



Draagkracht van de Oosterschelde en westelijke Waddenzee voor schelpdieren

Auteur(s): Johan A. Craeymeersch, Jildou Schotanus, Margriet van Asch,
Jacob Capelle, Karin Troost, Henrice M. Jansen

Wageningen University &
Research rapport C013/24

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 1990-2021

Auteur(s): Johan A. Craeymeersch, Jildou Schotanus, Margriet van Asch, Jacob Capelle, Karin Troost, Henrice M. Jansen

Wageningen Marine Research
Yerseke, April 2024

Johan Craeymeersch, Jildou Schotanus, Margriet van Asch, Jacob Capelle, Karin Troost en Henrice Jansen, 2024. "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 1990-2021". Wageningen Marine Research Wageningen UR (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapport C013/24. 26 blz.

Keywords: draagkracht, natuurwaarden, mosselteelt, Waddenzee, Marsdiep, Vliestroom, Oosterschelde.

Opdrachtgever: PO Mosselcultuur
T.a.v.: Addy Risseeuw
Postbus 116
4400 AC Yerseke

Dit rapport is gratis te downloaden van I: <https://doi.org/10.18174/652537>
Wageningen Marine Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

Wageningen Marine Research Wageningen UR is ISO 9001:2008 gecertificeerd.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, instituut
binnen de rechtspersoon Stichting
Wageningen Research, hierbij
vertegenwoordigd door
Drs.ir. M.T. van Manen, directeur
bedrijfsvoering

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

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

Inhoud

<i>Samenvatting</i>	4
<i>1 Inleiding</i>	6
1.1 Aanleiding	6
1.2 Wat is draagkracht?	6
1.3 Monitoring van draagkracht in relatie tot mosselkweek	6
1.4 Doelstelling	7
<i>2 Methoden</i>	8
2.1 Onderzoeksgebied	8
2.2 Ontwikkeling in schelpdierbestanden	8
2.3 Ontwikkeling in graasdruk van schelpdieren	10
2.4 Ontwikkelingen in mosselvleesgehalte	10
2.5 Ontwikkelingen in voedselcondities	11
<i>3 Resultaten</i>	12
3.1 Ontwikkeling in schelpdierbestanden en graasdruk	12
3.2 Ontwikkelingen in graasdruk van schelpdieren	15
3.3 Ontwikkelingen in mosselvleesgehaltes	16
3.4 Ontwikkeling in voedselcondities	16
<i>4 Synthese: evaluatie draagkracht</i>	18
4.1 Conclusies	18
4.2 Discussie	18
4.2.1 Schelpdierbestanden	18
4.2.2 Mosselvleesgehaltes	19
4.2.3 Cholorofyl-a en zwevende stof	19
4.3 Aanbevelingen	20
<i>5 Kwaliteitsborging</i>	22
<i>Literatuur</i>	23

Samenvatting

Binnen Wageningen Marine Research (WMR) in Yerseke is er een grootschalig onderzoeksprogramma gaande, genaamd KOMPRO (Kennis en Onderzoek voor de Mossel Productie). Dit onderzoeksprogramma richt zich o.a. op het bestuderen en berekenen van de draagkracht van schelpdieren die zich in de Waddenzee (Marsdiep en Vliestroom) en Oosterschelde bevinden. In dit rapport wordt met de (ecologische) draagkracht bedoeld: de maximale cumulatieve hoeveelheid aan schelpdieren in het wild en op de kweekpercelen die in deze gebieden voor kan komen, zonder dat het een negatief effect heeft op hun voedselbron. In 2019 is er een rapport verschenen (Jansen et al. 2019) waarin voor de jaren 1992 – 2016 onderzocht is of schelpdieren in de Westelijke Waddenzee en Oosterschelde de hoeveelheid algen overbegraasden. Het rapport concludeerde dat overbegrazing niet waarschijnlijk was, zowel in de Oosterschelde als de Waddenzee niet. In voorliggend rapportage wordt onderzocht of het toevoegen van de meest recente data uit 2017 –2021 tot leidt tot andere conclusies dan de conclusies van Jansen et al. (2019).

De doelstelling van voorliggende rapportage is daarom om vast te stellen of er na 2016 sprake is geweest van overbegrazing van schelpdieren in de westelijke Waddenzee en Oosterschelde. Dit proberen we te beantwoorden volgens de volgende vraag: Hoe groot was de bijdrage van mosselkweek aan de totale begrazing in de Oosterschelde en de kombergingsgebieden Marsdiep en Vliestroom in de westelijke Waddenzee in de periode 2016-2021?

Om deze vraag te beantwoorden, worden middels een aantal analysestappen uitgerekend of er indicaties zijn dat de draagkracht binnen de Waddenzee en Oosterschelde in de periode 2016-2021 is overschreden.

- (1) Ontwikkeling in schelpdierbestanden: wat is het (totale) bestand aan schelpdieren in de Waddenzee en Oosterschelde?
- (2) Ontwikkeling in graasdruk van verschillende schelpdieren: wat is het verloop (hoeveelheden) van de condities van het voedsel van schelpdieren?
- (3) Ontwikkelingen in mosselvleesgehalte: zijn mosselvleesgehaltes toe- of afgenomen? Het vleesgehalte van mosselen schetst een beeld van de draagkracht voor schelpdieren en in hoeverre deze verandert.
- (4) Veranderingen in voedselcondities: zijn de voedselcondities voor schelpdieren toe- of afgenomen in de jaren na het rapport uit 2019?

Resultaten laten zien dat het gemiddelde totale schelpdierbestand vanaf 2016 niet is toegenomen voor zowel de Waddenzee als de Oosterschelde. Wanneer we in detail naar de schelpdierbestanden van de verschillende soorten gaan kijken, zien we dat na 2016 een duidelijke afname van bepaalde schelpdiersoorten te zien is. De bestanden van zowel de strandgaper en de Japanse oester nemen af. Het kokkel- en het nonnetjesbestand lijken na 2016 stabiel te blijven, terwijl de Amerikaanse zwaardschede bestand een toename laat zien. Het totale mosselbestand (MZI, percelen, wild) lijkt iets te zijn toegenomen in de periode 2016 tot 2019 maar was opnieuw lager in 2021.

Om draagkracht te bepalen is het van belang dat naar voedselparameters wordt gekeken, met name primaire productie en het chlorofyl-a (chl-a) gehalte in de Waddenzee en Oosterschelde. Voor primaire productie zijn helaas geen recente data beschikbaar. Voor chl-a blijkt dat na 2016 er geen toe- of afname is geconstateerd, en dat de gemiddelde hoeveelheid chl-a nog steeds lager uitvalt dan gedurende de vorige eeuw. De verhouding tussen zwevende stof en chl-a is in de loop der jaren afgenomen, wat ongunstigere omstandigheden betekent voor de groei van schelpdieren. De situatie in de Oosterschelde is gunstiger dan in de westelijke Waddenzee, en sinds 2016 ongeveer gelijk gebleven.

