wanneer er niet zou zijn gevist⁹. Zo houdt men rekening met het voedselaanbod voor vogels. De visserij in het najaar is op nieuw gevormde mosselzaadbanken in instabiele gebieden. Hier is de kans dat het zaad predatie en winterstormen overleeft, klein. In het voorjaar mag op alle overige banken buiten de gesloten gebieden gevist worden. Iedere kweker krijgt van de producentenorganisatie een *quotum*. Controle gebeurt met een 'black box', die visserijactiviteit registreert. Ook meten medewerkers van de mosselveiling de vangst voordat het zaad naar de percelen wordt gebracht.

Sinds 2005 is voor de mosselzaadvisserij een vergunning vanuit de Wet Natuurbescherming (*Wnb*) nodig, die wordt afgegeven na een Passende Beoordeling. Deze moet aantonen dat significante nadelige effecten op de *Natura 2000*-doelstellingen kunnen worden uitgesloten. Sinds 2020 valt hieronder ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot.

In 2008 oordeelt de Raad van State dat de *Wnb*-vergunning die in 2006 is afgegeven, niet had mogen worden verleend¹⁰. De toekomst van de mosselkweeksector staat op het spel. Om uit de impasse te komen, sluiten de mosselsector, natuurorganisaties en de overheid in 2008 het *Mosselconvenant*^{10,11}. In de periode 2009-2020 werken de mosselkwekers aan het vervangen van opgevist mosselzaad uit wilde banken door zaad uit *mosselzaadinstallaties (MZI's)*. Parallel aan een geleidelijke opschaling van *MZI's* worden mosselbanken stapsgewijs gesloten. Doel is om een ongestoorde ontwikkeling van zaadbanken tot meerjarige mosselbanken mogelijk te maken. Ook komt er aanvullend onderzoek naar de effecten van deze afspraken. De natuurorganisaties op hun beurt maken geen bezwaar tegen de afgifte van de *Wnb*-vergunning. Vanaf 2022-2023 wordt de visserij verder afgebouwd in de vorm van een verdere beperking van de zaadvangst door quotering¹². Anno 2024 is 35.7% van het gebied waar mosselbanken kunnen voorkomen gesloten. Zodra voldoende nieuwe ruimte voor *MZI's* is gevonden, wordt de stap naar 50% sluiting gemaakt.



Mosselzaadvisserij

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

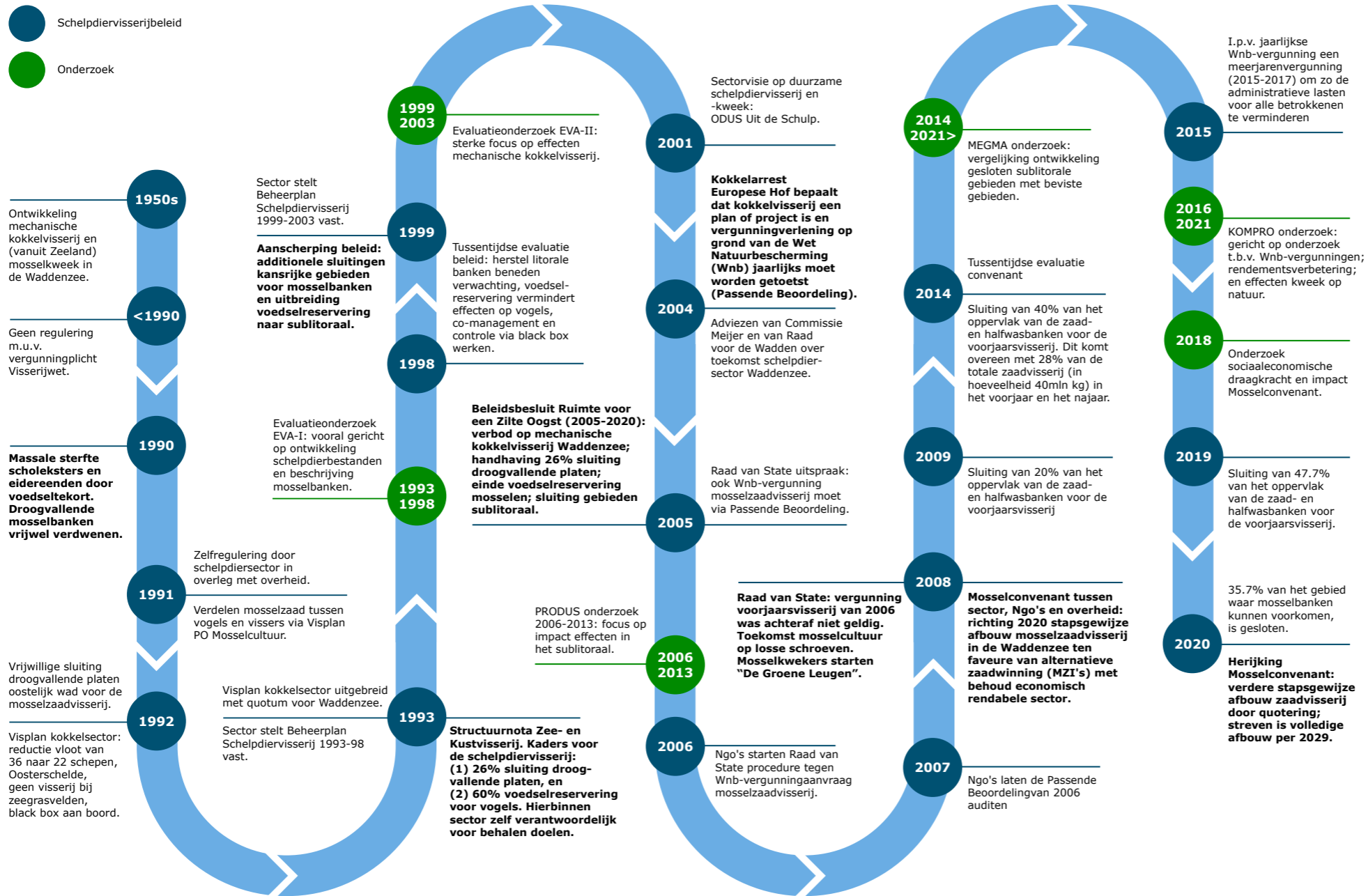
Sediment





Mosselzaadvisserij

Historie schelpdiervisserijbeleid en onderzoek



Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

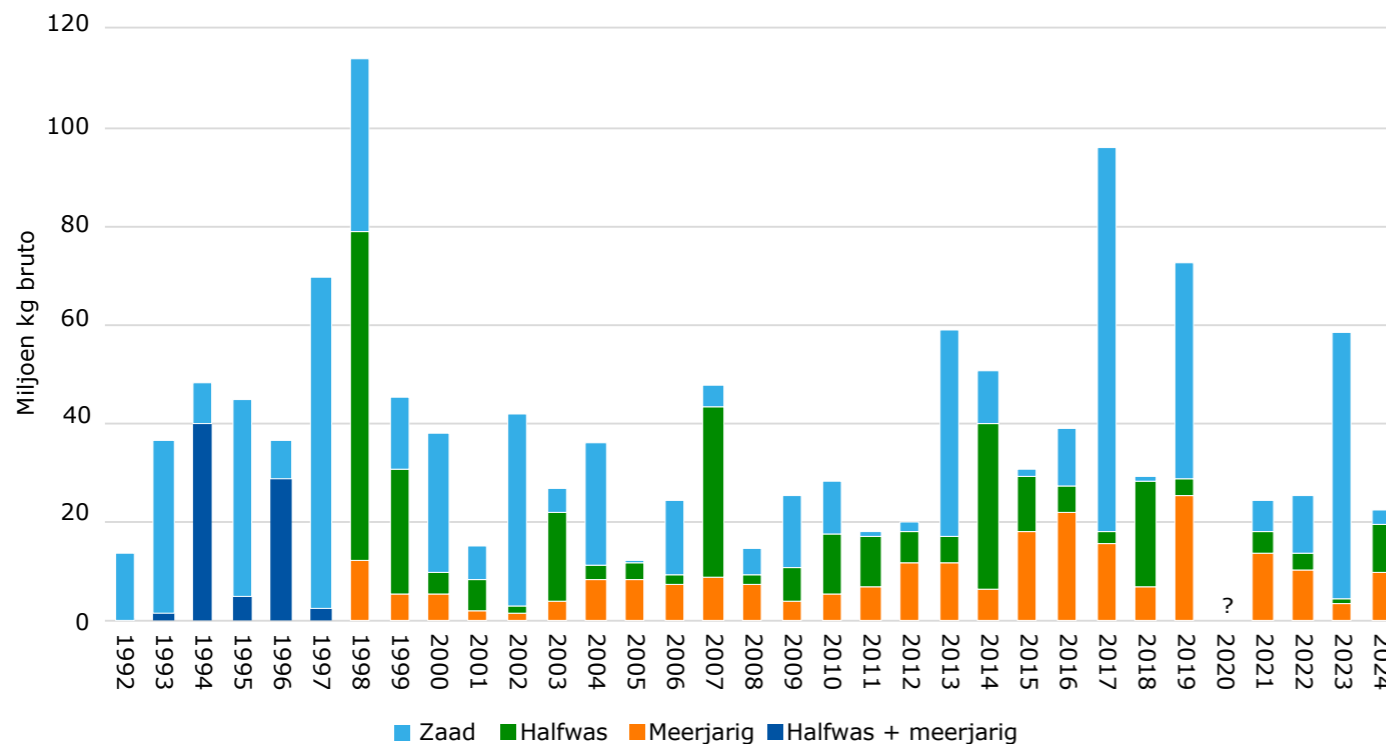




Hoeveel mosselzaad ligt er in het *sublitoraal* van de Waddenzee?

De visserij op mosselzaad concentreert zich in het deel van de Waddenzee dat altijd onder water staat (*sublitoraal*). Ieder jaar brengt Wageningen Marine Research in opdracht van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur de schelpdierbestanden in alle Nederlandse kustwateren in kaart^{13,14}. Hieronder vallen ook de mosselpopulaties in het *litoraal* van de Waddenzee. Daarnaast worden in opdracht van de mosselsector mosselzaadinventarisaties uitgevoerd. Deze inventarisaties in het voorjaar¹⁵ en in het najaar¹⁶ zijn bedoeld om besluiten te nemen over waar en hoeveel zaad de kwekers mogen vissen voor verdere uitgroei op de kweekpercelen. Deze jaarlijkse inventarisaties lopen al vanaf 1992. Hierdoor is er een lange tijdsreeks die een goed beeld geeft van de ontwikkeling van het sublitorale mosselbestand^{13,80}

Het bestand op de wilde mosselbanken in het sublitoraal is door natuurlijke omstandigheden aan fluctuaties onderhevig. In sommige jaren vindt vrijwel geen zaadval plaats, en in sommige jaren is er juist een massale zaadval. Vanaf de start van het jaarlijkse onderzoek in 1992 fluctueert het bestand aan zaad op de *sublitorale* wilde mosselbanken van de westelijke Waddenzee tussen de 0 en 78 miljoen kilo versgewicht (inclusief schelp), ten tijde van de voorjaarsvisserij. Dit betekent dat de kwekers in sommige jaren niet of maar heel weinig mosselzaad mogen oogsten van de bodem. Door de introductie van mosselzaadvanginstallaties (MZI's) zijn de kwekers minder afhankelijk van de wilde mosselzaadbestanden¹⁷.



Ontwikkeling mosselbestand *sublitoraal* Waddenzee¹⁵.

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Draagkracht

Sediment

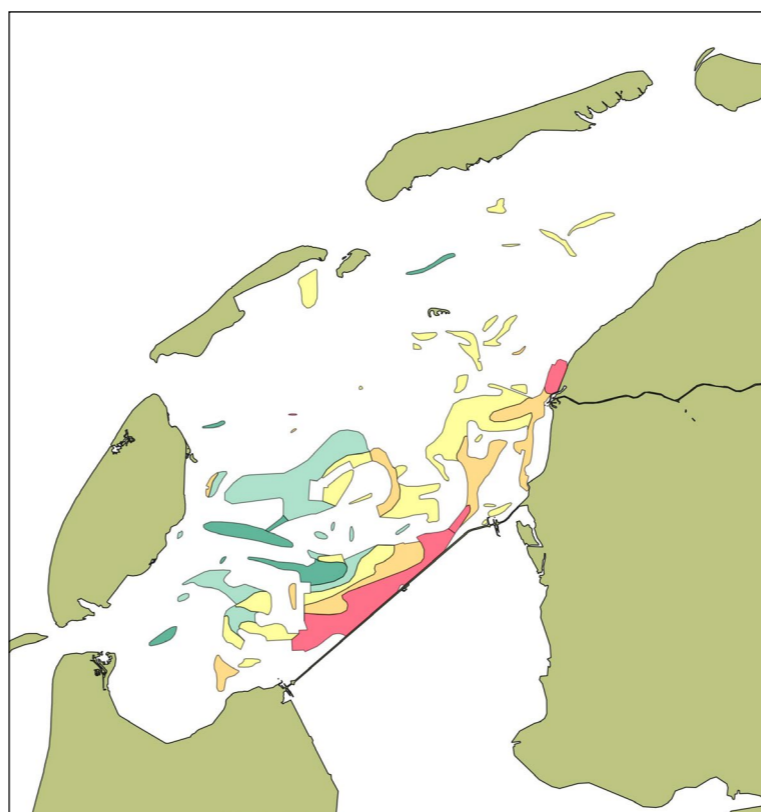


Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar¹³⁻¹⁵ en in het najaar¹⁶. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt¹³. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart)⁵⁴. In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevestigd mag worden.

Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie¹⁵ wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevestigd mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart droogvallende mosselbanken op basis van ervaring en expert judgement⁵⁴.

Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Draagkracht

Sediment



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

**Samenstelling
bodemdieren**

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Draagkracht

Sediment



Welke effecten heeft mosselzaadvisserij op de bodemdierengemeenschap?

De mosselzaadvisserij kan gevolgen hebben voor de biodiversiteit van de Waddenzee, bijvoorbeeld door het wegvissen van een (deel) van de wilde zaadbanken. Tussen 2006 en 2012 zijn beviste delen van een *sublitorale* mosselbank vergeleken met onbeviste delen (referentiegebieden). Dit onderzoek laat zien dat er vlak na bevissing een negatief effect van de visserij op de *sublitorale* mosselbanken is. De zaadbanken zijn niet verdwenen, maar direct na de visserij is er wel een lagere dichtheid aan mosselen^{43,57} en aan geassocieerde soorten^{40,41,44}. Dat resultaat is geheel volgens verwachting; er is immers gevist.

De mindere hoeveelheid strandkrabben en zeesterren direct na bevissing is te verklaren omdat met het opvissen van het mosselzaad, een belangrijke voedselbron voor deze soorten verdwenen is. Daarnaast worden de krabben en zeesterren opgevisst. Het gaat voor deze soorten dus om zowel een indirect als een direct effect van de zaadvisserij. In het geval van anemonen kan de afgenomen dichtheid als een direct effect worden toegeschreven aan de zaadvisserij; zij worden opgevisst⁴¹.

Na 1,5 jaar kunnen er geen verschillen meer worden aangetoond tussen de beviste delen binnen een mosselbank en de onbeviste controlegebieden. Het is aannemelijk dat dit komt omdat na de visserij nog steeds voldoende mosselen overblijven om structuur te bieden voor de hernieuwde ontwikkeling van de zaadbanken^{43,57}. Het onderzoek laat ook zien dat de variatie in biomassa en voorkomen van geassocieerde soorten, zoals anemonen, in een mosselbank sterk varieert in tijd en onafhankelijk is van menselijke activiteiten. De natuurlijke dynamiek van de Waddenzee speelt hier een grote rol^{40,44}.



Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

**Visserijeffecten
bodemdieren**

Gebiedssluiting
sublitoraal

Draagkracht

Sediment



Wat zijn de effecten van de sluiting van *sublitorale* gebieden voor visserij op de bodemdierengemeenschap?

In de westelijke Waddenzee is sinds 2014 een aantal gebieden gesloten voor de mosselzaad- en de garnalenvisserij. Het doel is om natuurontwikkeling te bevorderen. De ontwikkeling van het areaal sublitoraal mosselbanken en van het bodemleven in de open en de gesloten gebieden wordt daarom jaarlijks gevolgd en vergeleken⁴⁵. Over de eerste zeven jaar van het onderzoek (2015-2021) zijn geen verschillen in ontwikkeling gezien die zouden kunnen wijzen op een veranderde bodemdierengemeenschap door de gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij^{45,48}. Er zijn wel verschillen gevonden, maar daarvoor zijn de volgende oorzaken waarschijnlijker. Ten eerste is de variatie tussen jaren zeer groot, vooral door broedval van schelpdieren. Dit broed, van bijvoorbeeld mossel, kokkel of Amerikaanse zwaardschede, kan zeer plaatselijk hele hoge dichtheden bereiken. Daardoor ontstaan verschillen, maar het is niet zo dat het broed consequent meer in gesloten of juist open gebied voorkomt. Ten tweede zijn juist gebieden gesloten waar in het verleden vaak meerjarige mosselbanken werden gevonden⁴⁵. De gesloten en open gebieden waren dus al bij aanvang van het onderzoek verschillend.

De termijn waarop effecten van gebiedssluitingen voor (schelpdier)visserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn, is onderzocht in een literatuurstudie⁴⁸. Directe effecten van visserij, zoals het onttrekken van mosselen en daarmee geassocieerde soorten, zijn alleen op de korte termijn aangetoond^{40,41,43,44,57}. De verschillende studies vonden geen bewijs voor lange termijn effecten op bodemdierengemeenschappen. Dat wil niet zeggen dat deze effecten er niet zijn, maar vaak is de onderzoeksopzet beperkt en worden er bijvoorbeeld geen referentiegebieden meegenomen. Ook kan het zijn dat de (grote) natuurlijke dynamiek een grotere rol speelt in het voorkomen van de bodemdierengemeenschap dan de effecten van de visserij.

Gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

De opzet van het onderzoek naar de effecten van mosselzaadvisserij op de ontwikkeling van de bodemdierengemeenschap^{40,41,44,57} zat goed in elkaar. Visserijeffecten die langer dan 1,5 jaar aanhouden, konden echter niet aangetoond worden omdat de natuurlijke dynamiek veel bepalender bleek.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor het uitblijven van een toename in het areaal aan meerjarige mosselbanken in de gesloten gebieden, zeven jaar na sluiting:

- 1 de visserij heeft geen wezenlijk effect op de ontwikkeling en overleving van meerjarige banken;
- 2 het effect van de visserij valt in het niet bij de natuurlijke dynamiek;
- 3 de huidige monitoring is onvoldoende om effecten statistisch aan te kunnen tonen;
- 4 de onderzoeksperiode is nog te kort om effecten aan te kunnen tonen.

Vanwege die laatste reden is het belangrijk dat dit onderzoek de komende jaren wordt voortgezet. Inmiddels loopt het onderzoek 10 jaar (2015-2024).



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

**Gebiedssluiting
*sublitoraal***

Draagkracht

Sediment





Mosselzaadvisserij

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Ontwikkeling *sublitorale* banken

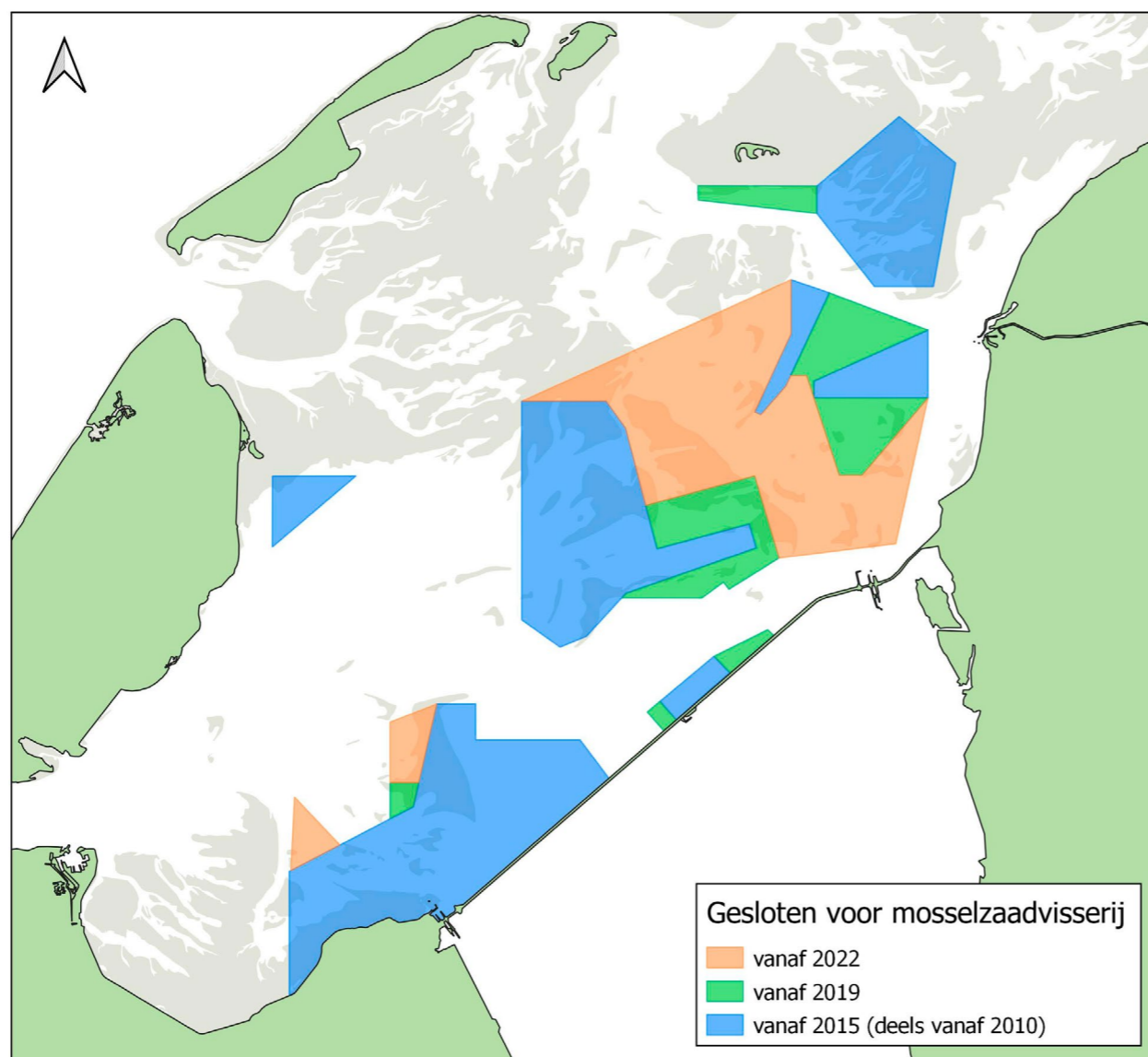
Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Draagkracht

Sediment



Gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij. Brongegevens: Wageningen Marine Research

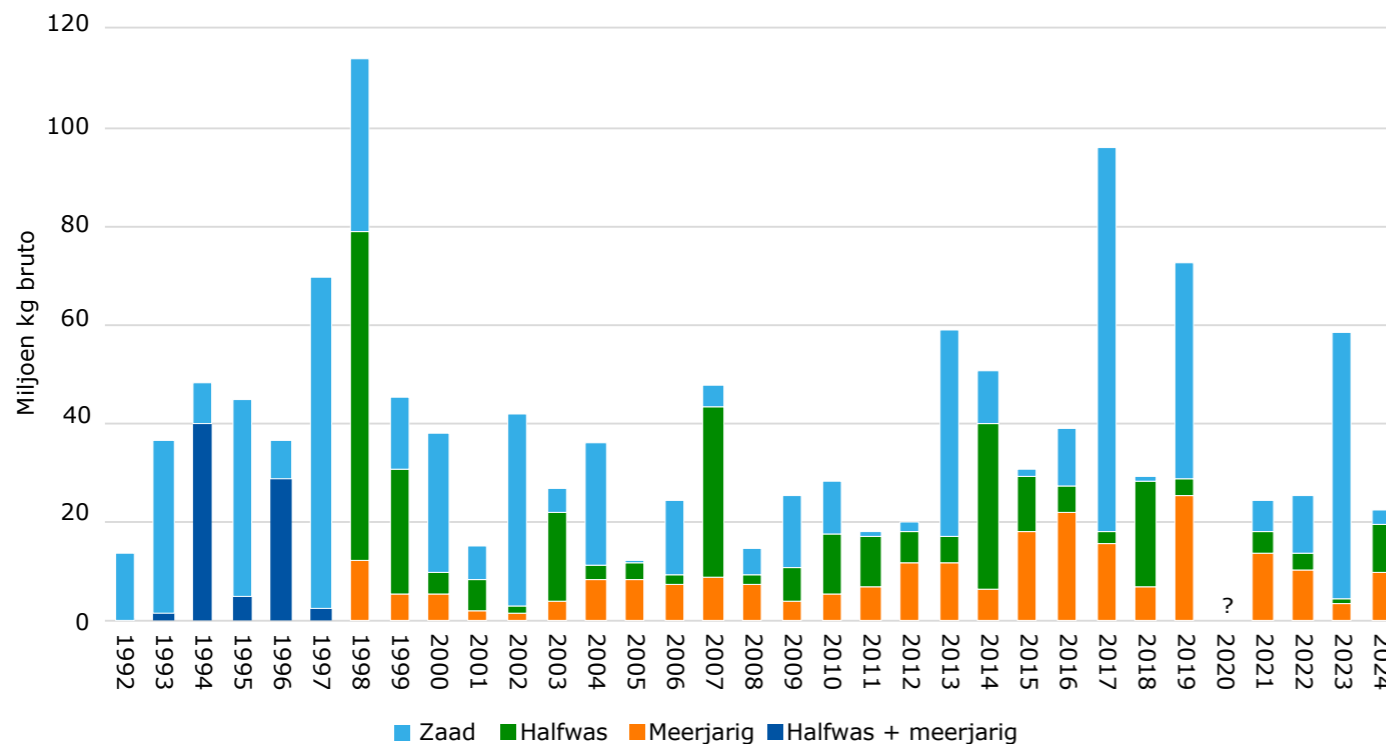




Hoeveel mosselzaad ligt er in het *sublitoraal* van de Waddenzee?

De visserij op mosselzaad concentreert zich in het deel van de Waddenzee dat altijd onder water staat (*sublitoraal*). Ieder jaar brengt Wageningen Marine Research in opdracht van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur de schelpdierbestanden in alle Nederlandse kustwateren in kaart^{13,14}. Hieronder vallen ook de mosselpopulaties in het *litoraal* van de Waddenzee. Daarnaast worden in opdracht van de mosselsector mosselzaadinventarisaties uitgevoerd. Deze inventarisaties in het voorjaar¹⁵ en in het najaar¹⁶ zijn bedoeld om besluiten te nemen over waar en hoeveel zaad de kwekers mogen vissen voor verdere uitgroei op de kweekpercelen. Deze jaarlijkse inventarisaties lopen al vanaf 1992. Hierdoor is er een lange tijdsreeks die een goed beeld geeft van de ontwikkeling van het sublitorale mosselbestand^{13,80}

Het bestand op de wilde mosselbanken in het sublitoraal is door natuurlijke omstandigheden aan fluctuaties onderhevig. In sommige jaren vindt vrijwel geen zaadval plaats, en in sommige jaren is er juist een massale zaadval. Vanaf de start van het jaarlijkse onderzoek in 1992 fluctueert het bestand aan zaad op de *sublitorale* wilde mosselbanken van de westelijke Waddenzee tussen de 0 en 78 miljoen kilo versgewicht (inclusief schelp), ten tijde van de voorjaarsvisserij. Dit betekent dat de kwekers in sommige jaren niet of maar heel weinig mosselzaad mogen oogsten van de bodem. Door de introductie van mosselzaadvanginstallaties (MZI's) zijn de kwekers minder afhankelijk van de wilde mosselzaadbestanden¹⁷.



Ontwikkeling mosselbestand *sublitoraal* Waddenzee¹⁵.

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Sediment

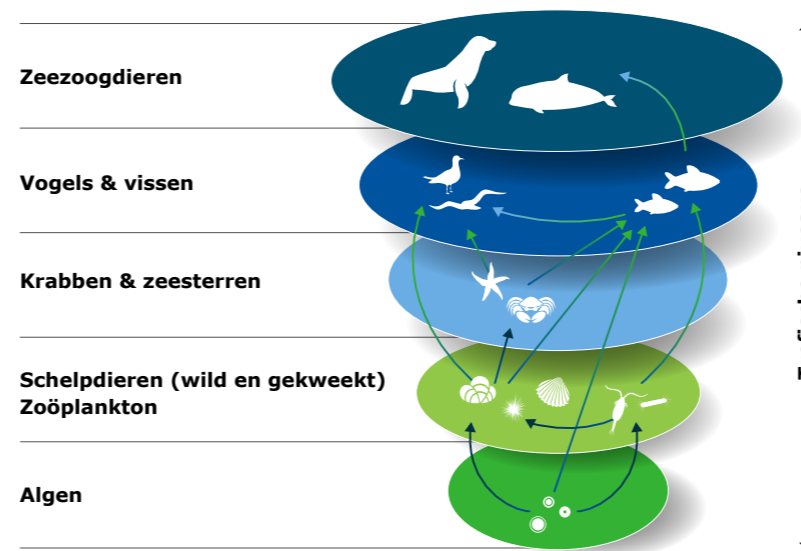


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zoveel microalgen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand. In de westelijke Waddenzee bestaat het totale mosselbestand voor ca. 10-15% uit MZI mosselen en voor ca. 50% uit mosselen op kweekpercelen. Hier zijn alle mosselen samen (wild + kweek) verantwoordelijk voor ca. een derde van de totale graasdruk van schelpdieren. Het aandeel van alleen de kweekmosselen wordt geschat op ongeveer 20%⁷¹.

Een eerdere studie over de Oosterschelde wees op mogelijke *overbegrazing* in de periode 1995-2009⁷². Tegenwoordig weten we dat het bestand van Japanse oesters in die studie te hoog is ingeschat. Ook is sindsdien het oesterbestand verder afgenomen door de oesterboorder en het herpesvirus. In een vervolgstudie voor de periode 1990-2016 werden geen aanwijzingen meer gevonden voor een te hoge *graasdruk* en een overschrijding van de *draagkracht*⁷¹. Ook voor de westelijke Waddenzee werden geen aanwijzingen voor overschrijding van de draagkracht gevonden⁷¹. Deze bevinding komt overeen met een studie op Balgzand in de Waddenzee voor dezelfde periode⁷³.



Het onderzoek naar de draagkracht is recent geactualiseerd⁷⁸. Ook over de periode 1990-2021 wordt geconcludeerd dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren niet onder druk staat^{71,78}. De grootste verschillen in *graasdruk* van jaar tot jaar worden veroorzaakt door natuurlijke fluctuaties in de wilde schelpdierbestanden.

Ondanks de licht gestegen *graasdruk* in de westelijke Waddenzee zijn er geen tekenen dat het beschikbare voedsel (*micro-algen*) tekort schiet. Dit is bijvoorbeeld af te leiden uit de conditie van mosselen afkomstig van de percelen. Zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee is die conditie stabiel gebleven. Tegelijkertijd lijkt de hoeveelheid beschikbaar voedsel niet wezenlijk te zijn veranderd. Kortom, er zijn geen tekenen dat het beschikbare voedsel wordt overbegraasd.



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Sediment

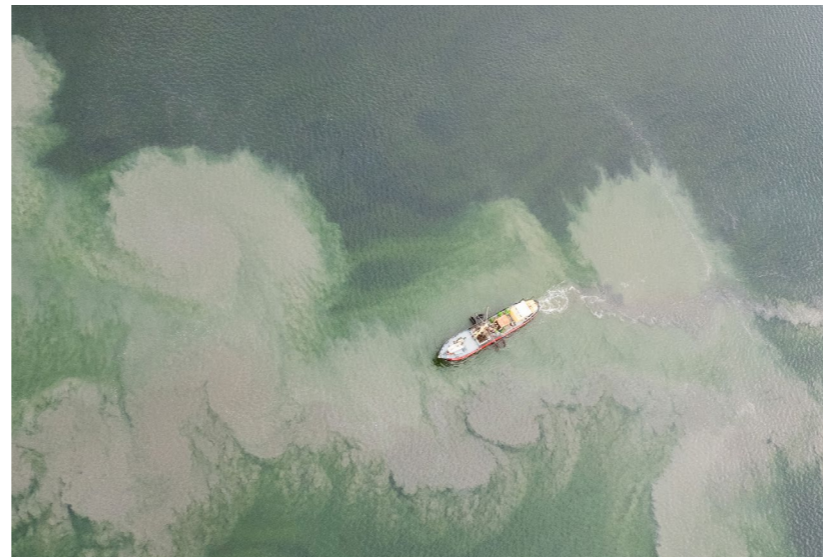


Leidt mosselzaadvisserij en -kweek tot vertroebeling van het water door opwerveling van sediment?

De Waddenzee kent van nature grote sedimenttransporten. Hierdoor veroorzaakte vertroebeling en sedimentatie kunnen gevolgen hebben voor het ecosysteem. Naast natuurlijke oorzaken kunnen ook menselijke activiteiten van invloed zijn op de sedimenthuishouding^{69,70}. In 2017 zijn metingen uitgevoerd om effecten van mosselkweekactiviteiten op vertroebeling te kwantificeren. De locaties voor dit onderzoek zijn zo gekozen dat de hoogst mogelijke effecten gemeten konden worden, namelijk in hele slibrijke gebieden en gebieden met hoge visserij-intensiteit⁶⁹.

In de gebieden waar wordt gevestigd of geoogst, wordt het water tijdelijk troebeler. De grootte van de sedimentpluim (zichtbaar opgewoeld sediment) blijft beperkt tot de directe omgeving van de mosselzaadvisserij of het oogsten van de percelen (binnen enkele tientallen tot honderd meters). De troebelheidsmetingen laten zien dat de sedimentpluim vrijwel direct na het vissen verdwijnt⁶⁹. Dit duidt er op dat veel van het opgewoelde sediment direct weer op of in de nabijheid van het perceel of op de zaadbank neervalt.

De gemeten troebelheid door visserij op zaadbanken en percelen verschilt per gebied en per activiteit. Dit komt door (combinaties van) verschillende factoren, zoals visserijintensiteit, type activiteit, sedimenttype, diepte, stromingspatronen, wind, golven, en seizoen. De hoogste troebelheidswaarde is gevonden tijdens de mosselzaadvisserij. Tussen meerdere vissende schepen is tot maximaal 40x hogere concentraties gemeten ten opzichte van achtergrondwaarden. Bij de oogst op de kweekpercelen is maximaal een 8x hogere concentratie gemeten ten opzichte van de achtergrondwaarden. In tegenstelling tot het veldonderzoek, toonde de analyse van satellietbeelden aan dat de ruimtelijke omvang zich over een iets groter gebied uitstrekte, in de vorm van een donkere waterpluim. Deze pluim bleek te



bestaan uit hoge concentraties van gekleurd opgelost organisch materiaal (CDOM) in plaats van uit zwevende deeltjes⁶⁹. Naast troebelheid lijkt CDOM dus een belangrijke factor te zijn bij het bepalen van de lichtdoordringing in water dat wordt beïnvloed door de mens veroorzaakte verstoringen van de zeebodem.

De rol van mosselen in de sedimentdynamiek kent twee kanten. Mosselen filteren continue zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel door groei, of als (*pseudo*)feces op de bodem. De filtratie zorgt voor een helderdere waterkolom, met een positief effect op de waterkwaliteit. Het onderzoek laat zien dat de visserij bodemmateriaal op werfelt. Hierdoor kan de troebelheid kortstondig en lokaal sterk toenemen op het moment dat de mosselen worden opgevestigd. Deze effecten van visserijactiviteiten zijn kortdurend (alleen tijdens de activiteit zelf), terwijl de effecten van filtratie continu plaatsvinden⁶⁹.



Mosselzaad-
visserij

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Vertroebeling



Wat zijn *MZI's*?

Mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) bestaan uit drijvers (boeien, buizen) met daaraan substraat in de vorm van touwen of netten. Mossellarven kunnen zich in het voorjaar en de vroege zomer aan dit substraat hechten. Het mosselzaad wordt in de zomer en het najaar van de *MZI's* geoogst en direct daarna op de kweekpercelen uitgezaaid¹⁸.

De eerste experimenten met *MZI's* stammen uit begin 2000. Twintig jaar later is deze manier van mosselzaad oogsten een onlosmakelijk onderdeel van de bedrijfsvoering van de meeste mosselbedrijven¹⁷. De *MZI's* bieden meer zekerheid

over de beschikking van zaad voor de kweek. Dit komt omdat de overleving van mosseltjes in de waterkolom beter is dan de overleving op de bodem¹⁸. Over een periode van vijf jaar wijkt de hoeveelheid bodemzaad in een gegeven jaar een factor 2,8 af van het gemiddelde. Voor het *MZI*-zaad is deze afwijking maar 0,1¹⁷. Dit betekent dat *MZI's* een betrouwbare bron van mosselzaad zijn. Verlies van *MZI*-zaad ontstaat door het in de war raken van de touwen, schade aan de *MZI*-systemen zelf, vraat door zeesterren of aangroei (weerbomen, mosdiertjes, zakpijpen) op de systemen¹⁸.



MZI's

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe worden de *MZI's* beheerd?

In de Waddenzee en Zeeuwse Delta zijn gebieden aangewezen waar *mosselzaadinvanginstallaties* (*MZI's*) mogen worden geplaatst. Verschillende bedrijven maken gebruik van dezelfde locatie. Deze *MZI*-clusters zijn zo ingedeeld dat het ruimtegebruik binnen de locaties zo efficiënt mogelijk is. Binnen de clusters werken bedrijven vaak samen om kosten te besparen. Niet alle mosselkweekbedrijven hebben *MZI's*. De bedrijven die geen eigen *MZI's* hebben, behoren tot een minderheid en gebruiken vaak wel *MZI*-zaad¹⁷.

In 2023 werd ongeveer 72% van de beschikbare *MZI*-locaties in de Waddenzee gebruikt; in de Zeeuwse Delta 43%. De bedrijven met *MZI's* moeten ieder jaar de gegevens over het gebruik en de oogst aan het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur doorgeven¹⁸.

Voor het plaatsen, verwijderen en gebruik van de *MZI's* is een *Wnb*-vergunning nodig. Hieronder valt sinds 2020 ook een beoordeling van de mogelijke effecten van stikstofuitstoot. De *MZI*-locaties zelf zijn getoetst aan de Waterwet (veiligheid voor de scheepvaart).

Volgens de mosselkwekers kunnen de mosselpercelen in de directe nabijheid van *MZI's* last hebben van meer zeesterren, mindere groei door voedsel-

concurrentie of *MZI*-zaadval op de percelen. Over deze zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹ is weinig bekend. Een beperkte studie kon dit effect niet aantonen²⁰. In het beleid is mede daarom vastgelegd dat kweekpercelen niet voor *MZI's* mogen worden gebruikt. Ook geldt tussen *MZI's* en kweekpercelen een afstand van minimaal 200m²¹.