Wat betreft het mosselvleesgehalte zien we in de Vliestroom periodes van hogere waardes afgewisseld met periodes van lagere waardes. Met name in de periode 2005-2016 zijn de waardes relatief laag. In de laatste jaren zijn deze fluctuaties nog hoger, met het hoogste vleesgehalte in 2018 (35%) en laagste in 2019 (24%). Deze lagere waarde in 2019 is te wijten aan een waargenomen verminderde groei in het najaar van 2019. Voor de Oosterschelde lijkt het mosselvleesgehalte na 2015 tot in 2021 iets toegenomen te zijn van 25% naar 32%.

Bovenstaande bevindingen laten zien dat het onwaarschijnlijk is dat het beschikbare voedsel (micro-algen) momenteel wordt overbegraasd door de aanwezige schelpdierbestanden in de Oosterschelde of de westelijke Waddenzee. Dit gezien de afname van sommige schelpdierbestanden (strandgaper en Japanse oester) wanneer de voedselparameters niet zijn afgenomen. Echter, in de Waddenzee lijkt de graasdruk de laatste jaren wel toegenomen met een piek in 2019. Dit vraagt om verdere opvolging van de trends en om specifiek aandacht te besteden aan de graasdruk van het toenemende bestand van de Amerikaanse zwaardschede.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederlandse mosselkweek en mosselvisserij vinden plaats in het open water van de westelijke Waddenzee (kombergingen Vliestroom en Marsdiep) en de Oosterschelde. Deze activiteiten worden begeleid door een onderzoeksprogramma dat Wageningen Marine Research uitvoert voor de Productorganisatie Mosselcultuur ('PO Mossel'): KOMPRO. Deelproject III richt zich specifiek op de vraag in hoeverre mosselkweek bijdraagt aan, of impact heeft op, de natuurwaarden en het ecosysteem functioneren van de westelijke Waddenzee en Oosterschelde. Draagkracht is daarbij een belangrijk onderwerp.

1.2 Wat is draagkracht?

Draagkracht wordt in dit rapport gedefinieerd als de maximale hoeveelheid schelpdieren die een ecosysteem kan dragen zonder een negatief effect te hebben op de micro-algenpopulatie. Zolang er voldoende voedsel is voor de schelpdierpopulatie is de draagkracht niet beperkend voor de hoeveelheid schelpdieren in een ecosysteem. Dat wordt echter wel het geval zodra overbegrazing plaatsvindt; dit betekent dat er meer algen worden gegeten dan het systeem kan leveren, waardoor voedseltekorten kunnen ontstaan. Voor een uitgebreidere uitleg van het begrip 'draagkracht' zie Jansen et al (2019).

1.3 Monitoring van draagkracht in relatie tot mosselkweek

Voortbestaan van een duurzame mosselkweek heeft belang bij het periodiek bepalen of er nog voldoende draagkracht is voor de aanwezige schelpdierpopulaties. Daartoe wordt binnen KOMPRO-III voor een set aan indicatoren jaarlijks een update gemaakt van de ontwikkeling. Daarover is in 2019 een uitgebreid rapport verschenen van Jansen et al. (2019). In dit rapport wordt het begrip draagkracht gedetailleerd uitgelegd en wordt voor de periode 1992-2016 de ontwikkeling beschreven van de volgende indicatoren:

1. Bestanden van schelpdieren en hun filtratiedruk;
2. Voedselparameters:
 - a. productie: primaire productie;
 - b. concentratie: chlorofyl-a;
 - c. kwaliteit: verhouding tussen chl-a en zwevende stof.
3. Mosselvleesgehalte (als indicatie voor de conditie van het mosselbestand);
4. Draagkrachtindices berekend uit bestanden en voedselparameters: 'Grazing Ratio' en 'Clearance Ratio'.

Uit de analyse over de periode 1992-2016 werden geen aanwijzingen gevonden dat de draagkracht al bereikt zou zijn (Jansen et al., 2019). Er werden geen bewijzen gevonden voor overbegrazing.

In het voorliggende rapport worden de tijdreeksen gepubliceerd door Jansen et al. (2019) aangevuld tot en met 2021, met als doel: te onderzoeken of de conclusies getrokken door Jansen et al. (2019) actueel blijven.

1.4 Doelstelling

Het doel van deze studie is om alle draagkrachtindicatoren uit de analyses van Jansen et al. (2019) te updaten. Dit kan echter niet voor alle indicatoren uitgevoerd worden, vanwege een gebrek aan gegevens. De meest optimale parameter om de voedselbeschikbaarheid voor schelpdieren te beschrijven, is primaire productie. Maar het meten en berekenen van de primaire productie is in veel gebieden niet standaard of sinds jaren gestopt, zoals sinds 2012 in de Oosterschelde (Wijsman et al. 2019). Voor de westelijke Waddenzee zijn data alleen beschikbaar uit modelberekeningen, en in de Vlietstroom enkel tot 2010. Daarom zijn in dit rapport analyses waarbij gegevens over primaire productie gebruikt worden, niet geüpdatet. Om die reden is ook geen update van de *Clearance Ratio* en *Grazing Ratio* gedaan.

Jansen et al. (2019) onderzochten ook het verband tussen mosselvleesgehalte en parameters voor het voedselaanbod. Echter, bij nader inzien, wordt het vleesgehalte door veel meer factoren bepaald dan alleen het voedselaanbod. Enige relatie duidt daarom nog niet op een causaal verband. Om deze reden zijn ook deze analyses niet overgedaan.

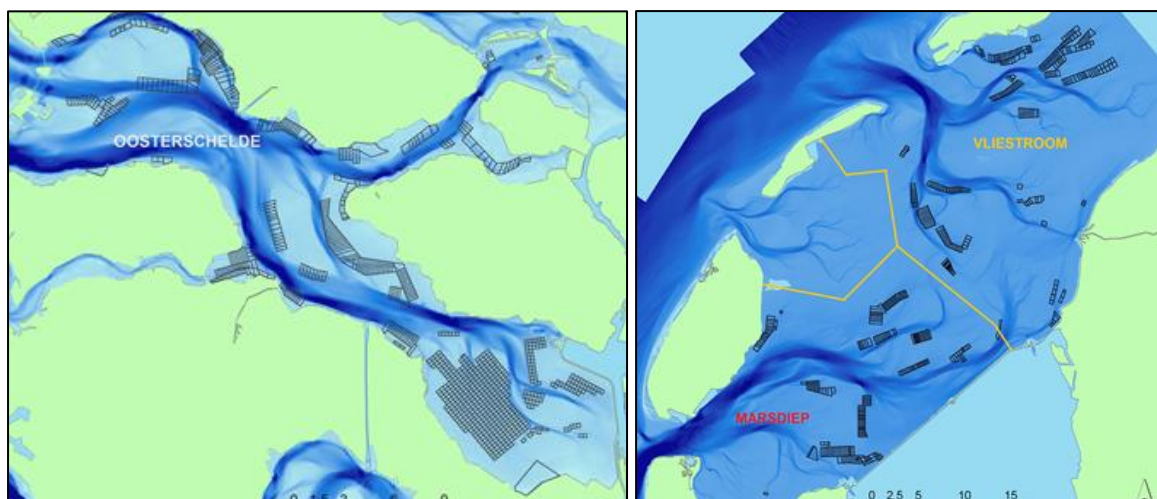
Deze update-studie richt zich aldus op de volgende onderzoeksvragen:

1. Gelden de gevonden uitkomsten uit het rapport van 2019 (data 1990-2016) nog steeds?
2. Is er na 2016 sprake van overbegrazing van schelpdieren in de Westelijke Waddenzee en Oosterschelde?

2 Methoden

2.1 Onderzoeksgebied

In deze studie zijn uitsluitend kombergingsgebieden opgenomen waarin mosselkweek op bodempercelen plaats vindt. Dit betreft de kombergingen Marsdiep en Vliestroom in de Westelijke Waddenzee, en de gehele Oosterschelde (Fig. 1).



Figuur 1. Kaarten van de Oosterschelde (links) en de westelijke Waddenzee (rechts). In de kaart van de Westelijke Waddenzee zijn de twee kombergingsgebieden weergegeven (Marsdiep en Vliestroom; Schellekens et al. 2013). Mosselkweekpercelen worden weergegeven als raster met zwarte lijnen.

2.2 Ontwikkeling in schelpdierbestanden

De ontwikkeling van schelpdierbestanden wordt gevolgd aan de hand van een reeks monitoringsprogramma's die zijn weergegeven in Tabel 1. De sublitorale mosselzaadsurvey in de Waddenzee in het voorjaar van 2020 heeft i.v.m. de COVID epidemie niet plaatsgevonden. Daarom ontbreken voor dat jaar de sublitorale schelpdierbestanden en zijn voor dat jaar alle bestandschattingen uit de analyses voor de Waddenzee gelaten.

Als gevolg van nieuwe inzichten zijn de volgende wijzigingen doorgevoerd in de tijdreeksen ten opzichte van de analyse door Jansen et al. (2019):

- De correctiefactor voor vangstefficiëntie van de zuigkor en stempelkor voor de Amerikaanse zwaardschede in de Waddenzee (1.7; Kamermans en Asch (2018)) is ook toegepast voor de overige monstertuigen (bijv. de bodemschaaf) met uitzondering van de oesterhapper, die dieper bemonstert dan de andere tuigen.
- Voor de westelijke Waddenzee bleek dat er in de database nog gewichtsschattingen van de strandgaper zaten gebaseerd op het gemiddelde tijdens de campagne, een gemiddelde dat op te weinig individuen vastgesteld was. Dat is nu gecorrigeerd en overall is gebruik gemaakt van de versgewichten per grootteklasse zoals in bijlage 1 van Jansen et al. (2019) gerapporteerd.

- Voor de Oosterschelde is het sublitorale bestand van de Amerikaanse zwaardschede geschat op basis van data uit het programma *Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL)*. De data zijn gedownload van de website van Informatiehuis Marien (<https://www.informatiehuismarien.nl/>)
- Voor de reconstructie van het bestand van de litorale oesters in de Oosterschelde is voor de periode tot 2011 gebruik gemaakt van schattingen gerapporteerd door Troost & Asch (2019). Schattingen voor daaropvolgende jaren zijn gemaakt via een lineaire interpolatie (bron voor methode?). De litorale oester schattingen zijn, met deze aanpassingen, wat lager dan de schattingen gebruikt in Jansen et al. (2019).
- In de Oosterschelde is er bij het berekenen van de graasdruk vanuit gegaan dat het bestand aan sublitorale oesterbanken even groot is als het bestand aan litorale oesterbanken (aannames volgens Smaal et al. 2013). Het sublitorale bestand was niet meegenomen door Jansen et al. (2019).
- Vanaf 2010 is de berekening van de mosselbestanden op de percelen in de Oosterschelde berekend op basis van de veilinggegevens, met name het totale versgewicht van geleverde mosselen per seizoen. Daarvoor is gebruikt gemaakt van de relaties gerapporteerd door De Mesel & Wijsman (2011). Waar mogelijk zijn de formules per deelgebied gebruikt en anders voor de gehele Oosterschelde en voor het volledige bestand. De getallen wijken hierdoor iets af van deze gebruikt in Jansen et al. (2019).

Tabel 1. De bemonsteringsprogramma's gebruikt voor de analyses. NB: vaak zijn niet voor alle jaren gegevens beschikbaar; aangegeven is vanaf welk jaar de programma's uitgevoerd worden en welke jaren in de reeksen ontbreken.

	Oosterschelde		Westelijke Waddenzee	
	Data beschikbaar vanaf	Survey referentie	Data beschikbaar vanaf	Survey referentie
Wilde bestanden	litoraal		Litoraal & sublitoraal	
Japanse Oesters	2012, daarvoor incidentele metingen	1, 2	2003	1
Mosselen	1992	1	1992 geen metingen in voorjaar 2020	1
Kokkel	1992	1	1992	1
Nonnetje	1993	1	1993 niet geregistreerd in 1995, 1996	1
Amerikaanse zwaardschede (<i>Ensis</i>)	1993	1	1993, niet geregistreerd in 1995, 1996 vanaf 2015 aanvullende metingen geen metingen in voorjaar 2020	1
Strandgaper	1993	1, 7 (sublit)	1993 niet geregistreerd in 1995, 1996	1
Gekweekte bestanden	sublitoraal		sublitoraal	
Mosselen op percelen	1992	4	2004	3
MZI-mosselen	2004	5	2004	5
Oesters op percelen	1992	6	n.v.t.	

1) WOT bestandsopnamen: (Asch et al. 2016; Ende et al. 2016; Troost et al. 2021)

2) Troost & van Asch 2019: Vanaf 2012 jaarlijkse bemonstering, voor 2012 op basis van interpolaties.

3) Wijsman & Jol, 2012; van Stralen 2016; Capelle en van Stralen 2021.

- 4) Van 1992 t/m 2009 heeft WMR zelf de perceelbemonstering uitgevoerd. Na 2009 is dit echter niet meer gedaan en is het bestand bepaald op basis van een omrekening van de aangeleverde veilingdata).
- 5) Gebaseerd op MZI-oogstdata uit rapportages voor EZ (Poelman & Kamermans 2010; van Stralen rapportages, Capelle, 2021)
- 6) Gebaseerd op oogstdata Productschap Vis en Bedrijveninformatienet, Mosselkantoor (2018) <http://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2526&themaID=2857&indicatorID=2881§orID=2864>
- 7) data MWTL (*Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands*) (data t/m 2017, download IHM)

2.3 Ontwikkeling in graasdruk van schelpdieren

Op basis van de schelpdierbestands grootte wordt de graasdruk berekend, door eerst voor ieder gebied de versgewichten per soort om te rekenen naar as-vrij drooggewichten (AFDW) en dat vervolgens te vermenigvuldigen met de *Clearance Rate* (filtratiesnelheid welke uitgedrukt is per eenheid AFDW). De waarden die gebruikt zijn voor de omrekeningen voor ieder van de soorten staan in Tabel 2.