MZI's

Beheer

Praktijk

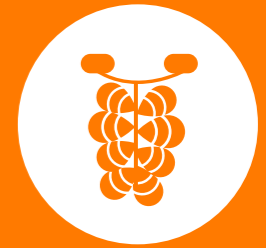
Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht





MZI's

Hoeveel mosselzaad komt uit de MZI's?

De productie per MZI-locatie wordt door vier factoren bepaald:

- 1 de beschikbare ruimte (vergunde oppervlak) en daarmee de fysieke mogelijkheid om MZI's uit te zetten,
- 2 de mate waarin het gebied gebruikt is/bruikbaar is voor het uitzetten van MZI's,
- 3 de hydrodynamische en biologische eigenschappen van de locatie, en
- 4 de technische eigenschappen van het MZI-systeem¹⁸.

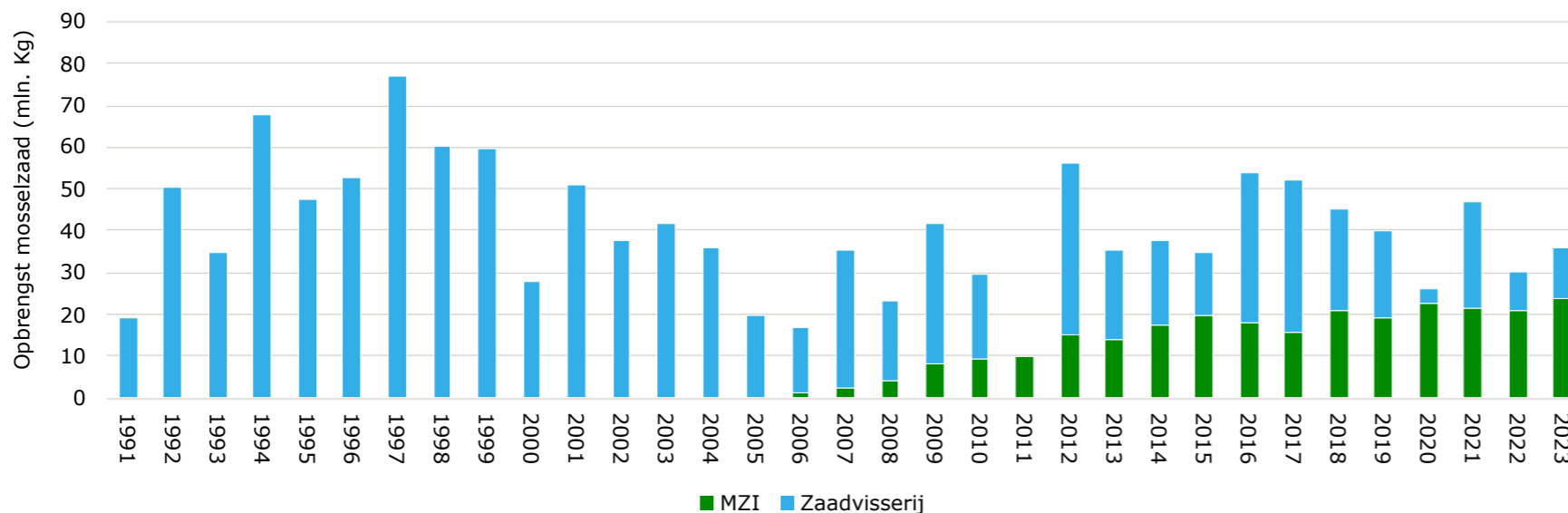
Over de periode 2009-2023 neemt de MZI-oogst in de Waddenzee en de Zeeuwse Delta toe van 8 tot 24 miljoen kg. Het invangresultaat (oogst per eenheid substraat) is vrij stabiel. In dezelfde periode vist de mosselzadvisserij in de nog resterende open gebieden jaarlijks gemiddeld 21 miljoen kg mosselzaad, met een sterk variërend mosselzadbestand tussen de jaren (0-41 miljoen kg per jaar) (gegevens WMR).

Het aandeel MZI-zaad uit de Waddenzee neemt sinds 2009 toe ten opzichte van de Oosterschelde. In 2009 komt 51% van het MZI-zaad uit de Waddenzee en 45% uit de Ooster-

schelde; in 2023 is dit respectievelijk 85% ten opzichte van 11%. Het aandeel MZI-zaad uit de Voordelta is met 2-4% van het totaal relatief constant. De verschillen hebben waarschijnlijk te maken met het invangresultaat (oogst per meter touw of per vierkante meter net). Dit is beter in de Waddenzee (3,3 kg/m touw en 37,1 kg/m² net) en Voordelta (2,8 kg/m touw en 42,0 kg/m² net) dan in de Oosterschelde (3,1 kg/m touw en 22,6 kg/m² net)¹⁸.

Het MZI-zaad uit de Waddenzee blijft voor het grootste deel in het gebied. Slechts een klein deel wordt uitgezaaid op de percelen in de Oosterschelde (3% in 2023). Een deel van het MZI-zaad uit de Oosterschelde wordt uitgezaaid op de percelen in de Waddenzee (28% in 2023)¹⁸.

Onderzoek laat zien dat er geen grote verschillen in *kweekrendement* tussen MZI-zaad en bodemzaad zijn. Het *kweekrendement* is de hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt. Als er al een verschil is, dan komt dit vooral door de grootte van het zaad²².



Opbrengst mosselzaad 1991-2023. Bron: Actualisatie figuur 3.2 uit 18; PO Mosselcultuur.

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe zit het met *MZI's* en *biodiversiteit*?

Kwekers die *MZI's* gebruiken melden dat er op de *MZI*-systemen aangroei kan zijn van weerbomen, mosdiertjes en zakpijpen, en vestiging van zeesterren¹⁸. De *biodiversiteit* op *MZI* locaties wordt daarmee tijdelijk vergroot, wat vervolgens ook (jonge) vis kan aantrekken⁶⁴. In 2008 en 2009 is onderzocht welke planten en dieren in verschillende mosselkweeksystemen in de Oosterschelde en de Waddenzee leven: bodemkweek, hangcultures en *MZI's*. Op de *MZI's* werden in 2009 49 verschillende soorten gevonden (64 in 2008)⁶⁵. Het is daarmee aannemelijk dat *MZI's*, in ieder geval in de

periode dat zij in het water liggen, tot een lokale vergroting van de *biodiversiteit* leiden. Dit wordt ondersteund door studies naar hangcultures van schelpdieren. In de waterkolom rond deze hangcultures is er een grotere diversiteit aan soorten, die vergelijkbaar is met natuurlijke riffen⁶⁴. Aangetekend moet worden dat hangcultures een langere periode in het water liggen dan *MZI's*. Na het onderzoek in 2008 en 2009 is er geen systematisch onderzoek gedaan naar de relatie tussen *MZI's* en *biodiversiteit*.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Soortensamenstelling

Bodemkwaliteit

Draagkracht



Wat zijn de effecten van *MZI's* op de bodemkwaliteit?

Onder de *MZI's* (*mosselzaadinstallaties*) kan organisch materiaal zich ophopen doordat (*pseudo*)feces naar de bodem zinken. Dit fenomeen wordt ook wel verrijking genoemd en is bekend bij hangcultures. Verrijking kan lokaal invloed hebben op de bodemstructuur, het bodemleven en het zuurstofgehalte in het water.

In 2009 is een korte studie uitgevoerd naar de bodemkwaliteit onder de *MZI's*⁶⁶. Er zijn 9 gebieden bemonsterd, waarvan 5 in de Waddenzee en 4 in de Oosterschelde. Op iedere locatie zijn stroomopwaarts en stroomafwaarts op vaste afstanden tot de *MZI* bodemmonsters verzameld. Ook direct onder de *MZI's* zijn monsters verzameld. Uit de studie kwamen geen aanwijzingen voor grootschalige verrijking van de bodem. Destijds was de impact van *MZI's* nog beperkt, en de gebruikte onderzoeksmethode was mogelijk niet gevoelig genoeg om kleine, lokale effecten te detecteren^{66,67}. Hierdoor kon lokale verrijking binnen een straal van 50 meter rond de *MZI* niet worden uitgesloten.

In 2021 is vervolgonderzoek gedaan naar lokale verrijking. Hiervoor zijn op drie intensief gebruikte *MZI*-kavels in de Waddenzee bodemmonsters verzameld⁷⁹. De monsters zijn genomen op verschillende plekken: stroomopwaarts en stroomafwaarts van de kavels, binnen de kavels zelf, en loodrecht op de kavels. Op de kavels en aangrenzend was de afstand tussen de punten korter dan verder van de kavels verwijderd. De monsters zijn onderzocht op sedimentparameters die gevoelig zijn voor de invloed van mosselen, zoals het organische stofgehalte, de korrelgrootte en aanwezigheid van stabiele isotopen. De resultaten tonen aan dat er geen merkbare effecten van *MZI's* op deze parameters zijn. Het ontbreken van duidelijke patronen of grote verschillen tussen de *MZI*-gebieden en de omringende gebieden suggereert dat *MZI's* geen significante invloed hebben op de bodemkwaliteit⁷⁹.



Internationaal onderzoek naar hangcultures laat zien dat bodemverrijking en een verminderd zuurstofgehalte vooral voorkomen in ondiepe, beschutte gebieden met weinig getijdenverschil⁶⁸. Omdat *MZI's* in relatief diepe wateren liggen met een hoge stroomsnelheid door het getij, is het onwaarschijnlijk dat zij de bodemkwaliteit negatief beïnvloeden.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Soortensamenstelling

Bodemkwaliteit

Draagkracht



Hoeveel mosselzaad komt uit de MZI's?

De productie per MZI-locatie wordt door vier factoren bepaald:

- 1 de beschikbare ruimte (vergunde oppervlak) en daarmee de fysieke mogelijkheid om MZI's uit te zetten,
- 2 de mate waarin het gebied gebruikt is/buikbaar is voor het uitzetten van MZI's,
- 3 de hydrodynamische en biologische eigenschappen van de locatie, en
- 4 de technische eigenschappen van het MZI-systeem¹⁸.

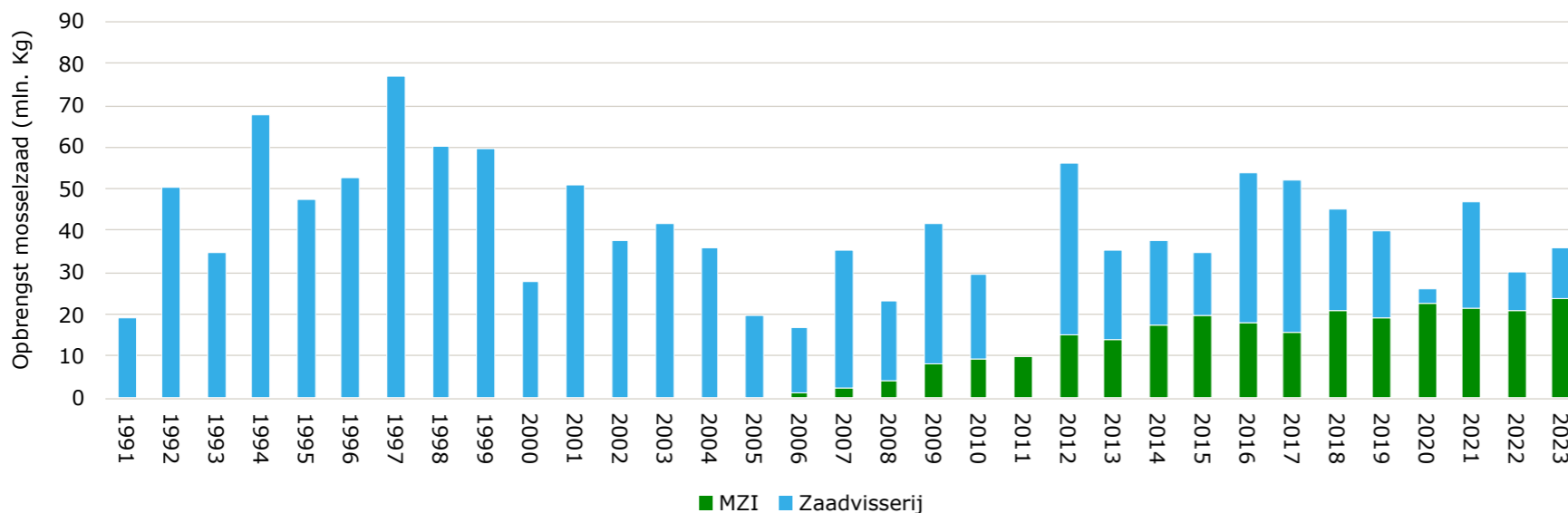
Over de periode 2009-2023 neemt de MZI-oogst in de Waddenzee en de Zeeuwse Delta toe van 8 tot 24 miljoen kg. Het invangresultaat (oogst per eenheid substraat) is vrij stabiel. In dezelfde periode vist de mosselzadvisserij in de nog resterende open gebieden jaarlijks gemiddeld 21 miljoen kg mosselzaad, met een sterk variërend mosselzadbestand tussen de jaren (0-41 miljoen kg per jaar) (gegevens WMR).

Het aandeel MZI-zaad uit de Waddenzee neemt sinds 2009 toe ten opzichte van de Oosterschelde. In 2009 komt 51% van het MZI-zaad uit de Waddenzee en 45% uit de Ooster-

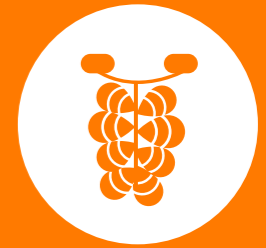
schelde; in 2023 is dit respectievelijk 85% ten opzichte van 11%. Het aandeel MZI-zaad uit de Voordelta is met 2-4% van het totaal relatief constant. De verschillen hebben waarschijnlijk te maken met het invangresultaat (oogst per meter touw of per vierkante meter net). Dit is beter in de Waddenzee (3,3 kg/m touw en 37,1 kg/m² net) en Voordelta (2,8 kg/m touw en 42,0 kg/m² net) dan in de Oosterschelde (3,1 kg/m touw en 22,6 kg/m² net)¹⁸.

Het MZI-zaad uit de Waddenzee blijft voor het grootste deel in het gebied. Slechts een klein deel wordt uitgezaaid op de percelen in de Oosterschelde (3% in 2023). Een deel van het MZI-zaad uit de Oosterschelde wordt uitgezaaid op de percelen in de Waddenzee (28% in 2023)¹⁸.

Onderzoek laat zien dat er geen grote verschillen in *kweekrendement* tussen MZI-zaad en bodemzaad zijn. Het *kweekrendement* is de hoeveelheid consumptiemosselen die uit een kilo zaad komt. Als er al een verschil is, dan komt dit vooral door de grootte van het zaad²².



Opbrengst mosselzaad 1991-2023. Bron: Actualisatie figuur 3.2 uit 18; PO Mosselcultuur.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

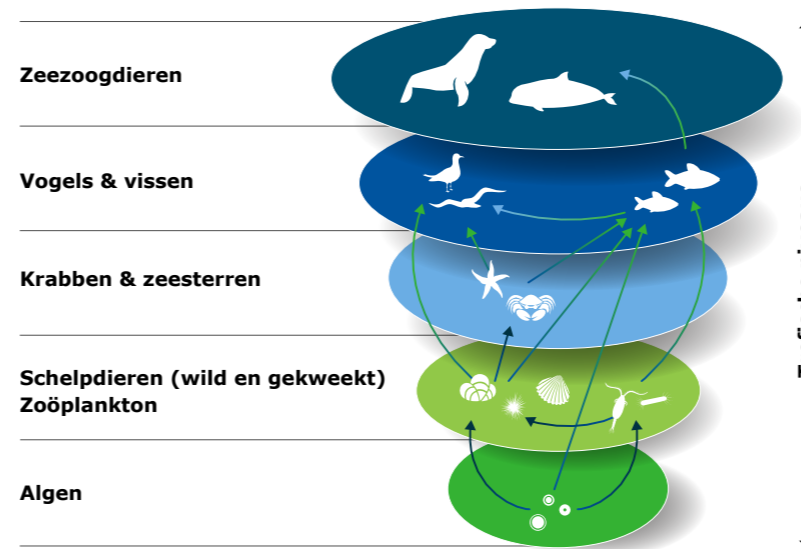


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zoveel microalgen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

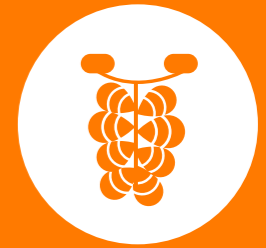
Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand. In de westelijke Waddenzee bestaat het totale mosselbestand voor ca. 10-15% uit MZI mosselen en voor ca. 50% uit mosselen op kweekpercelen. Hier zijn alle mosselen samen (wild + kweek) verantwoordelijk voor ca. een derde van de totale graasdruk van schelpdieren. Het aandeel van alleen de kweekmosselen wordt geschat op ongeveer 20%⁷¹.

Een eerdere studie over de Oosterschelde wees op mogelijke *overbegrazing* in de periode 1995-2009⁷². Tegenwoordig weten we dat het bestand van Japanse oesters in die studie te hoog is ingeschat. Ook is sindsdien het oesterbestand verder afgenomen door de oesterboorder en het herpesvirus. In een vervolgstudie voor de periode 1990-2016 werden geen aanwijzingen meer gevonden voor een te hoge *graasdruk* en een overschrijding van de *draagkracht*⁷¹. Ook voor de westelijke Waddenzee werden geen aanwijzingen voor overschrijding van de draagkracht gevonden⁷¹. Deze bevinding komt overeen met een studie op Balgzand in de Waddenzee voor dezelfde periode⁷³.



Het onderzoek naar de draagkracht is recent geactualiseerd⁷⁸. Ook over de periode 1990-2021 wordt geconcludeerd dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren niet onder druk staat^{71,78}. De grootste verschillen in *graasdruk* van jaar tot jaar worden veroorzaakt door natuurlijke fluctuaties in de wilde schelpdierbestanden.

Ondanks de licht gestegen *graasdruk* in de westelijke Waddenzee zijn er geen tekenen dat het beschikbare voedsel (*micro-algen*) tekort schiet. Dit is bijvoorbeeld af te leiden uit de conditie van mosselen afkomstig van de percelen. Zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee is die conditie stabiel gebleven. Tegelijkertijd lijkt de hoeveelheid beschikbaar voedsel niet wezenlijk te zijn veranderd. Kortom, er zijn geen tekenen dat het beschikbare voedsel wordt overbegraasd.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Draagkracht lokaal



Is er een relatie tussen schelpdier*biomassa* en lokale *draagkracht*?

Als er (te) veel schelpdieren op een bepaalde plek of gebied liggen, kunnen lokaal voedseltekorten ontstaan. Dit kan gevolgen hebben voor de productie van wilde of gekweekte mosselen. Het is bekend dat de waterlaag direct boven mosselkweekpercelen een lagere voedselconcentratie kan hebben^{74,75}. Dit is vooral het geval in gebieden met relatief lage stroming.

Mosselen in *mosselzaadinstallaties (MZI's)* kunnen hun voedsel uit een groot gedeelte van de waterkolom halen. Ook binnen of in de nabijheid van *MZI's* kunnen voedseltekorten optreden, de zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹. Om die reden mogen in Nederland de kweekpercelen niet voor *MZI's* worden gebruikt, en moet er minimaal 200m afstand zijn tussen *MZI's* en kweekpercelen²¹.

Over de relatie tussen *MZI's* en lokale voedseltekorten in hoogdynamische systemen zoals de Zeeuwse Delta en de Waddenzee is maar weinig bekend^{19,76}. Er is één gerichte studie geweest op vijf *MZI*-locaties in Nederland⁶⁷. Voor de meeste locaties zijn er geen verschillen gevonden in mosselproductie in het midden en aan de randen van de systemen. Alleen in het Gat van Stompe (Waddenzee) hebben mosselen aan de rand van het *MZI*-systeem een betere conditie. De studie bevestigt dat, net als in andere hangcultuur kweeksystemen, ook in *MZI's* verminderde voedselbeschikbaarheid en mosselgroei kunnen optreden^{19,67}. Dit betekent dat er lokale *draagkrachteffecten* kunnen ontstaan. Het is echter niet aannemelijk dat dit op grote schaal gebeurt. Dit is omdat de meeste *MZI's* op plekken liggen waar de stroming, en dus waterverversing, hoog is.

Internationaal onderzoek in gebieden met een lage natuurlijke dynamiek laat zien dat in hangcultures voor consumptiemosselen lokale voedseltekorten in het midden van de systemen kunnen ontstaan¹⁹. Dit komt omdat de systemen weerstand uitoefenen op het instromende water. Dit zorgt vervolgens tot een afname in de stroomsnelheid. Samen met de filtratie van de mosselen kunnen die verminderde stroomsnelheden tot afname van het voedselaanbod binnen het systeem leiden. Dat leidt weer tot ruimtelijke verschillen in groeisnelheid, met tragere groei in het midden en betere groei aan de randen. Een kweker kan door een goede inrichting van de systemen invloed hierop uitoefenen¹⁹.



MZI's

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal



Hoe worden mosselen gekweekt?

Het mosselzaad van wilde zaadbanken of *mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)* gaat naar kweekpercelen in het *sublitoraal* van de Waddenzee en Oosterschelde. Een klein deel van de kweek gebeurt in hangcultures in de Oosterschelde, Grevelingen en Veerse Meer. Op de kweekpercelen groeit het zaad door een natuurlijk proces uit tot consumptiemosselen: de mosselen filteren voedingsstoffen uit het water. Het hele kweekproces duurt anderhalf tot twee jaar. Tijdens het kweken worden de mosselen nog 1 of 2 keer opgevist en verplaatst naar andere percelen, zodat ze optimaal kunnen groeien. Ook nemen kwekers maatregelen om plagen van zeesterren, die mosselen eten, onder controle te houden (dweilen). Hoewel de kwekers zelf enige invloed kunnen uitoefenen op het groeiproces, speelt de natuur uiteindelijk een grote rol in de opbrengst²³.

Mosselzaad spoelt gemakkelijk weg en moet zich dus vasthechten aan substraat of aan elkaar om te overleven. Op natuurlijke banken vormt het mosselzaad een matrix: ze hechten zich aan elkaar en aan dood schelpmateriaal dat op de bodem ligt. Dood schelpmateriaal fungeert als verankering in de bodem²⁴. Dit ontbreekt bij *MZI*-zaad, want dit wordt bij de oogst van de touwen of netten afgeborsteld. Na het zaaien aggregaat *MZI*-zaad sneller en hecht zich vaster dan bodemzaad²⁵. *MZI*-zaad heeft daarom behoefte aan percelen met veel los schelpmateriaal ('gruizige grond'). Daarnaast is de praktijkervaring van kwekers dat zich onder het uitgezaaid *MZI*-zaad over de tijd meer slib ophoopt, waardoor het *MZI*-zaad instabieler is dan bodemzaad en eerder wegspoelt bij harde stroming of storm¹⁷. *MZI*-zaad is daarom gebaat bij percelen waar het niet te hard stroomt of die niet op stormgevoelige locaties liggen.



De groei van mosselen op percelen laat veel variatie zien. Meerjarige metingen tonen aan dat de groei hoger is naarmate de percelen dichter bij de Noordzee liggen. Dit is zowel in de Oosterschelde als in de Waddenzee het geval. Na voortplanting van de mosselen in het voorjaar is de groei het hoogst in de Oosterschelde, waar de groei na juli weer afneemt. In de Waddenzee groeien de mosselen langer door, tot in oktober²⁶.

Als de mosselen uitgegroeid zijn tot consumptiemaat worden ze opgevist. Via de mosselveiling in Yerseke veranderen ze van eigenaar. Voordat ze bij de consumenten terechtkomen, moeten de mosselen zichzelf schoon filteren van slibresten. Dit gebeurt door ze eerst een tijdje op speciale percelen in de Oosterschelde te leggen, of in bassins op het land.



Kweekpercelen

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Welke beheermaatregelen gelden er voor de mosselpercelen?

De kwekers pachten de percelen van de overheid. Niet alle percelen zijn even geschikt voor kweek. Sommigen worden gebruikt voor opslag, anderen voor uitgroei van zaad naar halfwas of van halfwas naar consumptie. Op percelen in de Waddenzee is de groei gemiddeld beter dan in de Oosterschelde²⁶. Wel zijn de percelen op het wad minder beschermd en daardoor instabieler²⁷. Hierdoor kunnen verliezen door stormschade groter zijn.

De ervaring van de kwekers is dat *MZI*-zaad minder geschikt is voor percelen met veel stroming. Zij wijten dit aan de grotere hoeveelheid slib die *MZI*-mosselen zouden produceren¹⁷. Hoewel dit niet is onderzocht, is dit wel een waarschijnlijke verklaring: *MZI*-zaad is over het algemeen kleiner bij het zaaien dan bodemzaad. Daarom is de zaai-dichtheid groter. Bovendien nemen *MZI*-mosselen, omdat zij niet zijn

aangepast aan slibrijke voedselcondities, in eerste instantie minder efficiënt voedsel op. Samen leidt dit tot een hogere slibproductie. Indien mogelijk houden kwekers hierin hun uitzaai-strategie rekening mee¹⁷.

Hoe meer consumptiemosselen uit een kilo mosselzaad komen, hoe beter het *kweekrendement* is. Door geleidelijke verzanding en verplaatsing van stroomgeulen neemt de kwaliteit van percelen af en daarmee het *kweekrendement*²⁷. In 1995 zijn voor het laatst nieuwe locaties voor kweekpercelen uitgegeven (optimalisatie). Vanuit het *Mosselconvenant*¹¹ is in 2021 weer een optimalisatie uitgevoerd. Als onderdeel daarvan loopt tot eind 2027 het onderzoek 'Nieuwe Percelen': de aanleg van nieuwe percelen biedt immers de unieke situatie om te bekijken hoe de *biodiversiteit* in een gebied verandert²⁸.



Kweekpercelen

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

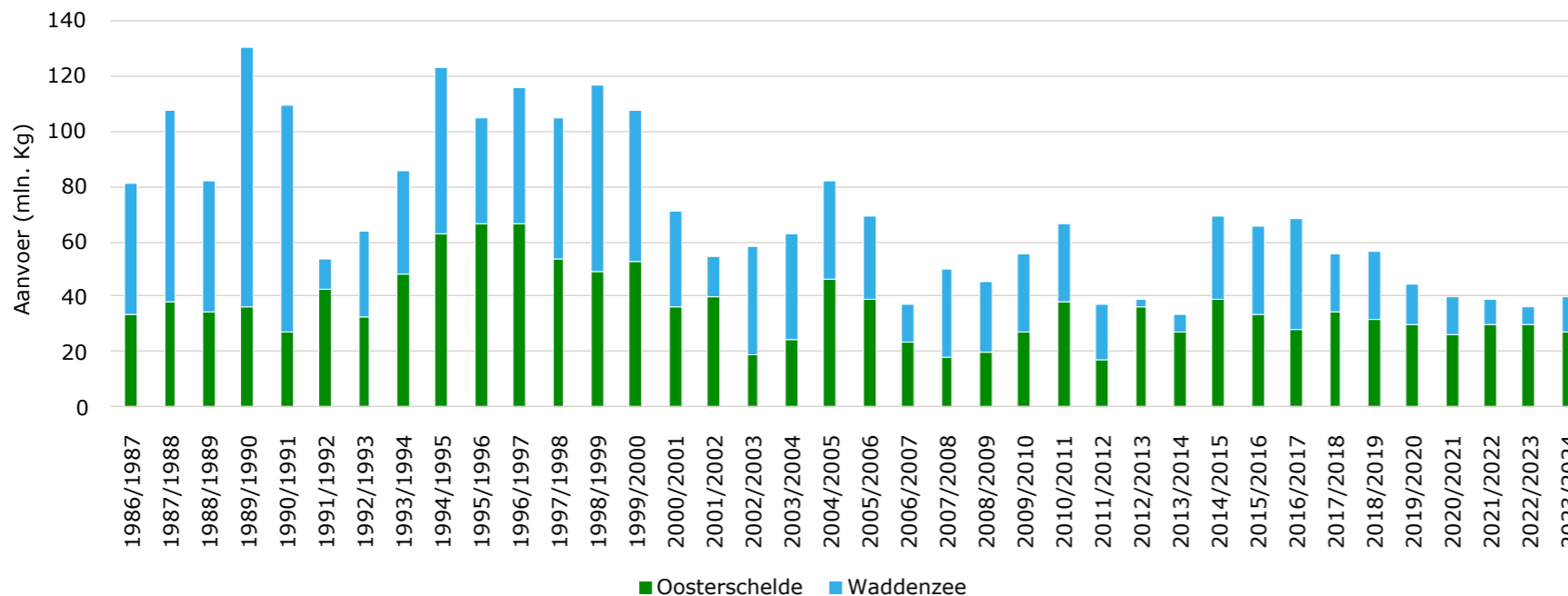




Hoe zit het met de hoeveelheid mosselen op de kweekpercelen?

In het schelpdiervisserijbeleid is vastgelegd dat ieder najaar een minimale hoeveelheid mosselen op de percelen aanwezig dient te zijn. Zo wordt voldaan aan de voorwaarde dat het geheel van vissen, kweken en oogst van consumptie-mosselen niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee, vergeleken met een situatie zonder visserij. Hiervoor is het zogenaamde Vissen, Kweken en Afvoeren (VKA)-rekenmodel ontwikkeld⁹. Onderzoek laat zien dat voor de langere termijn de mosselkweek tot meer *biomassa* aan mosselen leidt dan

in een situatie waarin er geen kweek zou zijn^{29,30}. Over de periode 2004-2012 zijn er door de kweek van mosselen, inclusief *MZI*-gebruik, ongeveer 27% meer mosselen in de westelijke Waddenzee dan in een situatie zonder kweek; dit ondanks de oogst en afvoer van mosselen³⁰. Dit komt omdat mosselen op de percelen een betere groei en overleving hebben vergeleken met op wilde mosselbanken³¹. Bovendien worden kweekpercelen over het algemeen niet aangelegd op plekken waar zich van nature wilde mosselbanken vormen.



Aanvoer Nederlandse consumptiemosselen, seizoen 1986/1987 - 2023/2024, inclusief verkopen buiten de klok.

Gegevens: Mosselkantoor; PO Mosselcultuur.

Beheer

Praktijk

Beheermaatregelen

Bestand

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

**Samenstelling
bodemdieren**

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

Sediment



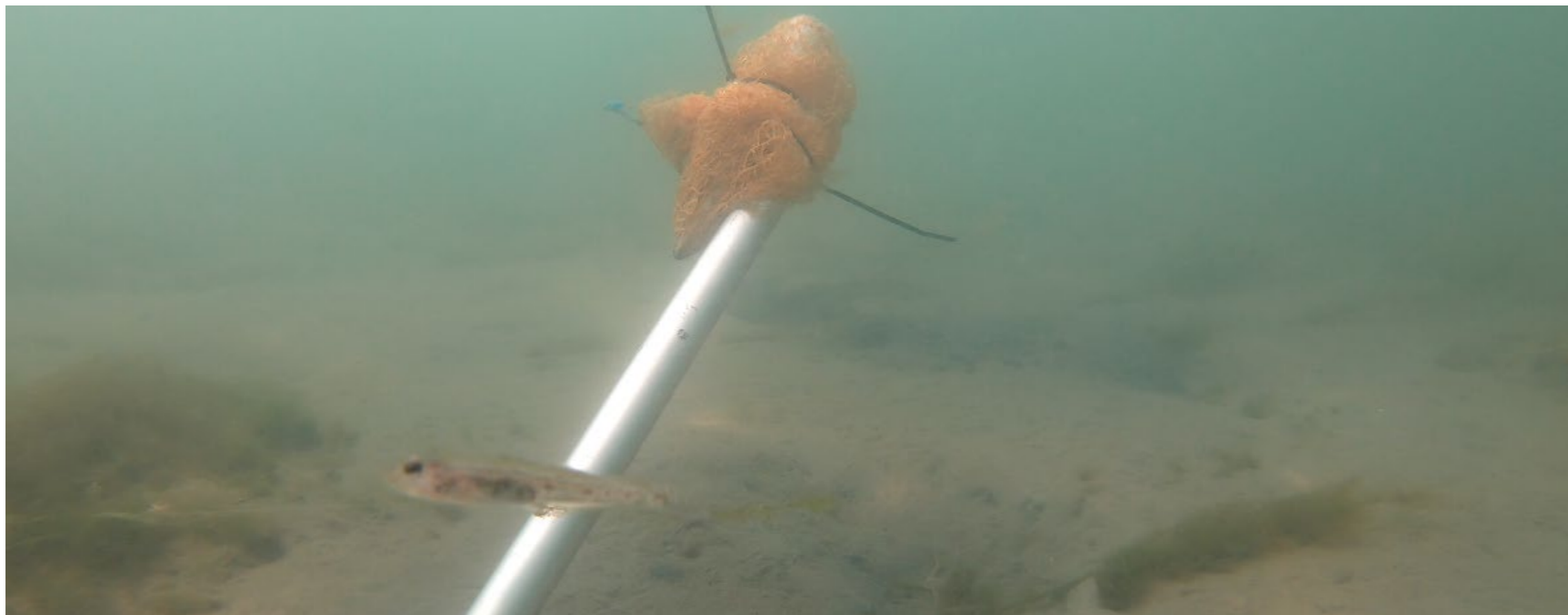
Zijn er veranderingen in de biodiversiteit na de aanleg van nieuwe kweekpercelen?

In 2021 zijn er nieuwe percelen voor de kweek van mosselen uitgegeven en oude percelen ingenomen in de Waddenzee (optimalisatie). Dit is een afspraak uit het *Mosselconvenant*¹¹. Als onderdeel van de optimalisatie loopt het groot-schalige onderzoek 'evaluatie nieuwe percelen': de aanleg van nieuwe kweekpercelen biedt immers de unieke situatie om te bekijken hoe de *biodiversiteit* in een gebied verandert²⁸. Hierbij wordt zowel gekeken naar veranderingen in de bodemgemeenschap⁷⁸ als in de visgemeenschap²⁸.

Van 2018 tot 2026 worden ongeveer 100 bemonsteringslocaties verspreid over nieuw in gebruik genomen kweekpercelen in de westelijke Waddenzee gemonitord op bodemdieren en vis. Daarnaast wordt aanvullend onderzoek gedaan in de Oosterschelde. Hier ligt de nadruk op de ecologische functie van mosselkweekpercelen voor mobiele soorten zoals vis en kreeftachtigen.

Met behulp van onderwaterbeelden wordt vergeleken welke mobiele soorten op de kweekpercelen voor mosselen voorkomen en hoe dit zich verhoudt tot andere bodemtypes. Mobiele soorten zijn lastig te bemonsteren en daarom is nog er weinig bekend over of, en hoe zij kweekpercelen gebruiken als habitat. De videobeelden geven ook inzicht in het gedrag van de vissen: zwemmen ze alleen voorbij, vertonen ze foerageergedrag, of gebruiken ze de percelen voornamelijk voor bescherming of als kraamkamer?

Deze studie loopt tot eind 2027 en zal waardevolle inzichten opleveren over de effecten van mosselcultuur op de biodiversiteit.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Samenstelling
bodemdieren

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

Sediment



Hoe belangrijk zijn de mosselen op de kweekpercelen als voedselbron voor vogels?

De Waddenzee is van internationaal belang voor schelpdier-etende vogels⁵⁸. Mosselen in de *sublitorale* gebieden zijn voor enkele vogelsoorten belangrijk. Duikende eenden, zoals de eidereend en de topper, zijn in staat mosselen van de wilde banken en kweekpercelen in het *sublitoraal* te eten⁵⁹. Daarbij kan het zo zijn dat soorten die duiken naar vissen die zich tussen de mosselen ophouden, ook baat hebben bij mosselbanken en -percelen, al ontbreken goede telgegevens voor deze vogelsoorten⁶⁰.

Het dieet van eidereenden in de Waddenzee kan, bij voldoende aanbod, voor wel 90% uit mosselen bestaan. Ze vullen dit aan met krabben, kokkels en mesheften. Verspreidingsonderzoek laat zien dat overwinterende eidereenden een voorkeur hebben om op de kweekpercelen naar voedsel te zoeken³⁷. Eidereenden prefereren medium tot grote mosselen in hoge dichtheden. Deze komen in de Waddenzee vooral op de kweekpercelen voor. De kweekmosselen hebben bovendien een betere vlees/schelp verhouding dan 'wilde' mosselen in de getijdzone^{61,62}. Eidereenden hebben daarom voordeel bij de aanwezigheid van mosselpercelen^{29,37}. Wanneer er minder mosselen op de percelen zijn schakelen ze over naar alternatief voedsel³⁷. Ook in de loop van de winter komen de eidereenden weer vaker voor op de wilde mosselbanken. Er zijn twee mogelijke (gecombineerde) verklaringen. De eerste is dat in de winter de kwaliteit van de mosselen op de percelen afneemt en vergelijkbaar wordt met die op de wilde banken⁵⁹. De tweede verklaring is dat er in de loop van de winter steeds meer mosselen van de percelen worden geoogst³⁷.