Tabel 2. Omrekenen van bestand naar graasdruk. Conversie en Clearance Rate waarden gebruikt bij de berekening van de graasdruk. AFDW= as-vrij drooggewicht, DW=drooggewicht en WW is versgewicht (Jansen et al 2019, tabel 2)

Soort	Omrekening gewichten*	Filtratiesnelheid** (l/g/d, g in AFDW)	Filtratiesnelheid*** (l/g/d, g in WW incl. schelp)
Mossel	$AFDW = WW/20$ ¹	48 ⁴	2.4
Kokkel	$AFDW = WW/30$ ¹	24 ⁴	0.8
Japanse oester	$AFDW = WW/100$ ¹	100 ⁴	1
Amerikaanse zwaardschede	$AFDW = 0.0443*WW + 0.131$ ²	36 ²	6.3
Strandgaper	$DW = 0.186*WW + 0.0397$ ³	36 per g DW ⁵	8

*) AFDW = asvrij-drooggewicht, DW = drooggewicht, WW = versgewicht (=natgewicht, incl. schelp)

**) filtratiesnelheid berekend per gram asvrij drooggewicht

***) filtratiesnelheid berekend per gram versgewicht (incl. schelp)

1) Smaal et al. 2013, 2) Kamermans & van Asch. 2018, 3) Riisgard et al. 2003 4) Cranford et al. 2011 5) Bacon et al. 1998

2.4 Ontwikkelingen in mossel vleesgehalte

Het mossel vleesgehalte is het deel van de mossel dat uit vlees bestaat ten opzichte van het totaalgewicht (inclusief de schelp), ofwel het percentage van het gekookte vlees t.o.v. het versgewicht. De hoeveelheid vlees van een mossel is een indicator van de kwaliteit van de omgeving waarin de mossel zich bevindt en over de hoeveelheid aan voedsel dat beschikbaar is (Capelle et al. 2016). Uit een studie van Smaal et al. (2013) blijkt dat het gebruik van mossel vleesgehalte uit kweekmosselen een goede indicator voor draagkracht is en kan duiden of het voedselaanbod in de omgeving verandert. Mossel vleesgehaltes worden bepaald voor alle mosselen die via de veiling verhandeld worden. Voor de update van de jaarlijkse mossel vleesgehaltes zijn de aanvoerstatistieken van de mosselveiling van mosselen in de periode 1990/1991 tot en met 2020/2021 van alle percelen van de Oosterschelde en Waddenzee gebruikt (PV, PO-mosselcultuur). Gemiddelden op basis van minder dan 10 leveringen zijn niet meegenomen. Hierdoor zijn in een aantal jaren geen gegevens van het Marsdiep beschikbaar.

2.5 Ontwikkelingen in voedselcondities

Aan de hand van drie parameters (chl-a, de verhouding chl-a/zwevende stof en primaire productie) wordt het voedselaanbod voor schelpdieren hier beschreven.

De concentratie van chlorofyl-a (Chl-a) is een proxy voor de concentratie van voedsel (concentratie algen) die in het systeem aanwezig is. Naast kleine algendeeltjes, nemen schelpdieren ook alle andere in het water zwevende deeltjes van een bepaalde grootte op. Alle organische (incl. chl-a) en anorganische deeltjes kleiner dan ?? samen worden het zwevende stof genoemd. De bijdrage van dit zwevende stof aan het voedsel voor schelpdieren hangt af van de verhouding organische en anorganische deeltjes. Wanneer er meer eetbare organische deeltjes aanwezig zijn dan anorganische deeltjes, is de kwaliteit hoger. De verhouding tussen chl-a en zwevend stof wordt vaak gebruikt als inschatting van de voedselkwaliteit voor schelpdieren binnen een systeem. Rijkswaterstaat heeft een vast monitoringprogramma waarin chl-a en zwevend stof -zowel in de Oosterschelde als wel de Waddenzee- tweewekelijks of maandelijks gemeten worden.

De derde belangrijke parameter is de daadwerkelijke productie of groei van fytoplankton, ofwel de primaire productie binnen een systeem. Deze parameter fungeert als een draagkrachtindicator omdat het gelijk is aan de hoeveelheid aan voedsel wat direct geconsumeerd kan worden door schelpdieren. Met andere woorden: het voedsel dat bovenop het reeds aanwezige voedsel wordt geproduceerd. Wanneer de primaire productie afneemt, kan dit een indicatie zijn voor overbegrazing, zeker als niet veroorzaakt door een afname in nutriëntenconcentraties (Wijsman 2019).

Data van chl-a en zwevende stof zijn ingewonnen via Rijkswaterstaat (<https://waterinfo.rws.nl/>) voor de beide kombergingen in de Waddenzee (Marsdiep en Vlietstroom) en de Oosterschelde, gedurende de jaren 2016 t/m 2020.

3 Resultaten

3.1 Ontwikkeling in schelpdierbestanden en graasdruk

In de Oosterschelde ligt het totale schelpdierbestand gedurende de hele onderzoeksperiode rond de 100 miljoen kilogram (Mkg) (Fig. 2). De drie meest dominante schelpdierensoorten in de Oosterschelde zijn mosselen, kokkels en wilde Japanse oesters. Het bestand aan wilde Japanse oesters is het laatste decennium stabiel gebleven. Wat mosselen betreft, is het grootste deel van de populatie aanwezig op de percelen (Fig. 3). Omdat er in de Oosterschelde slechts een beperkte natuurlijke aanwas van mosselzaad plaatsvindt, zijn de mosselen op de percelen afkomstig uit de Waddenzee en/of sinds kort ook afkomstig van de MZI's in de Oosterschelde of Voordelta. Het aandeel kweekmosselen in de Oosterschelde bedroeg per jaar 85-90% van het totale mosselbestand (Fig. 3), zowel in de periode t/m 2016 als daarna.