De aantallen overwinterende toppers variëren sterk tussen de jaren. In het Waddengebied worden 's winters rond de 30.000 toppers geteld⁶³, vooral voor de Afsluitdijk waar de zoutgehaltes lager zijn⁵⁸. Op de locaties in de Waddenzee waar de toppers voorkomen, zijn nauwelijks kweekpercelen aanwezig⁵⁹. Uit verspreidingsonderzoek blijkt dat toppers meer voorkomen op locaties waar kleinere prooi-soorten aanwezig zijn, zoals jonge strandgapers³⁶. Mosselen hebben net als strandgapers een relatief hoge verhouding tussen vlees en schelp. Toch wordt er maar een gering verband gevonden tussen de verspreiding van mosselen en de topper. Waarschijnlijk komt dit omdat mosselen met hun byssusdraden trossen vormen. Het kost de topper dan meer tijd en energie om individuele mosselen te consumeren³⁶.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Samenstelling
bodemdieren

Nieuwe percelen

Vogels

Draagkracht

Sediment



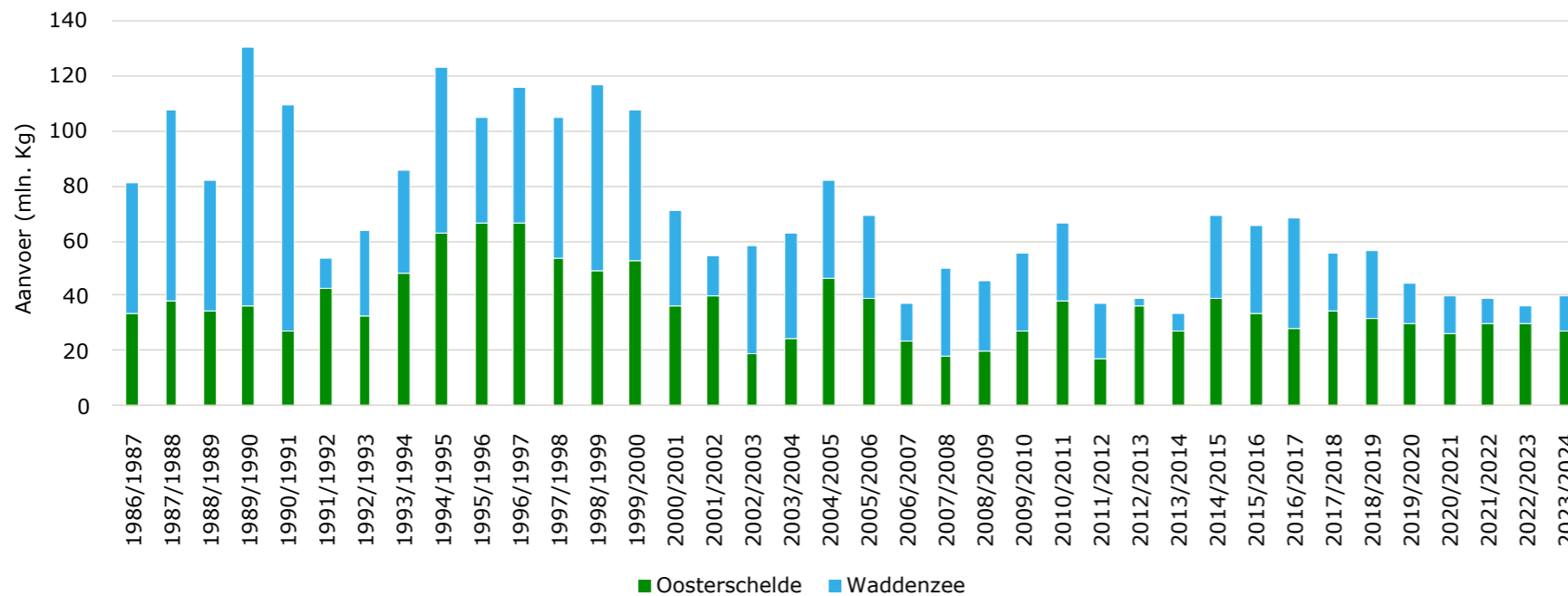


Kweekpercelen

Hoe zit het met de hoeveelheid mosselen op de kweekpercelen?

In het schelpdiervisserijbeleid is vastgelegd dat ieder najaar een minimale hoeveelheid mosselen op de percelen aanwezig dient te zijn. Zo wordt voldaan aan de voorwaarde dat het geheel van vissen, kweken en oogst van consumptie-mosselen niet leidt tot minder mosselen in de Waddenzee, vergeleken met een situatie zonder visserij. Hiervoor is het zogenaamde Vissen, Kweken en Afvoeren (VKA)-rekenmodel ontwikkeld⁹. Onderzoek laat zien dat voor de langere termijn de mosselkweek tot meer *biomassa* aan mosselen leidt dan

in een situatie waarin er geen kweek zou zijn^{29,30}. Over de periode 2004-2012 zijn er door de kweek van mosselen, inclusief *MZI*-gebruik, ongeveer 27% meer mosselen in de westelijke Waddenzee dan in een situatie zonder kweek; dit ondanks de oogst en afvoer van mosselen³⁰. Dit komt omdat mosselen op de percelen een betere groei en overleving hebben vergeleken met op wilde mosselbanken³¹. Bovendien worden kweekpercelen over het algemeen niet aangelegd op plekken waar zich van nature wilde mosselbanken vormen.



Aanvoer Nederlandse consumptiemosselen, seizoen 1986/1987 - 2023/2024, inclusief verkopen buiten de klok.

Gegevens: Mosselkantoor; PO Mosselcultuur.

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

Sediment

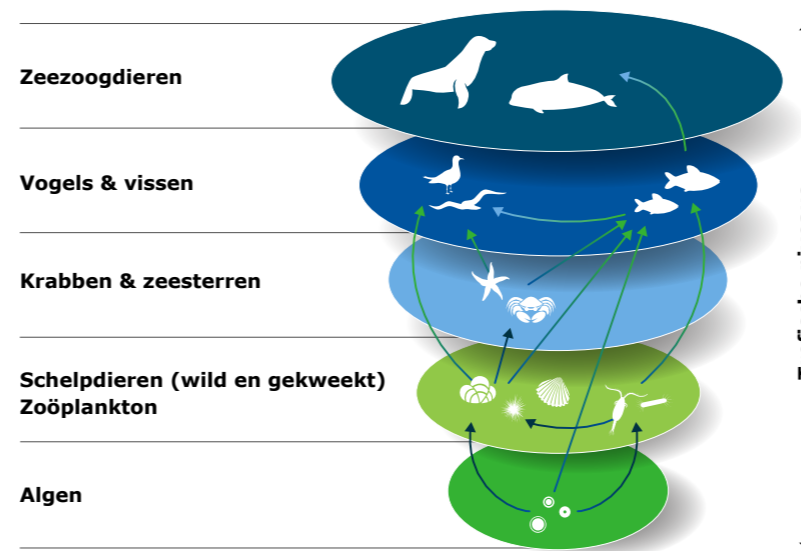


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zoveel microalgen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand. In de westelijke Waddenzee bestaat het totale mosselbestand voor ca. 10-15% uit MZI mosselen en voor ca. 50% uit mosselen op kweekpercelen. Hier zijn alle mosselen samen (wild + kweek) verantwoordelijk voor ca. een derde van de totale graasdruk van schelpdieren. Het aandeel van alleen de kweekmosselen wordt geschat op ongeveer 20%⁷¹.

Een eerdere studie over de Oosterschelde wees op mogelijke *overbegrazing* in de periode 1995-2009⁷². Tegenwoordig weten we dat het bestand van Japanse oesters in die studie te hoog is ingeschat. Ook is sindsdien het oesterbestand verder afgenomen door de oesterboorder en het herpesvirus. In een vervolgstudie voor de periode 1990-2016 werden geen aanwijzingen meer gevonden voor een te hoge *graasdruk* en een overschrijding van de *draagkracht*⁷¹. Ook voor de westelijke Waddenzee werden geen aanwijzingen voor overschrijding van de draagkracht gevonden⁷¹. Deze bevinding komt overeen met een studie op Balgzand in de Waddenzee voor dezelfde periode⁷³.



Het onderzoek naar de draagkracht is recent geactualiseerd⁷⁸. Ook over de periode 1990-2021 wordt geconcludeerd dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren niet onder druk staat^{71,78}. De grootste verschillen in *graasdruk* van jaar tot jaar worden veroorzaakt door natuurlijke fluctuaties in de wilde schelpdierbestanden.

Ondanks de licht gestegen *graasdruk* in de westelijke Waddenzee zijn er geen tekenen dat het beschikbare voedsel (*micro-algen*) tekort schiet. Dit is bijvoorbeeld af te leiden uit de conditie van mosselen afkomstig van de percelen. Zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee is die conditie stabiel gebleven. Tegelijkertijd lijkt de hoeveelheid beschikbaar voedsel niet wezenlijk te zijn veranderd. Kortom, er zijn geen tekenen dat het beschikbare voedsel wordt overbegraasd.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

**Draagkracht
ecosysteem**

Draagkracht lokaal

Sediment



Is er een relatie tussen schelpdierbiomassa en lokale draagkracht?

Als er (te) veel schelpdieren op een bepaalde plek of gebied liggen, kunnen lokaal voedseltekorten ontstaan. Dit kan gevolgen hebben voor de productie van wilde of gekweekte mosselen. Het is bekend dat de waterlaag direct boven mosselkweekpercelen een lagere voedselconcentratie kan hebben^{74,75}. Dit is vooral het geval in gebieden met relatief lage stroming.

Mosselen in *mosselzaadinvanginstallaties (MZI's)* kunnen hun voedsel uit een groot gedeelte van de waterkolom halen. Ook binnen of in de nabijheid van *MZI's* kunnen voedseltekorten optreden, de zogenaamde *schaduwwerking*¹⁹. Om die reden mogen in Nederland de kweekpercelen niet voor *MZI's* worden gebruikt, en moet er minimaal 200m afstand zijn tussen *MZI's* en kweekpercelen²¹.

Over de relatie tussen *MZI's* en lokale voedseltekorten in hoogdynamische systemen zoals de Zeeuwse Delta en de Waddenzee is maar weinig bekend^{19,76}. Er is één gerichte studie geweest op vijf *MZI*-locaties in Nederland⁶⁷. Voor de meeste locaties zijn er geen verschillen gevonden in mosselproductie in het midden en aan de randen van de systemen. Alleen in het Gat van Stompe (Waddenzee) hebben mosselen aan de rand van het *MZI*-systeem een betere conditie. De studie bevestigt dat, net als in andere hangcultuur kweeksystemen, ook in *MZI's* verminderde voedselbeschikbaarheid en mosselgroei kunnen optreden^{19,67}. Dit betekent dat er lokale draagkrachteffecten kunnen ontstaan. Het is echter niet aannemelijk dat dit op grote schaal gebeurt. Dit is omdat de meeste *MZI's* op plekken liggen waar de stroming, en dus waterverversing, hoog is.

Internationaal onderzoek in gebieden met een lage natuurlijke dynamiek laat zien dat in hangcultures voor consumptiemosselen lokale voedseltekorten in het midden van de systemen kunnen ontstaan¹⁹. Dit komt omdat de systemen weerstand uitoefenen op het instromende water. Dit zorgt vervolgens tot een afname in de stroomsnelheid. Samen met de filtratie van de mosselen kunnen die verminderde stroomsnelheden tot afname van het voedselaanbod binnen het systeem leiden. Dat leidt weer tot ruimtelijke verschillen in groeisnelheid, met tragere groei in het midden en betere groei aan de randen. Een kweker kan door een goede inrichting van de systemen invloed hierop uitoefenen¹⁹.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Bestand

Draagkracht
ecosysteem

Draagkracht lokaal

Sediment



Leidt mosselzaadvisserij en -kweek tot vertroebeling van het water door opwerveling van sediment?

De Waddenzee kent van nature grote sedimenttransporten. Hierdoor veroorzaakte vertroebeling en sedimentatie kunnen gevolgen hebben voor het ecosysteem. Naast natuurlijke oorzaken kunnen ook menselijke activiteiten van invloed zijn op de sedimenthuishouding^{69,70}. In 2017 zijn metingen uitgevoerd om effecten van mosselkweekactiviteiten op vertroebeling te kwantificeren. De locaties voor dit onderzoek zijn zo gekozen dat de hoogst mogelijke effecten gemeten konden worden, namelijk in hele slibrijke gebieden en gebieden met hoge visserij-intensiteit⁶⁹.

In de gebieden waar wordt gevist of geoogst, wordt het water tijdelijk troebeler. De grootte van de sedimentpluim (zichtbaar opgewoeld sediment) blijft beperkt tot de directe omgeving van de mosselzaadvisserij of het oogsten van de percelen (binnen enkele tientallen tot honderd meters). De troebelheidsmetingen laten zien dat de sedimentpluim vrijwel direct na het vissen verdwijnt⁶⁹. Dit duidt er op dat veel van het opgewoelde sediment direct weer op of in de nabijheid van het perceel of op de zaadbank neervalt.

De gemeten troebelheid door visserij op zaadbanken en percelen verschilt per gebied en per activiteit. Dit komt door (combinaties van) verschillende factoren, zoals visserijintensiteit, type activiteit, sedimenttype, diepte, stromingspatronen, wind, golven, en seizoen. De hoogste troebelheidswaarde is gevonden tijdens de mosselzaadvisserij. Tussen meerdere vissende schepen is tot maximaal 40x hogere concentraties gemeten ten opzichte van achtergrondwaarden. Bij de oogst op de kweekpercelen is maximaal een 8x hogere concentratie gemeten ten opzichte van de achtergrondwaarden. In tegenstelling tot het veldonderzoek, toonde de analyse van satellietbeelden aan dat de ruimtelijke omvang zich over een iets groter gebied uitstrekte, in de vorm van een donkere waterpluim. Deze pluim bleek te



bestaan uit hoge concentraties van gekleurd opgelost organisch materiaal (CDOM) in plaats van uit zwevende deeltjes⁶⁹. Naast troebelheid lijkt CDOM dus een belangrijke factor te zijn bij het bepalen van de lichtdoordringing in water dat wordt beïnvloed door de mens veroorzaakte verstoringen van de zeebodem.

De rol van mosselen in de sedimentdynamiek kent twee kanten. Mosselen filteren continue zwevend materiaal uit de waterkolom en leggen dit vast in mosselweefsel door groei, of als (*pseudo*)feces op de bodem. De filtratie zorgt voor een helderdere waterkolom, met een positief effect op de waterkwaliteit. Het onderzoek laat zien dat de visserij bodemmateriaal op werfelt. Hierdoor kan de troebelheid kortstondig en lokaal sterk toenemen op het moment dat de mosselen worden opgevist. Deze effecten van visserijactiviteiten zijn kortdurend (alleen tijdens de activiteit zelf), terwijl de effecten van filtratie continu plaatsvinden⁶⁹.



Kweekpercelen

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

Sediment

Vertroebeling



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zeesterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Welke beheermaatregelen gelden voor de wilde mosselbanken?

Wilde mosselbanken zijn in de Waddenzee te vinden op de wadplaten in het droogvallende gebied (het *litoraal*) en het deel dat altijd onder water staat (het *sublitoraal*). Het grootste areaal aan *litorale* mosselbanken wordt aangetroffen in het oosten van de Nederlandse Waddenzee^{13,14}, en het aangrenzende Nedersaksen in Duitsland³⁹. Op de platen van de Oosterschelde komen al decennia geen wilde mosselbanken meer voor. Delen van het *litoraal* in beide gebieden zijn in de jaren '90 gesloten voor mosselzaadvisserij. Sindsdien mag alleen onder strikte voorwaarden een vergunning aangevraagd worden voor zaadvisserij in het overige gebied van het *litoraal*. In de praktijk is er vanaf 2001 geen *litorale* mosselzaadvisserij meer geweest. De laatste bevissing van *litorale* banken in de Waddenzee betrof een experimentele onderzoeksvisserij⁸.

Mosselbanken in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee (Marsdiep en Vliestroom), met uitzondering van het Eierlandse Gat, mogen worden bevestigd voor zover ze buiten de aangewezen gesloten gebieden liggen. In de zeldzaam voorkomende gevallen dat er voldoende *zaadval* is in de Oosterschelde en Voordelta mag ook daar gevist worden. Het *quotum* wordt gebaseerd op de jaarlijkse inventarisatie van het mosselbestand^{13,15,16}, en vastgelegd in het visplan dat door de sector wordt opgesteld. Dit visplan wordt ter goedkeuring voorgelegd aan het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur.

De afgelopen decennia is er veel onderzoek geweest naar de ontwikkeling van de mosselbanken^{42,52}, de effecten van de zaadvisserij op de *sublitorale* mosselbanken^{40,41,43,44}, en de effecten van het sluiten van *sublitorale* gebieden voor de visserij^{6,45}.



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Hoe ontwikkelt het areaal droogvallende wilde mosselbanken zich?

Mosselbanken ontstaan door de jaren heen vaak op dezelfde plekken^{46,47}. Vooral op de meer beschutte locaties kunnen ze meerdere jaren blijven bestaan. Dit komt door een combinatie van beschutting tegen wegspoelen en tussentijdse nieuwe *zaadval* in dezelfde bank^{6,48}.

In de Nederlandse Waddenzee ligt jaarlijks tussen de 1500 en 3900 hectare aan droogvallende mosselbanken^{13,14} in het *sublitoraal* tussen de 600 en 2800 hectare^{45,52}. Tussen jaren kan dit areaal sterk verschillen¹⁴. Dit komt aan de ene kant doordat in sommige jaren een massale *zaadval* optreedt. Aan de andere kant is de overlevingskans van een mosselbank laag^{42,49}. Op de droogvallende platen kunnen door stormen en golfwerking gedurende de winter veel mosselbanken verdwijnen^{49,50}. In het *sublitoraal* spelen stormen waarschijnlijk ook een rol, en verdwijnen daarnaast veel mosselbanken door zeesterren^{6,51,52}. Zeesterren kunnen massaal voorkomen op mosselbanken en deze helemaal opeten⁵³.

Ieder jaar zijn er veel mossellarven in het water te vinden. Maar het is niet zo dat ieder jaar een succesvolle *zaadval* kent. Daarvoor moeten meerdere omstandigheden gunstig zijn, zoals voldoende voedsel, een gunstige temperatuur en weinig roofdieren⁶. Vervolgens is de kans dat een nieuwe zaadbank de eerste winter overleeft, klein. Van de droogvallende banken verdwijnt al tijdens de eerste winter gemiddeld 40%⁶. Hiervan overleeft uiteindelijk ongeveer 15% tot een leeftijd van 5 jaar. Daarna worden de kansen op overleving groter⁴². Banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 3 tot 4 jaar⁴². Ter vergelijking: de overlevingskansen van mosselbanken in het *sublitoraal* zijn kleiner. Van de *sublitorale* banken overleeft ongeveer 27% de eerste winter. Er zijn daarbij geen verschillen tussen beviste en onbeviste banken⁴⁴. *Sublitorale* banken die de

Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2022.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 2 tot 3 jaar. Ook in het *sublitoraal* neemt de overlevingskans toe na de eerste vijf jaar⁵². In het *sublitoraal* is de overleving van mosselbanken hoger in gebieden met een laag zoutgehalte, waarschijnlijk omdat daar minder zeesterren voorkomen^{31,52}.

In de Waddenzee komen sinds 2002 ook Japanse oesters voor in de mosselbanken. Tegenwoordig bestaat tussen de 33% en 69% van de *litorale* banken uit pure mosselbanken. De rest zijn gemengde banken waarin ook Japanse oesters voorkomen¹⁴. Japanse oesters hebben een stabiliserende werking en vergroten de overlevingskansen van een *litorale* mosselbank⁴². Dit kan ten koste gaan van de beschikbaarheid van mosselen als voedselbron voor vogels zoals de scholekster^{55,56}.

In de Oosterschelde worden al decennia lang geen wilde mosselbanken aangetroffen, maar komen mosselen wel voor in Japanse oesterbanken¹⁴.



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht





Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

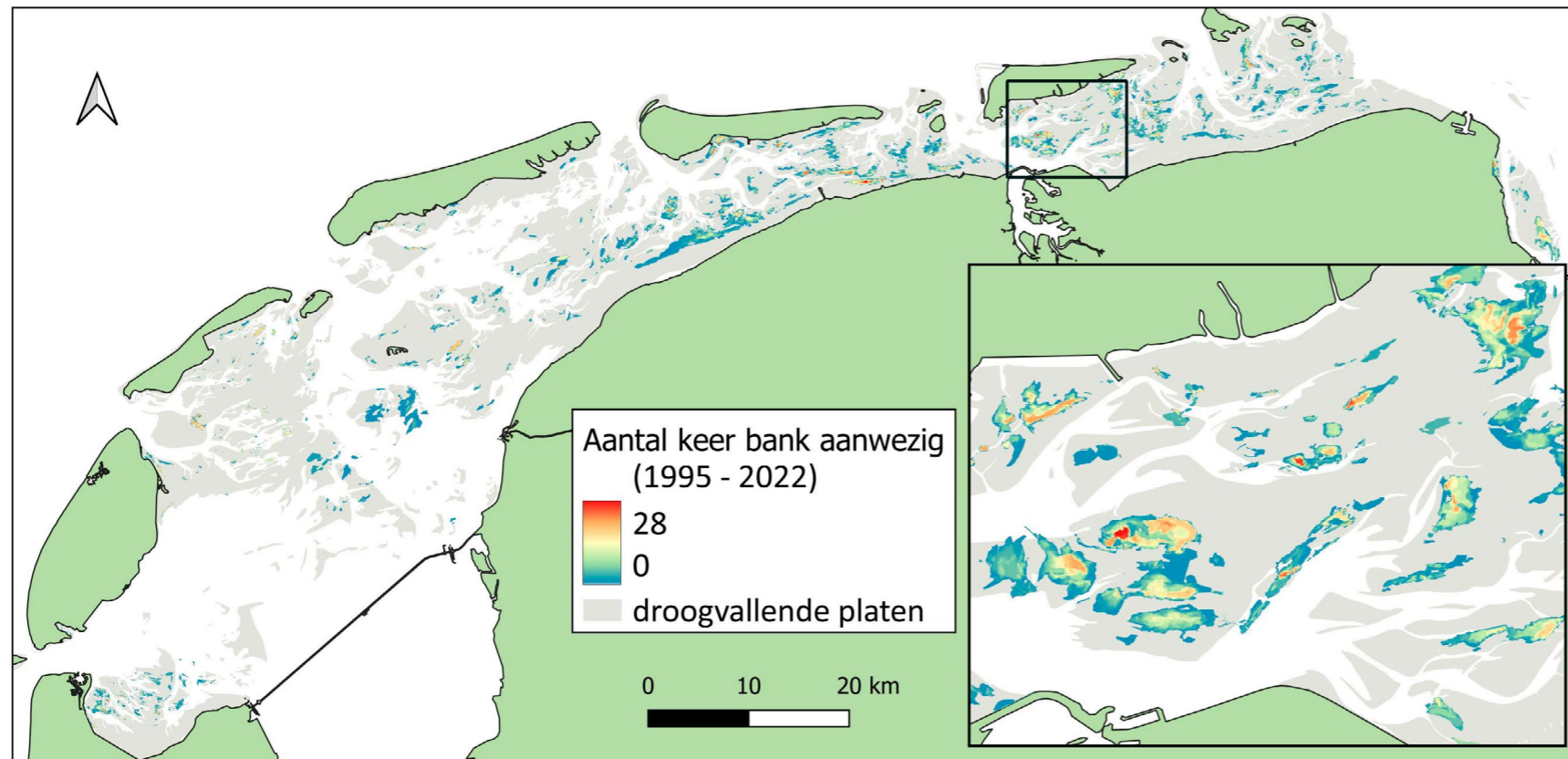
Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2022.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

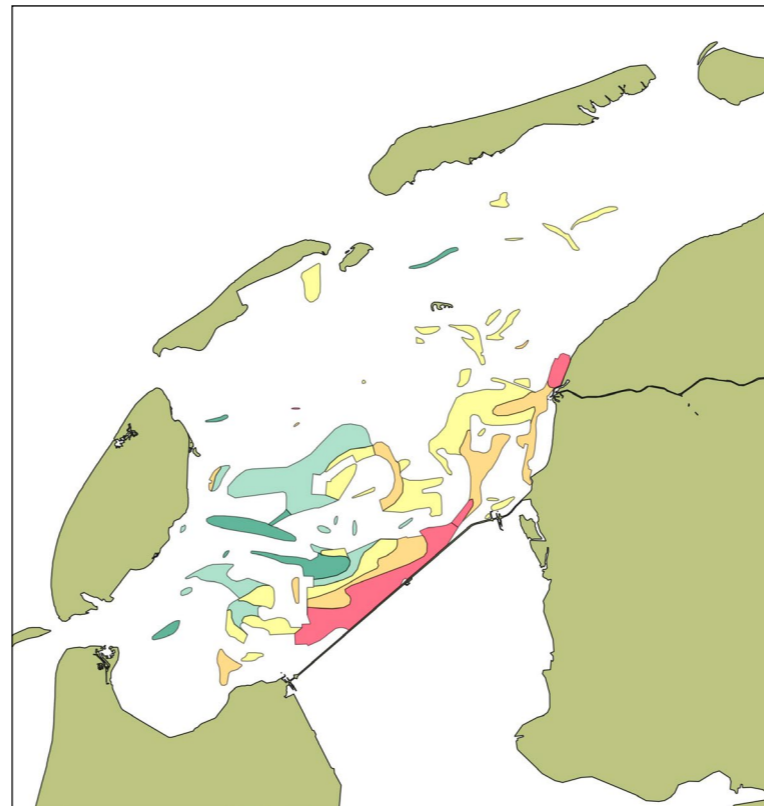


Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar en in het najaar¹³. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart)⁵⁴. In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevist mag worden.

Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevist mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart droogvallende mosselbanken op basis van ervaring en expert judgement⁵⁴.

Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Wilde mosselbanken

Beheer

Rol mosselbanken

Beheermaatregelen

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Biodiversiteit

Draagkracht



Waarom zijn wilde mosselbanken belangrijk?

Wilde mosselbanken spelen een belangrijke rol in het ecosysteem. Ze vormen structuren en leefruimte voor andere soorten, die op en tussen de mosselen leven³²⁻³⁴. Denk bijvoorbeeld aan andere schelpdieren, krabbetjes, zee-sterren, sponzen, anemonen, pokken en wormen. Dit worden ook wel *geassocieerde soorten* genoemd. Ook leveren wilde

mosselbanken voedsel voor schelpdieretende vogels en vogels die leven van organismen die in de mosselbanken voorkomen³⁵⁻³⁷. Mosselbanken zijn dus van groot belang voor de *biodiversiteit*, en vormen een belangrijke schakel in het voedselweb^{6,38}. Mosselen op kweekpercelen vervullen grotendeels dezelfde rol als mosselen op wilde banken³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht



Hoe ontwikkelt het areaal droogvallende wilde mosselbanken zich?

Mosselbanken ontstaan door de jaren heen vaak op dezelfde plekken^{46,47}. Vooral op de meer beschutte locaties kunnen ze meerdere jaren blijven bestaan. Dit komt door een combinatie van beschutting tegen wegspoelen en tussentijdse nieuwe *zaadval* in dezelfde bank^{6,48}.

In de Nederlandse Waddenzee ligt jaarlijks tussen de 1500 en 3900 hectare aan droogvallende mosselbanken^{13,14} in het *sublitoraal* tussen de 600 en 2800 hectare^{45,52}. Tussen jaren kan dit areaal sterk verschillen¹⁴. Dit komt aan de ene kant doordat in sommige jaren een massale *zaadval* optreedt. Aan de andere kant is de overlevingskans van een mosselbank laag^{42,49}. Op de droogvallende platen kunnen door stormen en golfwerking gedurende de winter veel mosselbanken verdwijnen^{49,50}. In het *sublitoraal* spelen stormen waarschijnlijk ook een rol, en verdwijnen daarnaast veel mosselbanken door zeesterren^{6,51,52}. Zeesterren kunnen massaal voorkomen op mosselbanken en deze helemaal opeten⁵³.

Ieder jaar zijn er veel mossellarven in het water te vinden. Maar het is niet zo dat ieder jaar een succesvolle *zaadval* kent. Daarvoor moeten meerdere omstandigheden gunstig zijn, zoals voldoende voedsel, een gunstige temperatuur en weinig roofdieren⁶. Vervolgens is de kans dat een nieuwe zaadbank de eerste winter overleeft, klein. Van de droogvallende banken verdwijnt al tijdens de eerste winter gemiddeld 40%⁶. Hiervan overleeft uiteindelijk ongeveer 15% tot een leeftijd van 5 jaar. Daarna worden de kansen op overleving groter⁴². Banken die de eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 3 tot 4 jaar⁴². Ter vergelijking: de overlevingskansen van mosselbanken in het *sublitoraal* zijn kleiner. Van de *sublitorale* banken overleeft ongeveer 27% de eerste winter. Er zijn daarbij geen verschillen tussen beviste en onbeviste banken⁴⁴. *Sublitorale* banken die de

Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2022.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

eerste winter hebben overleefd, leven daarna nog gemiddeld 2 tot 3 jaar. Ook in het *sublitoraal* neemt de overlevingskans toe na de eerste vijf jaar⁵². In het *sublitoraal* is de overleving van mosselbanken hoger in gebieden met een laag zoutgehalte, waarschijnlijk omdat daar minder zeesterren voorkomen^{31,52}.

In de Waddenzee komen sinds 2002 ook Japanse oesters voor in de mosselbanken. Tegenwoordig bestaat tussen de 33% en 69% van de *litorale* banken uit pure mosselbanken. De rest zijn gemengde banken waarin ook Japanse oesters voorkomen¹⁴. Japanse oesters hebben een stabiliserende werking en vergroten de overlevingskansen van een *litorale* mosselbank⁴². Dit kan ten koste gaan van de beschikbaarheid van mosselen als voedselbron voor vogels zoals de scholekster^{55,56}.

In de Oosterschelde worden al decennia lang geen wilde mosselbanken aangetroffen, maar komen mosselen wel voor in Japanse oesterbanken¹⁴.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

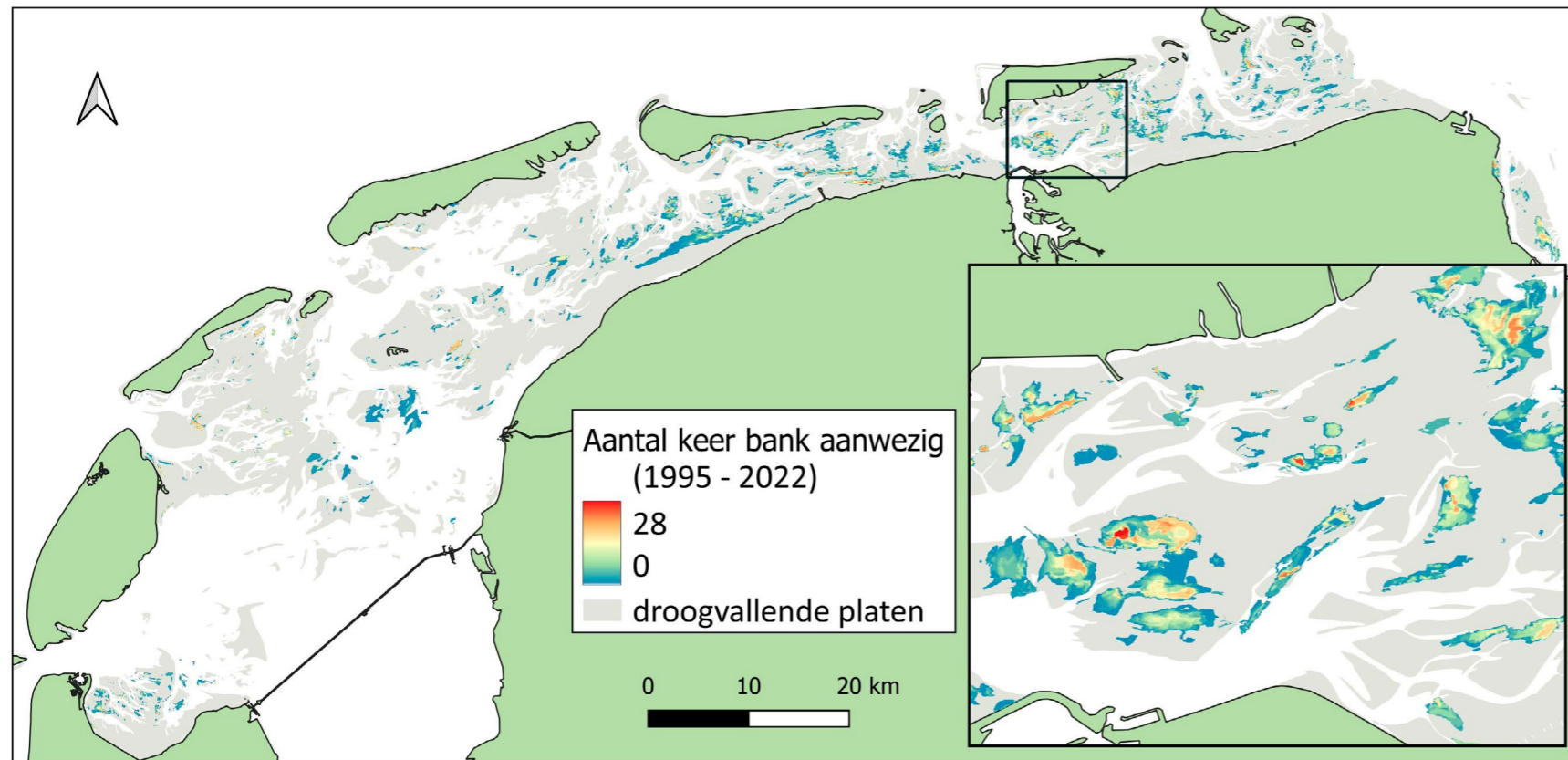
Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht





Areaal *litorale* mosselbanken Waddenzee 1995-2022.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht

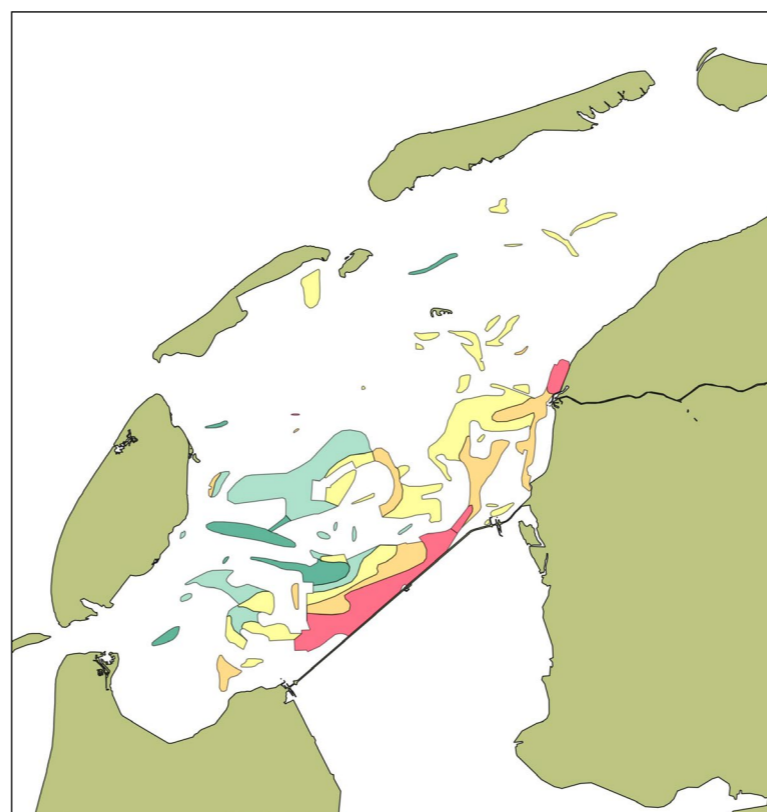


Hoe ontwikkelt het areaal aan *sublitorale* mosselbanken zich?

Sinds 1992 worden mosselen in het *sublitoraal* van de westelijke Waddenzee jaarlijks tweemaal geïnventariseerd, in het voorjaar en in het najaar¹³. Met deze gegevens worden ieder jaar verspreidingskaarten gemaakt. Uit een vergelijking van de jaarlijkse verspreidingskaarten blijkt in welke gebieden vaak mosselzaad valt, en in welke gebieden dit mosselzaad vaak wel, of juist niet, overleeft. Deze informatie is verwerkt in de zogeheten "ervaringskaart" (stabiliteitskaart)⁵⁴. In deze kaart is ook veldexpertise van vissers, visserijkundig ambtenaren en onderzoekers verwerkt. De kaart laat zien in welke gebieden de kans dat mosselzaad de eerste winter overleeft, als hoog of juist laag wordt ingeschat. De kaart wordt gebruikt als basis voor de mosselzaadvisserij in het najaar, wanneer op instabiele banken gevist mag worden.

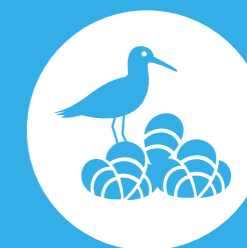
Omdat *sublitorale* mosselbanken nooit droog komen te liggen, is kartering van de precieze contouren veel moeilijker dan in het litoraal. De contouren worden ingeschat op basis van de vangsten per monsterpunt. In de voorjaarsinventarisatie wordt deze kartering sinds 2014 structureel jaarlijks uitgevoerd. Het doel is om de ontwikkeling van arealen in de voor mosselvisserij (en garnalenvisserij) gesloten gebieden te kunnen vergelijken met de gebieden waar nog steeds gevist mag worden⁴⁵.

Omdat de gesloten gebieden juist op plekken zijn gekozen waar zich in het verleden vaker meerjarige mosselbanken bevonden, is het areaal in de gesloten gebieden relatief stabiel. In de open gebieden worden na omvangrijke broedvallen grote arealen aan zaadbanken aangetroffen (zoals in 2017 en 2019). Hiervan verdwijnt echter een groot deel vaak ook al snel weer⁴⁵. Het areaal *sublitorale* banken laat daarvoor in de open gebieden een veel grilliger verloop zien.



Stabiliteitskaart droogvallende mosselbanken op basis van ervaring en expert judgement⁵⁴.

Groen = klasse 1 = relatief instabiel; Lichtgroen = klasse 2; Geel = klasse 3; Oranje = klasse 4; Rood = klasse 5 = relatief stabiel.⁷⁷



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Zijn er verschillen in de bodemdierengemeenschap op wilde mosselbanken en op de kweekpercelen?

De mosselen op de kweekpercelen spelen grotendeels dezelfde rol als op wilde mosselbanken; ze dragen bij aan een hoge *biodiversiteit*, verbeteren de waterkwaliteit, en bepalen gezamenlijk de *draagkracht* voor schelpdieren van het ecosysteem.

De *biodiversiteit* op mosselkweekpercelen verschilt niet wezenlijk van die op *sublitorale* mosselbanken. Beide hebben een relatieve hoge *biodiversiteit*. Op de wilde mosselbanken in het *sublitoraal* zijn in een grootschalige studie gemiddeld 84 verschillende soorten aangetroffen; op de percelen gemiddeld 102³². Er zijn twee verklaringen voor het verschil in aantallen soorten. Ten eerste komen wilde banken over het algemeen bij lagere zoutgehaltes voor, terwijl de kweekpercelen vooral in gebieden met relatief hoge zoutgehaltes liggen. Het onderzoek laat zien dat de *biodiversiteit* groter is bij hogere zoutgehaltes. Wanneer wilde banken en kweek-

percelen worden vergeleken die wél vlak bij elkaar liggen, dan blijkt juist het aantal soorten in de wilde banken iets hoger te zijn. Ten tweede houden de mosselkwekers de percelen zo veel mogelijk schoon van zeesterren, die mosselen en *geassocieerde soorten* opeten³².

Op de kweekpercelen bestaat een duidelijk verband tussen de mosselen en de *biodiversiteit*; hoe meer mosselen, hoe meer andere soorten^{43,57}. Op de kweekpercelen zijn weliswaar meer verschillende soorten aanwezig, maar op de wilde banken komen deze *geassocieerde soorten* juist vaker voor. Het gaat dan vooral over soorten die voorkomen op zacht substraat zoals zanderige bodems (bijvoorbeeld de groene zeeduizendpoot, de strandgaper en het wadslakje). Soorten die juist meer voorkomen op de kweekpercelen zijn o.a. de Amerikaanse zwaardschede, de zeester en mosdiertjes³².



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

**Samenstelling
bodemdieren**

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht



Welke effecten heeft mosselzaadvissersrij op de bodemdierengemeenschap?