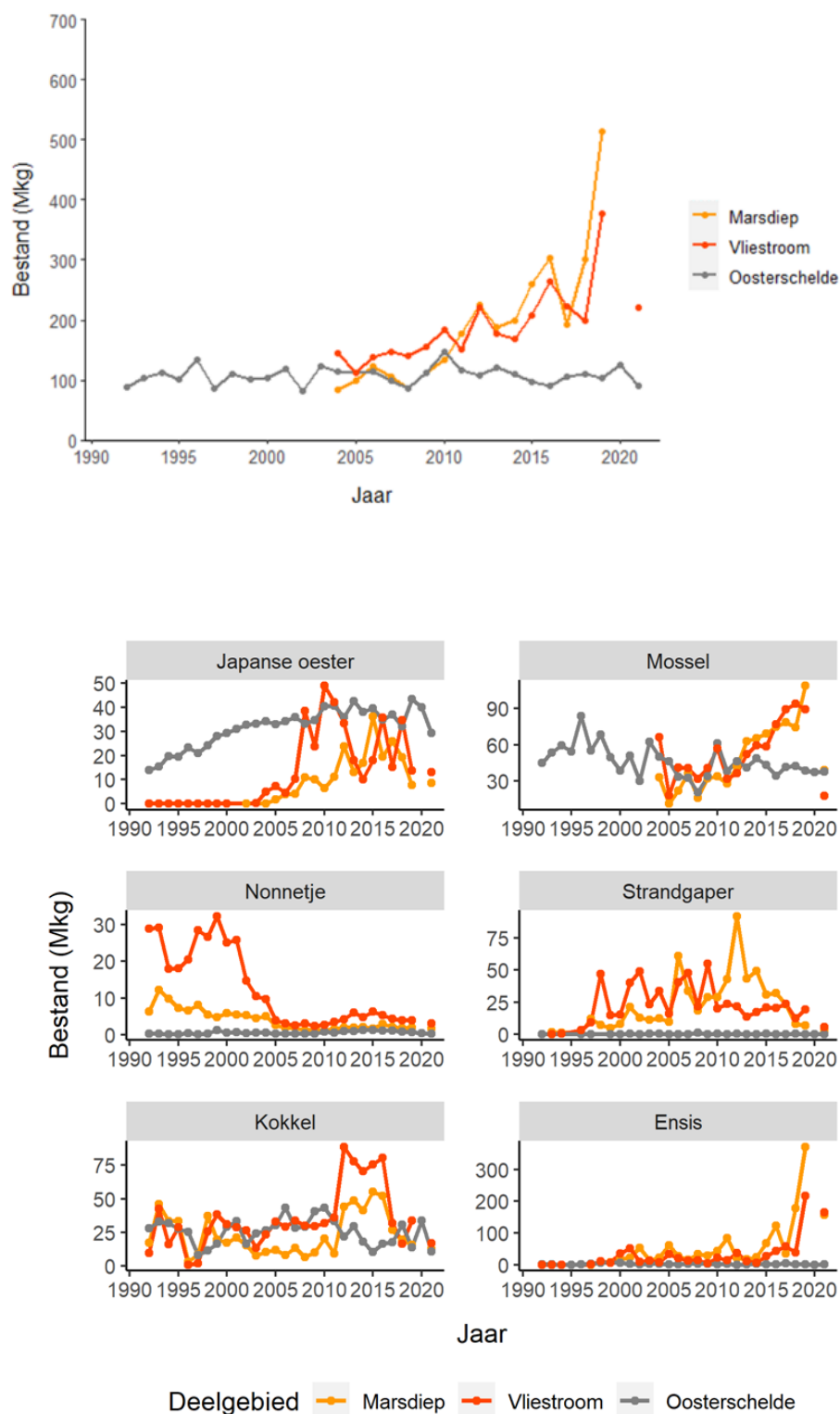
In de westelijke Waddenzee lijkt met name de laatste jaren het totale schelpdierbestand relatief sterk toe te nemen (Fig. 2). Dit wordt echter voor een groot deel verklaard door een uitbreiding van de jaarlijkse bestandsopnamen, die tot 2015 onvoldoende dekking hadden in gebieden waar hoge dichtheden van Amerikaanse zwaardscheden kunnen voorkomen (Kamermans & van Asch 2018). Daarbovenop is er ook een toename geweest in het schelpdierbestand van 2016 tot 2019. Strandgapers zijn na jaren met hoge bestanden afgenomen in de westelijke Waddenzee. Verder is het bestand mosselen toegenomen, met name na 2010, in zowel het Marsdiep als de Vliestroom. Merk op dat schattingen op percelen slechts vanaf 2004 gemaakt worden (zie figuur 3). Een verklaring voor de aanhoudende stijging na 2016 is te wijten aan grote mosselbroedval in 2016. Deze broedval heeft ervoor gezorgd dat het bestand in de jaren erna een hogere waarde laat zien tot zeker in 2019. Na 2016 is het totale schelpdierbestand toegenomen in de Westelijke Waddenzee tot zo'n 300-400 Mkg in 2019, waarna het in 2021 schijnbaar weer afnam naar +/- 200 Mkg. Deze lagere waarde is echter te wijten aan het feit dat er vanaf 2021 geen schatting is van het bestand op percelen, althans niet zoals voorheen met een bemonstering in de winter. De mosselperceelbemonstering vindt vanaf 2021 alleen nog in de zomer plaats, en daarom in dit rapport niet meegenomen.

In het Marsdiep is het bestandsdeel afkomstig van MZI's sinds 2010 gelijk gebleven met 15-20% van het totale mosselbestand. In de Vliestroom is dit meestal net iets meer dan 5%, met een uitschieter in 2012 (10%).

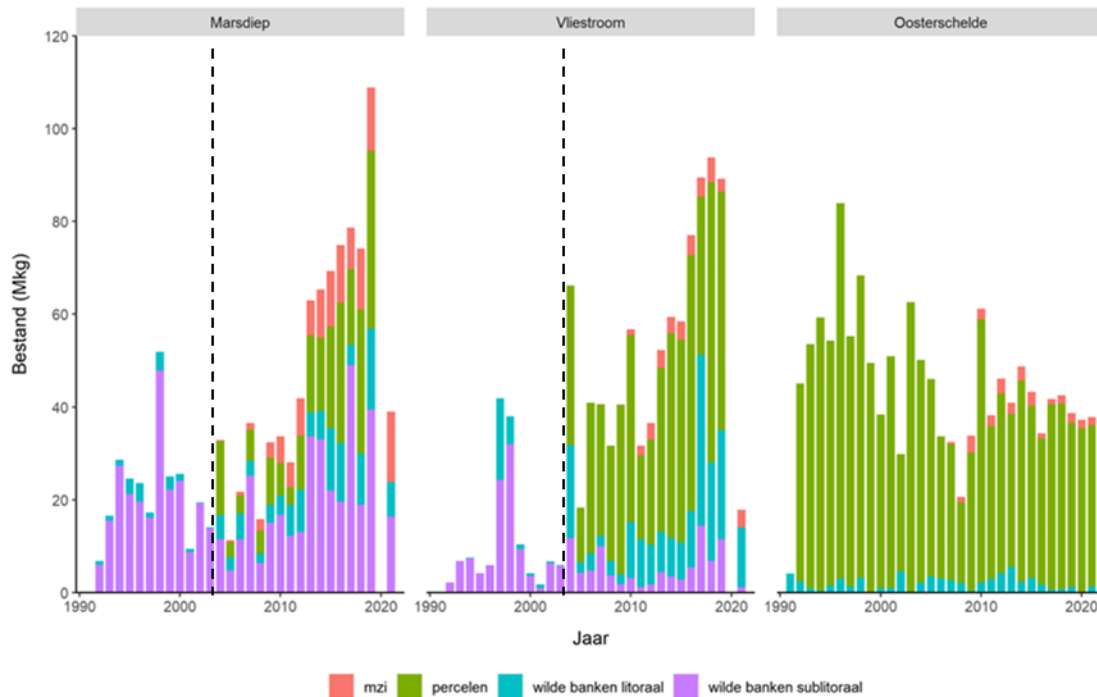
Het bestandsdeel mosselen van percelen is in het Marsdiep ligt meestal tussen de 30% en 50%, met uitschieters in 2016 (57%) en 2018 (60%). Sinds 2016 is het aandeel wilde en gekweekte mosselen ongeveer gelijk.

In de Vliestroom bestond het mosselbestand in de periode 2005 tot 2016 altijd voor minstens 60% uit kweekmosselen, vaak zelfs meer dan 70%. In recentere jaren (2017-2019) is dit nooit meer dan 70% geweest, met een minimum in 2017 van 40%. Maar in 2018-2019 is het aandeel gekweekte mosselen groter dan het aandeel wilde mosselen.

Helaas zijn de data in de Waddenzee in 2020 als 2021 niet volledig. In 2020 ontbreken er data door de COVID epidemie, en in 2021 ontbreken er data omdat de perceelbemonstering in dit jaar alleen nog in de zomer heeft plaatsgevonden en niet in de winter zoals in de voorgaande jaren.



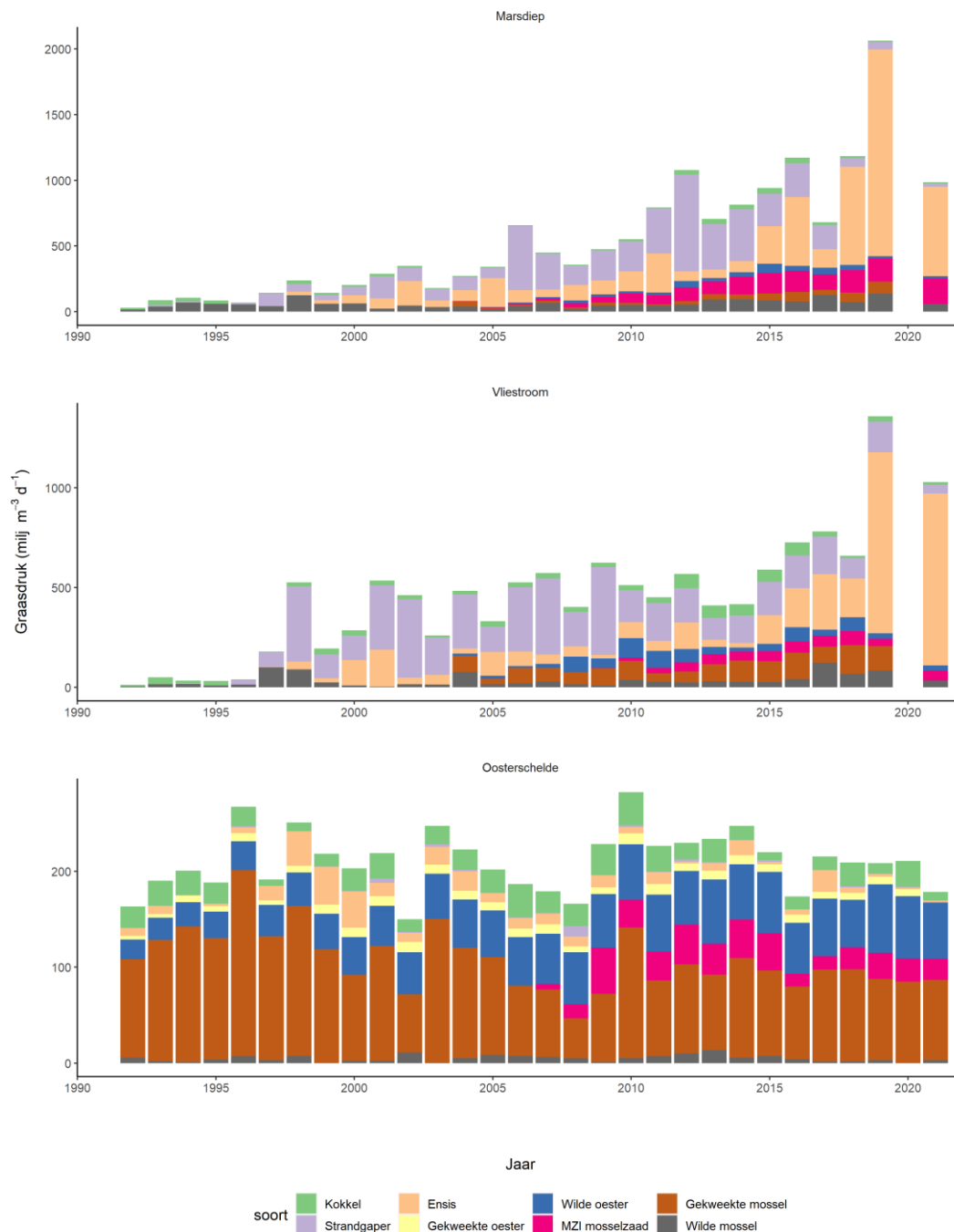
Figuur 2. Ontwikkelingen in schelpdierbestanden van 1995 t/m 2020/2021 (totaal, bovenste grafiek), en voor de meest dominante soorten (blok van 6 grafieken) in de Oosterschelde en de westelijke Waddenzee (Marsdiep en Vlietstroom).



Figuur 3. Bestanden (Mkg) in wilde (litoraal en sublitoraal) en commerciële (op percelen en MZI's) mosselbestanden in de westelijke Waddenzee (Marsdiep en Vliestroom) en de Oosterschelde van 1995 t/m 2019 en 2021. De bestandschattingen op de kweekpercelen in de Waddenzee zijn hierbij gebaseerd op bemonsteringen uitgevoerd in de winter en in de Oosterschelde zijn deze vanaf 2010 gebaseerd op veilinggegevens. De verticale stippellijn geeft aan vanaf wanneer er is begonnen met het maken van schattingen op percelen in de Waddenzee (2004). In 2021 zijn er geen bemonsteringen in de winter uitgevoerd op de percelen in de Waddenzee. Het jaar 2020 mist omdat, door de COVID epidemie, niet alle bemonsteringprogramma's konden worden uitgevoerd.

3.2 Ontwikkelingen in graasdruk van schelpdieren

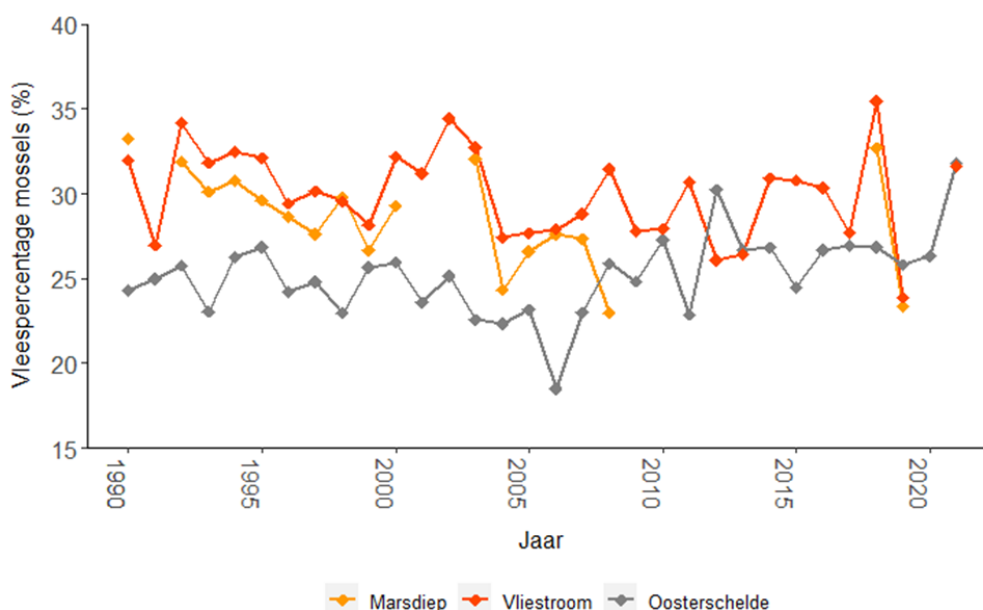
In de Oosterschelde is de graasdruk stabiel na 2016 (Fig. 4). In de Waddenzee zien we in beide kombergingen een relatief hoge graasdruk na 2016 vergeleken met de periode daarvoor, met name in 2019. Dit is toe te schrijven aan de toename in het bestand van de Amerikaanse zwaardschede. De graasdruk door strandgapers is in de Waddenzee juist afgenomen na 2016 (Fig. 4).