De mosselzaadvissersrij kan gevolgen hebben voor de biodiversiteit van de Waddenzee, bijvoorbeeld door het wegvissen van een (deel) van de wilde zaadbanken. Tussen 2006 en 2012 zijn beviste delen van een *sublitorale* mosselbank vergeleken met onbeviste delen (referentiegebieden). Dit onderzoek laat zien dat er vlak na bevissing een negatief effect van de visserij op de *sublitorale* mosselbanken is. De zaadbanken zijn niet verdwenen, maar direct na de visserij is er wel een lagere dichtheid aan mosselen^{43,57} en aan geassocieerde soorten^{40,41,44}. Dat resultaat is geheel volgens verwachting; er is immers gevist.

De mindere hoeveelheid strandkrabben en zeesterren direct na bevissing is te verklaren omdat met het opvissen van het mosselzaad, een belangrijke voedselbron voor deze soorten verdwenen is. Daarnaast worden de krabben en zeesterren opgevisst. Het gaat voor deze soorten dus om zowel een indirect als een direct effect van de zaadvissersrij. In het geval van anemonen kan de afgenomen dichtheid als een direct effect worden toegeschreven aan de zaadvissersrij; zij worden opgevisst⁴¹.

Na 1,5 jaar kunnen er geen verschillen meer worden aangetoond tussen de beviste delen binnen een mosselbank en de onbeviste controlegebieden. Het is aannemelijk dat dit komt omdat na de visserij nog steeds voldoende mosselen overblijven om structuur te bieden voor de hernieuwde ontwikkeling van de zaadbanken^{43,57}. Het onderzoek laat ook zien dat de variatie in biomassa en voorkomen van geassocieerde soorten, zoals anemonen, in een mosselbank sterk varieert in tijd en onafhankelijk is van menselijke activiteiten. De natuurlijke dynamiek van de Waddenzee speelt hier een grote rol^{40,44}.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Wat zijn de effecten van de sluiting van *sublitorale* gebieden voor visserij op de bodemdierengemeenschap?

In de westelijke Waddenzee is sinds 2014 een aantal gebieden gesloten voor de mosselzaad- en de garnalenvisserij. Het doel is om natuurontwikkeling te bevorderen. De ontwikkeling van het areaal sublitoraal mosselbanken en van het bodemleven in de open en de gesloten gebieden wordt daarom jaarlijks gevolgd en vergeleken⁴⁵. Over de eerste zeven jaar van het onderzoek (2015-2021) zijn geen verschillen in ontwikkeling gezien die zouden kunnen wijzen op een veranderde bodemdierengemeenschap door de gebiedssluiting voor mosselzaadvissers^{45,48}. Er zijn wel verschillen gevonden, maar daarvoor zijn de volgende oorzaken waarschijnlijker. Ten eerste is de variatie tussen jaren zeer groot, vooral door broedval van schelpdieren. Dit broed, van bijvoorbeeld mossel, kokkel of Amerikaanse zwaardschede, kan zeer plaatselijk hele hoge dichtheden bereiken. Daardoor ontstaan verschillen, maar het is niet zo dat het broed consequent meer in gesloten of juist open gebied voorkomt. Ten tweede zijn juist gebieden gesloten waar in het verleden vaak meerjarige mosselbanken werden gevonden⁴⁵. De gesloten en open gebieden waren dus al bij aanvang van het onderzoek verschillend.

De termijn waarop effecten van gebiedssluitingen voor (schelpdier)visserij op bodemdieren optreden, en welke effecten dit zijn, is onderzocht in een literatuurstudie⁴⁸. Directe effecten van visserij, zoals het onttrekken van mosselen en daarmee geassocieerde soorten, zijn alleen op de korte termijn aangetoond^{40,41,43,44,57}. De verschillende studies vonden geen bewijs voor lange termijn effecten op bodemdierengemeenschappen. Dat wil niet zeggen dat deze effecten er niet zijn, maar vaak is de onderzoeksopzet beperkt en worden er bijvoorbeeld geen referentiegebieden meegenomen. Ook kan het zijn dat de (grote) natuurlijke dynamiek een grotere rol speelt in het voorkomen van de bodemdierengemeenschap dan de effecten van de visserij.

Gebiedssluiting voor mosselzaadvissers.
Brongegevens: Wageningen Marine Research.

De opzet van het onderzoek naar de effecten van mosselzaadvissers op de ontwikkeling van de bodemdierengemeenschap^{40,41,44,57} zat goed in elkaar. Visserijeffecten die langer dan 1,5 jaar aanhouden, konden echter niet aangetoond worden omdat de natuurlijke dynamiek veel bepalender bleek.

Er zijn verschillende mogelijke verklaringen voor het uitblijven van een toename in het areaal aan meerjarige mosselbanken in de gesloten gebieden, zeven jaar na sluiting:

- 5 de visserij heeft geen wezenlijk effect op de ontwikkeling en overleving van meerjarige banken;
- 6 het effect van de visserij valt in het niet bij de natuurlijke dynamiek;
- 7 de huidige monitoring is onvoldoende om effecten statistisch aan te kunnen tonen;
- 8 de onderzoeksperiode is nog te kort om effecten aan te kunnen tonen.

Vanwege die laatste reden is het belangrijk dat dit onderzoek de komende jaren wordt voortgezet. Inmiddels loopt het onderzoek 10 jaar (2015-2024).



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

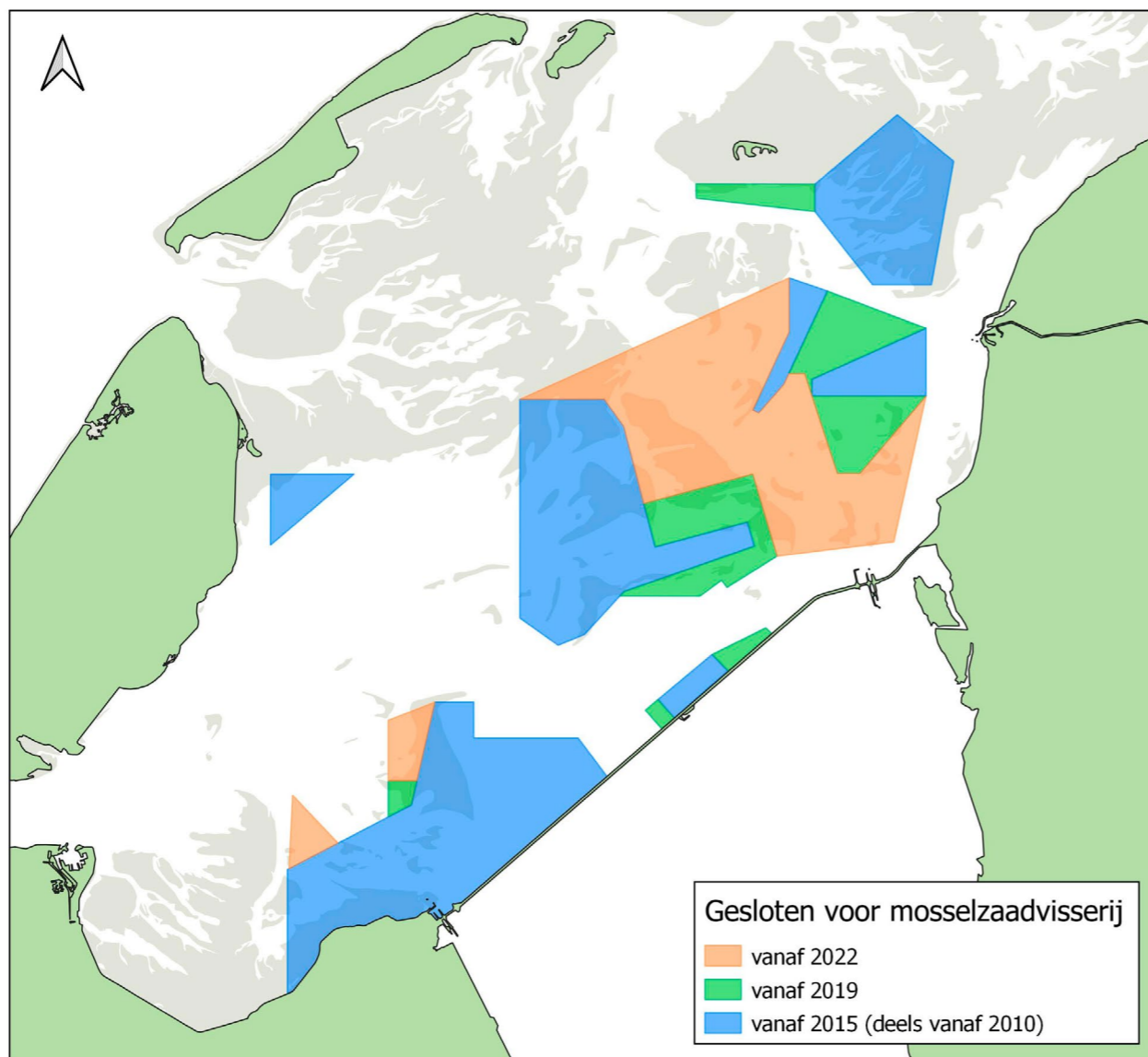
Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

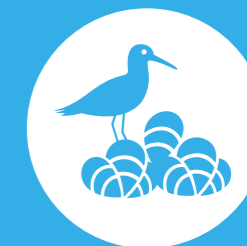
Vogels

Draagkracht





Gebiedssluiting voor mosselzaadvisserij. Brongegevens: Wageningen Marine Research



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling *sublitorale* banken

Samenstelling bodemdieren

Visserijeffecten bodemdieren

Gebiedssluiting *sublitoraal*

Vogels

Draagkracht



Hoe belangrijk zijn de mosselen op de kweekpercelen als voedselbron voor vogels?

De Waddenzee is van internationaal belang voor schelpdier-etende vogels⁵⁸. Mosselen in de *sublitorale* gebieden zijn voor enkele vogelsoorten belangrijk. Duikende eenden, zoals de eidereend en de topper, zijn in staat mosselen van de wilde banken en kweekpercelen in het *sublitoraal* te eten⁵⁹. Daarbij kan het zo zijn dat soorten die duiken naar vissen die zich tussen de mosselen ophouden, ook baat hebben bij mosselbanken en -percelen, al ontbreken goede telgegevens voor deze vogelsoorten⁶⁰.

Het dieet van eidereenden in de Waddenzee kan, bij voldoende aanbod, voor wel 90% uit mosselen bestaan. Ze vullen dit aan met krabben, kokkels en mesheften. Verspreidingsonderzoek laat zien dat overwinterende eidereenden een voorkeur hebben om op de kweekpercelen naar voedsel te zoeken³⁷. Eidereenden prefereren medium tot grote mosselen in hoge dichtheden. Deze komen in de Waddenzee vooral op de kweekpercelen voor. De kweekmosselen hebben bovendien een betere vlees/schelp verhouding dan 'wilde' mosselen in de getijdzone^{61,62}. Eidereenden hebben daarom voordeel bij de aanwezigheid van mosselpercelen^{29,37}. Wanneer er minder mosselen op de percelen zijn schakelen ze over naar alternatief voedsel³⁷. Ook in de loop van de winter komen de eidereenden weer vaker voor op de wilde mosselbanken. Er zijn twee mogelijke (gecombineerde) verklaringen. De eerste is dat in de winter de kwaliteit van de mosselen op de percelen afneemt en vergelijkbaar wordt met die op de wilde banken⁵⁹. De tweede verklaring is dat er in de loop van de winter steeds meer mosselen van de percelen worden geoogst³⁷.



De aantallen overwinterende toppers variëren sterk tussen de jaren. In het Waddengebied worden 's winters rond de 30.000 toppers geteld⁶³, vooral voor de Afsluitdijk waar de zoutgehaltes lager zijn⁵⁸. Op de locaties in de Waddenzee waar de toppers voorkomen, zijn nauwelijks kweekpercelen aanwezig⁵⁹. Uit verspreidingsonderzoek blijkt dat toppers meer voorkomen op locaties waar kleinere prooi-soorten aanwezig zijn, zoals jonge strandgapers³⁶. Mosselen hebben net als strandgapers een relatief hoge verhouding tussen vlees en schelp. Toch wordt er maar een gering verband gevonden tussen de verspreiding van mosselen en de topper. Waarschijnlijk komt dit omdat mosselen met hun byssusdraden trossen vormen. Het kost de topper dan meer tijd en energie om individuele mosselen te consumeren³⁶.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Rol mosselbanken

Areaal droogvallend

Ontwikkeling
sublitorale banken

Samenstelling
bodemdieren

Visserijeffecten
bodemdieren

Gebiedssluiting
sublitoraal

Vogels

Draagkracht

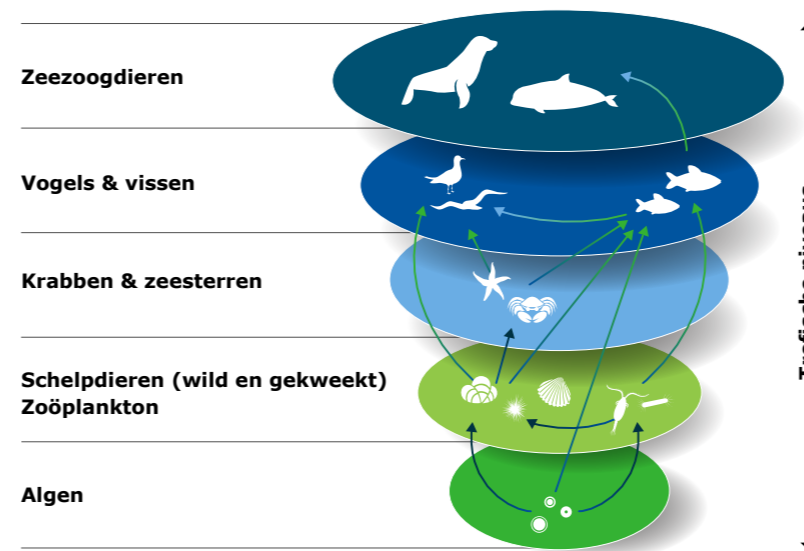


Welke invloed heeft mosselkweek op de draagkracht voor schelpdieren?

Schelpdieren voeden zich door *microalgen* uit het water te filteren. Wanneer er zoveel microalgen worden gegeten dat de groei (aanwas) van de algen wordt afgeremd (*overbegrazing*), is het schelpdierbestand te groot. De zogenaamde *draagkracht* van het ecosysteem voor schelpdieren wordt dan overschreden. De schelpdieren kunnen dan niet meer optimaal groeien. Dit kan negatief doorwerken naar soorten die afhankelijk zijn van schelpdieren, zoals vogels. Gekweekte schelpdierbestanden concurreren om voedsel met natuurlijk voorkomende schelpdieren. Een optimaal evenwicht tussen natuur en productie is daarom belangrijk.

Mosselkweek draagt substantieel bij aan de omvang van het totale schelpdierenbestand en kan daarom effect hebben op de *draagkracht*. In de Oosterschelde vormen kweekmosselen ongeveer 30% van het totale schelpdierenbestand. In de westelijke Waddenzee bestaat het totale mosselbestand voor ca. 10-15% uit MZI mosselen en voor ca. 50% uit mosselen op kweekpercelen. Hier zijn alle mosselen samen (wild + kweek) verantwoordelijk voor ca. een derde van de totale graasdruk van schelpdieren. Het aandeel van alleen de kweekmosselen wordt geschat op ongeveer 20%⁷¹.

Een eerdere studie over de Oosterschelde wees op mogelijke *overbegrazing* in de periode 1995-2009⁷². Tegenwoordig weten we dat het bestand van Japanse oesters in die studie te hoog is ingeschat. Ook is sindsdien het oesterbestand verder afgenomen door de oesterboorder en het herpesvirus. In een vervolgstudie voor de periode 1990-2016 werden geen aanwijzingen meer gevonden voor een te hoge *graasdruk* en een overschrijding van de *draagkracht*⁷¹. Ook voor de westelijke Waddenzee werden geen aanwijzingen voor overschrijding van de draagkracht gevonden⁷¹. Deze bevinding komt overeen met een studie op Balgzand in de Waddenzee voor dezelfde periode⁷³.



Het onderzoek naar de draagkracht is recent geactualiseerd⁷⁸. Ook over de periode 1990-2021 wordt geconcludeerd dat de *draagkracht* van de Oosterschelde en Waddenzee voor schelpdieren niet onder druk staat^{71,78}. De grootste verschillen in *graasdruk* van jaar tot jaar worden veroorzaakt door natuurlijke fluctuaties in de wilde schelpdierbestanden.

Ondanks de licht gestegen *graasdruk* in de westelijke Waddenzee zijn er geen tekenen dat het beschikbare voedsel (*micro-algen*) tekort schiet. Dit is bijvoorbeeld af te leiden uit de conditie van mosselen afkomstig van de percelen. Zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee is die conditie stabiel gebleven. Tegelijkertijd lijkt de hoeveelheid beschikbaar voedsel niet wezenlijk te zijn veranderd. Kortom, er zijn geen tekenen dat het beschikbare voedsel wordt overbegraasd.



Wilde mosselbanken

Beheer

Biodiversiteit

Draagkracht

**Draagkracht
ecosysteem**



Welke kennisvragen worden nog niet onderzocht?

Draagkracht:

- Productie van micro-algen en langjarig gestandaardiseerde metingen voor de mosselkwaliteit (vleesgewicht) in de Waddenzee en Oosterschelde zijn essentieel voor het volgen van de ontwikkelingen van de *draagkracht* voor schelpdieren. In de Oosterschelde hebben de productiemetingen van micro-algen in de periode 2011-2019 stilgelegen. Vanaf 2020 voert Rijkswaterstaat deze metingen uit. De metingen van de mosselkwaliteit (vleesgewicht) zijn gestart in 2017. Het is belangrijk dat dit structureel blijft gebeuren. Het is belangrijk de ontwikkelingen rond de *draagkracht*, met name in het Marsdiep, de komende jaren te blijven volgen. Hiervoor zijn de *draagkracht* indices van de Aquaculture Stewardship Council een bruikbare referentie.
- De huidige kennis over *draagkracht* voor schelpdieren heeft betrekking op het hele waterbekken. Hierbinnen kunnen verschillen optreden. Beter inzicht in lokale processen kan helpen in het beheer van deze wateren.
- De strandgaper kan een groot aandeel hebben in de *graasdruk* door schelpdieren in de Waddenzee. De snelheid waarmee strandgapers hier voedsel uit het water filteren, is echter niet bekend. Deze wordt geschat. Het bepalen van de filtersnelheid voor deze soort zou een belangrijke bijdrage leveren aan het verminderen van onzekerheden in de *draagkracht*beoordelingen voor schelpdieren.

MZI's:

- In systemen met weinig natuurlijke dynamiek kunnen schelpdierkweekinstallaties in de waterkolom leiden tot lokale voedseltekorten voor schelpdieren (*schaduwwerking*). Kwekers kunnen dit (deels) voorkomen door rekening te houden met de inrichting van de systemen. Een beter inzicht in de factoren die bijdragen aan mogelijke lokale *draagkrachteffecten* in en rond *MZI's*, is wenselijk.

- Volgens mosselkwekers kunnen ook mosselkweekpercelen mogelijk *schaduwwerking* van *MZI's* ondervinden. Dit is echter onvoldoende onderzocht, terwijl dit wel onderdeel is van beleidsdiscussies.
- Het is mogelijk dat *MZI's* lokaal, gedurende de periode dat de *MZI's* in het water liggen, tot een vergroting van de *biodiversiteit* leiden. Er is echter geen systematisch onderzoek gedaan naar de effecten van *MZI's* en het beheer hiervan op de *biodiversiteit* en de doorwerking naar het ecosysteem.
- Het is niet bekend of de grote toename in *MZI's* leidt tot een genetische verandering in de mosselpopulatie. *MZI*-zaad heeft bijvoorbeeld een hogere overleving dan bodemzaad, waardoor ook de kneusjes blijven leven.

Kweekpercelen:

- Er zijn geen wezenlijke verschillen tussen de *biodiversiteit* op wilde mosselbanken en op kweekpercelen. De aanname is echter wel dat de soortensamenstelling op percelen wordt beïnvloed door kweekactiviteiten, doordat een minder complexe mosselmatrix gevormd kan worden. Vergelijkend onderzoek naar de effecten (aard en omvang) van opvissen, verzaaien, dweilen en oogsten op de *geassocieerde soorten* van mosselkweekpercelen, in vergelijking met mosselbanken van dezelfde leeftijd, kan inzicht geven in deze aanname. De kwaliteit van kweekpercelen (bijvoorbeeld uitgedrukt als theoretische productiewaarde) is van grote invloed op de kweekcapaciteit en is zeer variabel over de tijd. Meer inzicht hierin is wenselijk voor het duiden van productiepotentie en -efficiëntie.



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon

Literatuurlijst

1. Alleway, H. K. *et al.* The ecosystem services of marine aquaculture: Valuing benefits to people and nature. *Bioscience* **69**, 59–68 (2019).
2. Smaal, A. C., Ferreira, J. G., Grant, J., Petersen, J. K. & Strand, Ø. *Goods and services of marine bivalves*. doi:10.1007/978-3-319-96776-9. (2019).
3. Marine Stewardship Council. Nederlandse mosselen: duurzame landbouw op zee. <http://nederlandse-mosselen-verhaal.msc.org/> (2017).
4. MSC. *Marine Stewardship Council fisheries standard, version 2.01 (31 August 2018)*. (2018).
5. Waddensleutels. *Waddensleutels: Mosselbanken, fundament van het voedselweb (glossy)*. <http://docplayer.nl/16970226-Wadden-sleutels-mosselbanken-fundament-van-het-voedselweb-experimenteel-waddenonderzoek-bouwen-van-biobouwers-nieuw-waddennatuurkaart.html> (2015).
6. Dankers, N. & Fey-Hofstede, F. *Een zee van mosselen. Handboek ecologie, bescherming, beleid en beheer van mosselbanken in de Waddenzee*. (Stichting Anemoon, 2015).
7. LNV. Beleidsbesluit Schelpdiervisserij 2005 – 2020: Ruimte voor een Zilte Oogst. 43 (2004).
8. Smaal, A. C., Van Stralen, M. R., Kersting, K. & Dankers, N. *De gevolgen van experimentele bevissing voor bedekking en omvang van litorale mosselzaadbanken: Een test van de Jan Louw hypothese en van mogelijkheden voor natuurbouw*. (2003).
9. van Stralen, M. R. *Passende Beoordeling van de mosselvisserij in het sublitoraal van de Westelijke waddenzee in de periode 2018-2020*. (2018).
10. Floor, J. R. *et al.* Knowledge uncertainties in environmental conflicts: How the mussel fishery controversy in the Dutch Wadden Sea became depoliticised. *Env. Polit.* **28**, 1236–1258 (2019).
11. Minister LNV *et al.* Convenant transitie mosselsector en natuurherstel Waddenzee. 4 (2008).
12. Minister LNV. *Mosselconvenant / MZI-beleid 2021-2026. Brief aan de Tweede Kamer, 7 december 2020*. <https://www.parlementairemonitor.nl/9353000/1/j9vvi5epm-j1ey0/vlelk7mmigz9> (2020).
13. WMR. Schelpdiermonitor (dataportal) – Wageningen Marine Research. <https://www.wur.nl/nl/artikel/Schelpdiermonitor.htm> (jaarlijks geactualiseerd).
14. Troost, K., *et al.* *Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2023*. doi: 10.18174/649954. (2024).
15. Ende, D. van den & Asch, M. van. *Inventarisatie van het wilde sublitorale mosselbestand van de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2024*. doi:10.18174/656363. (2024).
16. Ende, D. van den & van Stralen, M. *Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het najaar van 2023*. Wageningen Marine Research briefrapport 2328566. (2023).
17. Van Oostenbrugge, J. A. E., Steins, N. A., Mol, A., Smith, S. R. & Turenhout, M. N. W. *Mosseltransitie en natuurherstel*. doi:10.18174/446741. (2018).
18. Capelle, J.J. *Invang van mosselzaad in MZI's: Resultaten 2023*. doi:10.18174/653435. (2024).
19. Capelle, J. J. *Literatuuronderzoek naar effecten van de configuratie van MZI-systemen op de productie van mosselzaad*. doi: 10.18174/529714. (2018).
20. Wijsman, J. W. M. *Effecten MZI-locatie Neeltje Jans op nabij gelegen mosselpercelen*. <https://edepot.wur.nl/245793>. (2013).
21. Ministerie van Economische Zaken. *Beleid voor mosselzaadinvanginstallaties (MZI's) 2015-2018*. Bijlage behorend bij de brief van de staatssecretaris van Economische Zaken aan de Tweede Kamer, kenmerk DGA-DAD/14203982B (19 januari 2015). 28 (2015).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



22. Capelle, J. J., Wijsman, J. W. M., van Stralen, M. R., Herman, P. M. J. & Smaal, A. C. Effect of seeding density on biomass production in mussel bottom culture. *J. Sea Res.* **110**, 8–15 (2016).
23. Capelle, J. J. *Production efficiency of mussel bottom culture. PhD-dissertation.* doi:10.18174/404677. (2017).
24. Capelle, J. J., Leuchter, L., De Wit, M., Hartog, E. & Bouma, T. J. Creating a window of opportunity for establishing ecosystem engineers by adding substratum: a case study on mussels. *Ecosphere* **10**, 4 (2019).
25. Christensen, H. T. *et al.* Aggregation and attachment responses of blue mussels, *Mytilus edulis*—impact of substrate composition, time scale and source of mussel seed. *Aquaculture* **435**, 245–251 (2015).
26. Capelle, J. J. *et al.* *Onderzoek naar innovatie en rendementsverbetering mosselproductie: INNOPRO 2017-2019.* (2020).
27. T.P. Bult, van Stralen, M. R., Poelman, M., Steenbergen, J. & Baars, J. M. D. D. *Dynamisch bestandsbeheer van schelpdieren, een verkenning van mogelijkheden en ideeën uit de ODUS visie.* <https://edepot.wur.nl/148397>. (2004).
28. Mulder, I. *et al.* *Evaluatie nieuwe mosselpercelen: Technische rapportage T0 bemonstering vispopulaties 2020.* doi:10.18174/537190. (2020).
29. Bult, T. P., van Stralen, M. R., Brummelhuis, E. & Baars, J. M. D. D. *Mosselvisserij en – kweek in het sublitoraal van de Waddenzee.* <https://edepot.wur.nl/30464> (2004).
30. Wijsman, J. W. M., Schellekens, T., van Stralen, M. R., Capelle, J. J. & Smaal, A. C. *Rendement van mosselkweek in de westelijke Waddenzee.* <https://edepot.wur.nl/299541> (2014).
31. Capelle, J. J., van Stralen, M. R., Wijsman, J. W. M., Herman, P. M. J. & Smaal, A. C. Population dynamics of subtidal mussels (*Mytilus edulis*) and the impact of cultivation. *Aquac. Environ. Interact.* **9**, 155–168 (2017).
32. Drent, J. & Dekker, R. *How different are subtidal *Mytilus edulis* L. communities of natural mussel beds and mussel culture plots in the western Dutch Wadden Sea?* NIOZ-Report 2013-6 (2013).
33. Buschbaum, C. *et al.* Mytilid mussels: Global habitat engineers in coastal sediments. *Helgol. Mar. Res.* **63**, 47–58 (2009).
34. Dittmann, S. Mussel beds: Amensalism or amelioration for intertidal fauna? *Helgoländer Meeresuntersuchungen* **44**, 35–352 (1990).
35. Leopold, M. F., Kats, R, K. H. & Ens, B. J. Diet (preferences) of eiders (*Somateria mollissima*). *Wadden Sea Newsl.* 25–31 (2001).
36. Cervenc, A. & Alvarez Fernandez, S. Winter distribution of greater scaup (*Aythya marila*) in relation to available food resources. *J. Sea Res.* **73**, 41–48 (2012).
37. Cervenc, A. *et al.* Distribution of wintering common eider (*Somateria mollissima*) in the Dutch Wadden Sea in relation to available food stocks. *Mar. Biol.* **162**, 153–168 (2014).
38. Christianen, M. J. A. *et al.* Biodiversity and food web indicators of community recovery in intertidal shellfish reefs. *Biol. Conserv.* **213**, Part, 317–324 (2017).
39. Folmer, E. O. *et al.* Large-scale spatial dynamics of intertidal mussel (*Mytilus edulis* L.) bed coverage in the German and Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **17**, 550–566 (2014).
40. Craeymeersch, J. . *et al.* *Impact of mussel seed fishery on subtidal macrozoobenthos in the western Wadden Sea.* <https://edepot.wur.nl/292179> (2013).
41. Glorius, S. T., Rippen, A. D., van Stralen, M. R. & Jansen, J. M. *Effecten van mosselzaadvisserij op het bodemleven van de Waddenzee.* (2013).
42. Meer, J. van der, Dankers, N., Ens, B., van Stralen, M., Troost, K. & Waser, A. The birth, growth and death of intertidal soft-sediment bivalve beds: No need for large-scale restoration programs in the Dutch Wadden Sea. *Ecosystems* **22**, 1024–1034 (2019).
43. Smaal, A. C., Craeymeersch, J. . & van Stralen, M. R. The impact of mussel seed fishery on dynamics of wild subtidal mussel beds in the western Wadden Sea, The Netherlands. *Netherlands J. Sea Res.* **167** (2021).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



44. Craeymeersch, J. ., van Stralen, M. R., Meesters, E. & Smaal, A. C. Impact of mussel seed fishery on subtidal macrozoobenthos in the western Wadden Sea. *Netherlands J. Sea Res.* **192** (2023).
45. Craeymeersch, J. *et al.* *Ontwikkeling van bodemdieren in de voor mosselzaad – en garnalenvisserij gesloten gebieden in de westelijke Waddenzee.* doi: 0.18174/576017. (2022).
46. Troost, K., van Stralen, M. R., Van Zweeden, C. & Brinkman, A. G. *Ruimtelijke verspreiding van mosselen en Japanse oesters in de Waddenzee in de periode 1992-2013.* <https://edepot.wur.nl/345283>. (2013).
47. Troost, K., Drent, J., Folmer, E. & van Stralen, M. R. Ontwikkeling van schelpdierbestanden op de droogvallende platen van de Waddenzee. **113**, 83–88 (2012).
48. Troost, K., Van den Bogaart, L. & Jansen, H. *Effecten van gebiedssluiting voor schelpdiervisserij op ontwikkeling meerjarige mosselbanken en bodemdiergemeenschap.* doi: 10.18174/576017. (2019).
49. Nehls, G. & Thiel, M. Large-scale distribution patterns of the mussel (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea of Schleswig-Holstein: do storms structure the ecosystem? *Netherlands J. Sea Res.* **31**, 181–187 (1993).
50. Donker, J. J. A., van der Vegt, M. & Hoekstra, P. Erosion of an intertidal mussel bed by ice- and wave-action. *Cont. Shelf Res.* **106**, 60–69 (2015).
51. Agüera García, A. *The role of starfish (Asterias rubens L.) predation in blue mussel (Mytilus edulis L.) seedbed stability.* *PhD-dissertation.* (2015).
52. Troost, L., van der Meer, J. & van Stralen, M. The longevity of subtidal mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *J. Sea Res.* **181** (2022).
53. Agüera García, A. *et al.* Winter feeding activity of the common starfish (*Asterias rubens* L.): The role of temperature and shading. *J. Sea Res.* **72**, 106–112 (2012).
54. van Stralen, M. & Troost, K. Ervaringskaart relatieve stabiliteit van sublitorale mosselbanken in de Waddenzee - Update met gegevens tot en met 2021. MarinX rapport 2021.198. (2021).
55. Scheiffart, G., Ens, B. J. & Schmidt, A. What will happen to birds when Pacific Oysters take over the mussel beds in the Wadden Sea? *Wadden Sea Newsl.* **33**, 10–14 (2007).
56. Waser, A. M. *et al.* Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea. *Biol. Conserv.* **202**, 39–49 (2016).
57. Stralen, M. R. van *et al.* *Het mosselbestand op de PRO-DUS-vakken en de effecten van de visserij daarop.* <https://edepot.wur.nl/260485> (2013).
58. Van der Jeugd, H., Ens, B. J., Versluijs, M. & Schekkerman, H. *Geïntegreerde monitoring van vogels van de Nederlandse Waddenzee. Vogeltrekstation rapport 2014-01. Vogeltrekstation, Wageningen;CAPS-rapport 2014-01; Sovon-rapport 2014/18, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen.* https://www.sovon.nl/sites/default/files/doc/Rap_2014-18_Geïntegreerde_monitoring_Wadden.pdf (2014).
59. Jansen, H. M. *Het belang van sublitorale mosselen als voedselbron in de westelijke Waddenzee.* doi:10.18174/474613. (2019)
60. Schekkerman, H. *et al.* Overwinterende watervogels op het diepere water van de Waddenzee: Een ruwe aantalschatting. *Limosa* **88**, 136–144 (2015).
61. Kats, R. K. H. *Common Eiders Somateria mollissima in the Netherlands. The rise and fall of breeding and wintering populations in relation to the stocks of shellfish.* (2007).
62. Steenbergen, J., Breen, V. P. & Jol, J. *LNV bestek mosselen en eidereenden Deelproject 3 : een vergelijking van de kwaliteit van mosselen op percelen en in het wild.* <https://edepot.wur.nl/37357>. (2005).
63. Lilipaly, S. J., Arts, F. A., Sluijter, M. & Wolf, P. A. *Midwintertelling van zee-eenden in de Waddenzee en Nederlandse kustwateren in november 2017 en januari 2018.* Rijkswaterstaat, rapport BM 18.24, DPM Rapportnr. 2018-05. (2018).
64. Callier, M. D. *et al.* Attraction and repulsion of mobile wild organisms to finfish and shellfish aquaculture: a review. *Rev. Aquac.* **10**, 924–949 (2018).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



65. Wijsman, J. W. M., Engelberts, A. G. M. & Van den Brink, A. *Flora en fauna geassocieerd met mosselpopulaties in de Oosterschelde en Voordelta in 2009*. <https://edepot.wur.nl/142999> (2010).
66. Kamermans, P. & De Mesel, I. *Meerjarige effectmetingen aan MZI's in de westelijke Waddenzee en Oosterschelde, Deelproject 2: Depositie van organisch materiaal van MZI-mosselen op de bodem in Waddenzee en Oosterschelde 2009*. <https://edepot.wur.nl/146917>. (2010).
67. Kamermans, P., Smit, C., Wijsman, J. W. M. & Smaal, A. C. *Meerjarige effect- en productiemetingen aan MZI's in de Westelijke Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta: samenvattend eindrapport*. <https://edepot.wur.nl/312852> (2014).
68. Nizzoli, D., Welsh, D. T., Bartoli, M. & Viaroli, P. Impacts of mussel (*Mytilus galloprovincialis*) farming on oxygen consumption and nutrient recycling in a eutrophic coastal lagoon. *Hydrobiologia* **550**, 198 (2005).
69. Jansen, H. M., van den Bogaart, L., Hommersom, A. & Capelle, J. J. Spatio-temporal analysis of sediment plumes formed by mussel fisheries and aquaculture in the western Wadden Sea. *Aquac. Environ. Interact.* **15**, 145–159 (2023).
70. Van Duren, L. A. et al. *Verkenning Slibhuishouding Waddenzee: Een samenvatting van twee jaar modelleren en kennis verwerven*. (Deltares, 2015).
71. Jansen, H., Kamermans, P., Glorius, S. & Van Asch, M. *Draagkracht van de Oosterschelde en westelijke Waddenzee voor schelpdieren: Evaluatie van veranderingen in de voedselcondities en schelpdierbestanden in relatie tot de mosselweek in de periode 1990-2016*. doi:10.18174/504079. (2019)
72. Smaal, A. C., Schellekens, T., Van Stralen, M. R. & Kromkamp, J. C. Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? *Aquaculture* **10**, 28–34 (2013).
73. Beukema, J. J. & Dekker, R. The carrying capacity of a tidal flat area for suspension-feeding bivalves. *Mar. Ecology Prog. Ser.* **629**, 55–65 (2019).
74. Saurel, C., Petersen, J. K., Wiles, P. J. & Kaiser, M. J. Turbulent mixing limits mussel feeding: Direct estimates of feeding rate and vertical diffusivity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **485**, 105–121 (2013).
75. van Duren, L. A., Herman, P. M. J., Sandee, A. J. J. & Heip, C. H. R. Effects of mussel filtering activity on boundary layer structure. *Netherlands J. Sea Res.* 3–14 (2006).
76. Kamermans, P., Brummelhuis, E. & Van Gool, A. C. M. *MZI-mosselgewicht als indicator van voedselomstandigheden*. <https://edepot.wur.nl/301438> (2014).
77. Smaal, A.C., Brinkman, A.G., Schellekens, T., Jansen, J., Aguëra García, A. & van Stralen, M.R. *Ontwikkeling en stabiliteit van sublitorale mosselbanken, samenvattend eindrapport*. <https://edepot.wur.nl/300655> (2014).
78. Craeymeersch, J. A. et al. *De draagkracht van de Oosterschelde en westelijke Waddenzee voor schelpdieren*. doi:10.18174/652537. (2024).
79. Capelle J.J. & Cheng, Ch. Cumulatieve impact van mosselzaadinvang (MZI) op de bodem onder MZI-locaties in de Waddenzee: een verkennende studie. doi: 10.18174/632665. (2023).
80. Troost, K., van den Ende, D., van Asch, M. & van Stralen, M. *Ontwikkeling en verspreiding van schelpdieren en andere bodemdieren in het sublitoraal van de westelijke Waddenzee in de periode 1992-2017*. <https://edepot.wur.nl/511713>. (2019).



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon



Colofon

Redactie

Nathalie Steins, Henrice Jansen, Karin Troost, Jacob Capelle & Jildou Schotanus
Versie 11 december 2024

Foto's

Jannes Aalders (Waarneming.nl) (p31, p48), Lotte Bouwman (p30), Jacob Capelle (p12, p17, p18, p19, p27, p29, p35, p45), Yoeri van Es (p1, p10, p36, p41), Lando Nieuwenhuize (p22), Rob Oosterling (p26), Karin Troost (p6, p21, p37).

Illustraties

Wageningen University & Research, Communication Services (p8, p13, p24, p33, p46, p49)

Vormgeving

Wageningen University & Research, Communication Services

Met dank aan

Lisanne van den Bogaard, Lotte Bouwman, Mardik Leopold en Jeroen Wijsman (Wageningen Marine Research), Marnix van Stralen (Bureau MarinX), Aad Smaal (Wageningen University & Research), Cora Seip (Navis Advies BV).

© Wageningen Marine Research, 2024

Deze publicatie werd in 2021 gefinancierd uit het project Schelpdieren, duurzaam en gezond (BO-65-004-001) met financiële steun vanuit de kennis- en innovatieagenda landbouw, water, voedsel van het ministerie van LNVN.

De actualisatie in 2024 is gefinancierd uit het programma Kennis en Onderzoek Mossel Productie (KOMPRO) van de Producentenorganisatie van de Nederlandse Mosselcultuur.

DOI: : 10.18174/680457

<https://doi.org/10.18174/680457>



©2021 Wageningen Marine Research. Dit werk is gelicentieerd onder de Creative Commons CC-BY-NC licentie. Zie voor de licentievoorwaarden: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.nl>



Algemeen

Leeswijzer

Samenvatting

Woordenlijst

Inleiding

Kennislacunes

Literatuurlijst

Colofon