Figuur 4. Dagelijks gefiltreerde watervolume per soort en kombergingsgebied tot en met 2021.

3.3 Ontwikkelingen in mossel vleesgehaltes

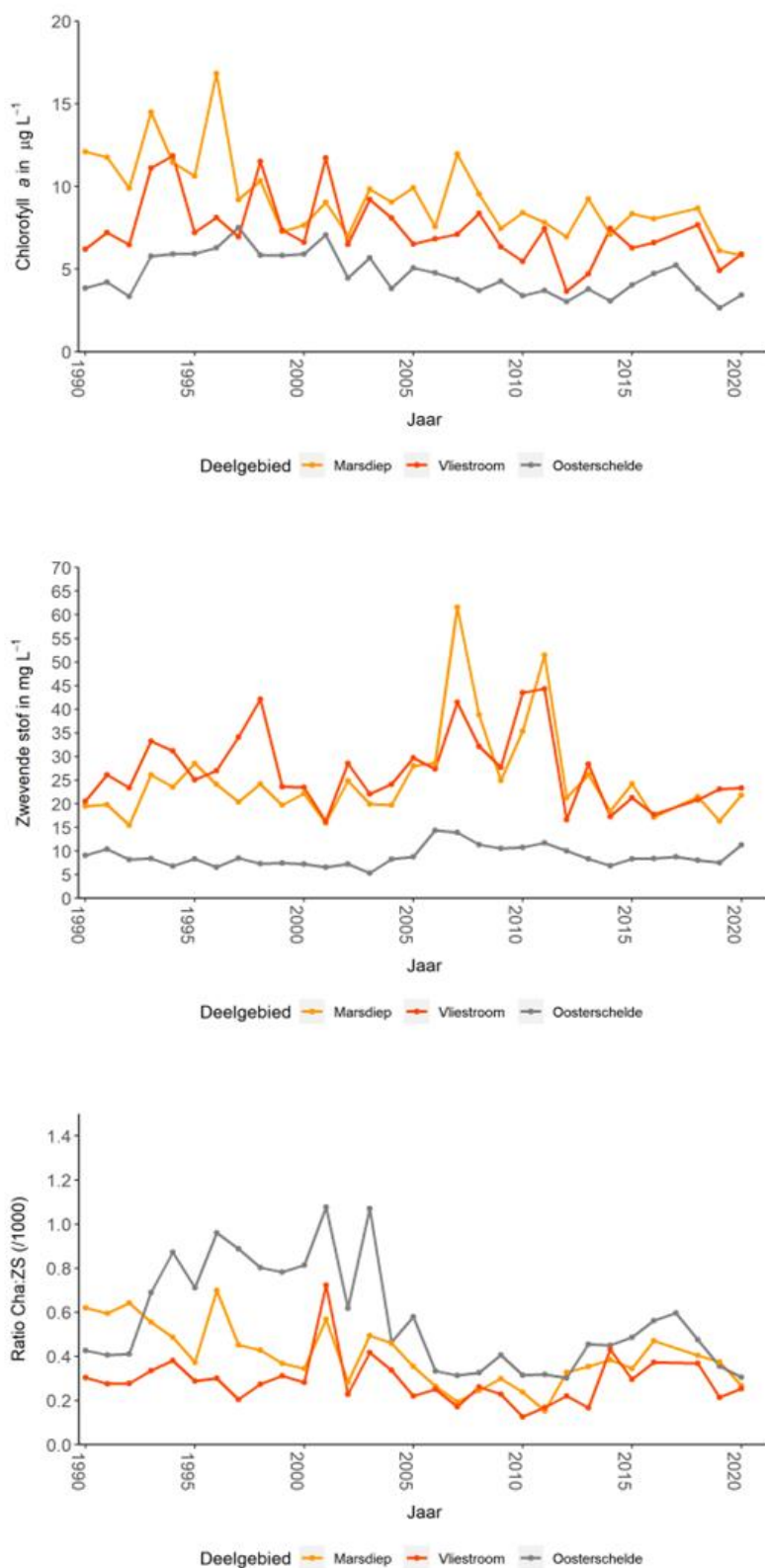
De hoogste gemiddelde vleesgehaltes worden gevonden in de Waddenzee (Vliestroom). De waarden fluctueren gemiddeld tussen de 23% en 27%. Na 2016 zie we voor de Oosterschelde geen duidelijke verandering in vleesgewichten ten opzichte van de voorgaande periode. Wel valt het relatief hoge vleesgewicht in 2021 op, en over het algemeen lijkt er een licht stijgende trend te zijn sinds 2006 (zie Smaal et al. 2013) waardoor de vleesgewichten in de Oosterschelde de waarden in de Waddenzee meer benaderen. In de Waddenzee zien we voor Vliestroom grote fluctuaties na 2016, maar het gemiddelde beeld is niet wezenlijk anders dan voor 2016. Dat lijkt ook het geval te zijn voor het Marsdiep, waar voor een groot aantal jaren gegevens ontbreken. Dat heeft te maken met het traditionele kweekproces waarbij de percelen in het Marsdiep vooral worden gebruikt voor opkweek tot halfwas mosselen. De mosselen groeien verder op in de Vliestroom of Oosterschelde alvorens ze aan de veiling geleverd worden, waar de vleesgewichten worden bepaald.



Figuur 5. Gemiddeld vleesgehalte van mosselen geleverd aan de veiling van kweekpercelen in de Oosterschelde en Waddenzee (Marsdiep en Vliestroom). Gemiddelden op basis van minder dan 10 leveringen zijn niet in de figuur opgenomen, hierdoor zijn in een aantal jaren geen gegevens van het Marsdiep beschikbaar.

3.4 Ontwikkeling in voedselcondities

In alle drie gebieden was de chl-a concentratie in 2019 relatief laag en over de gehele onderzoeksperiode lijkt de concentratie minimaal af te nemen (Figuur 6). Echter was de voedselkwaliteit - uitgedrukt als de verhouding tussen chl-a en zwevende stof - sinds omstreeks 2012 relatief hoog door dalende concentraties zwevende stof. Na 2016 zien we weer een lichte afname in de voedselkwaliteit, maar nog niet naar lagere waarden dan voor 2012.



Figuur 6. Jaarlijkse chlorofyl-a, zwevend stof concentratie en de verhouding tussen chlorofyl en zwevend stof in Oosterschelde en Waddenzee (Marsdiep en Vlietstroom).

4 Synthese: evaluatie draagkracht

4.1 Conclusies

Door Jansen et al. (2019) is over de periode tot en met 2016 geconcludeerd dat er geen indicaties waren om te veronderstellen dat de draagkracht overschreden werd in de periode 1992-2016. Doel van deze update was te onderzoeken of er sinds 2016 veranderingen zijn opgetreden in schelpdierbestanden, vleesgewichten van mosselen of het voedselaanbod, en dus of de conclusies gesteld in Jansen et al. (2019) aangepast zouden moeten worden.

In deze update zijn er twee hoofdvragen die we beantwoord willen hebben:

1. Gelden de gevonden uitkomsten uit het rapport van 2019 (data 1990-2016) nog steeds?
2. Is er na 2016 sprake van overbegrazing van schelpdieren in de Westelijke Waddenzee en Oosterschelde?

Op basis van de update met de periode 2017-2021 is het onwaarschijnlijk dat de draagkracht in de drie systemen overschreden wordt. Het voedsel (micro-algen) lijkt niet overbegraasd te worden door de verschillende schelpdierbestanden. Deze uitkomsten betekenen dat de conclusie getrokken in Jansen et al. 2019, gehandhaafd kan blijven. Echter, de toenemende bestanden en graasdruk in de recente jaren suggereren wel om trends te blijven volgen en specifiek aandacht te besteden aan de toenemende graasdruk van voornamelijk de Amerikaanse zwaardschede.

Door het ontbreken van metingen en dus gegevens van primaire productie in de systemen kunnen we niet achterhalen of er geen te effect is van de toegenomen graasdruk op de primaire productie. Het is daarom belangrijk dat deze metingen in de toekomst wel gedaan worden.

De resultaten per draagkracht-indicator zijn samengevat in Tabel 4. Enkele hiervan verdienen een nadere discussie.

4.2 Discussie

4.2.1 Schelpdierbestanden

De voornaamste veranderingen in de Waddenzee na 2016 zijn een afname in het bestand van de strandgaper en een toename in de bestanden van de Amerikaanse zwaardschede en mossel.

Wilde mosselen

Voor gekweekte, maar zeker ook voor litorale en sublitorale wilde mosselen lijkt tot 2019 het totale bestand in het Marsdiep en Vliestroom een stijgende trend te volgen. De gevonden resultaten, en dan met name de toename na 2016, is toe te schrijven aan een grote broedval onder wilde mosselen in de zomer van 2016, waardoor het bestand in de jaren erna even wat hoger was. Naarmate het bestand over een langere periode berekend wordt, dan middelen pieken die verschijnen na bijvoorbeeld een hoge broedval, zich steeds meer uit. Wanneer dit gebeurt kan er niet gesproken worden over een toename van het bestand, maar dient er een gemiddelde berekend te worden over een langere periode. Om deze reden is het monitoren van dit soort bestanden belangrijk.

Mosselen op percelen

Voor de mosselen op de percelen is er in de periode 2004-2013 alleen in de winter bemonsterd. Vanaf 2013 zijn er 2 bemonsteringen uitgevoerd: 1 in de winter en 1 in de zomer. De bemonstering op deze manier is aangehouden tot recentere jaren (2021), waarna het weer terug is gebracht naar 1 keer per jaar, en wel in de zomer. De zomervoorraad is per saldo een stuk hoger dan de wintervoorraad en er zal een overlap zijn tussen wat in de zomer op de percelen in de Waddenzee te vinden is ten opzichte van het bestand in de Oosterschelde. Vanaf 2021 is er dus alleen nog in de zomer bemonsterd, en daarom niet in de weergegeven tijdseries opgenomen.

Amerikaanse zwaardschede

Een substantiële toename van de Amerikaanse zwaardschede in de Waddenzee leidt tot het beeld van een scherpe toename in het totale schelpdierbestand in de Waddenzee. De reguliere monitoring was, tot 2016, echter beperkt in de gebieden waar zwaardschedes juist in hoge aantallen voorkomen. Daarom wordt er sindsdien extra bemonsterd, ook op die locaties. Anderzijds zien we in de kustzone ook een toename in het totale schelpdierbestand sinds de aanvang van de inventarisaties. Na de introductie van de Amerikaanse zwaardschede in de Waddenzee eind jaren zeventig van de vorige eeuw nemen de aantallen schelpdieren sinds eind vorige eeuw sterk toe, met name in de overgangszone tussen litoraal en sublitoraal (Dekker en Beukema 2012). In de kustzone zien we dit ook, met een verdere toename in de jaren 2000-2010, en een nog hoger bestand nadien. In 2019 werd het hoogste bestand gemeten sinds de start van de survey waargenomen (https://shiny.wur.nl/Schelpdiermonitor_Kust/). Kortom, ondanks de beperkingen van de schattingen in de Waddenzee, lijkt de stijgende trend wel reëel. In de Oosterschelde zien we deze trend niet, maar is mogelijk deels te wijten aan de bemonsteringsopzet: WOT is beperkt tot het litoraal, MWTL-programma beperkt in sublitoraal, met een klein bemonsteringsoppervlak per punt. Sinds 2022 zit het sublitoraal van Oosterschelde ook in WOT-programma, en zal dus een beter beeld ontstaan over de grootte en ontwikkeling van de bestanden van de Amerikaanse zwaardschede.

Strandgaper

Naast de stijging van Amerikaanse zwaardschede, nemen de strandgapers in bestand af vanaf 2017. Het 'vaste' individuele gewicht per grootteklasse (groot: 5g, klein: 1g) is waarschijnlijk aan de lage kant, en het bestand is dus waarschijnlijk groter dan hier gerapporteerd.

4.2.2 Mosselvleesgehaltes

Het vleesgehalte van mosselen in de Oosterschelde is de laatste jaren toegenomen. Een piekwaarde zoals eerder waargenomen in 2012 en gerapporteerd in Jansen et al. (2019) heeft zich opnieuw in 2021 voorgedaan. In de Waddenzee zien we in 2019 juist een relatief laag vleesgehalte. Uit een eerdere rapportage van Capelle et al. (2021), blijkt de groei in het najaar van 2019 inderdaad "slecht" of laag te zijn, in tegenstelling tot het voorjaar van 2019, waardoor het uiteindelijke vleespercentage laag bleef in dat jaar. De oorzaak is vooralsnog onbekend.

4.2.3 Cholorofyl-a en zwevende stof

De gehalten *chlorofyl-a* concentraties en zwevende stof lijken vooralsnog niet verder af te nemen gedurende de periode 2017-2021. Dit kan er op duiden dat er (vooralsnog) geen direct negatief effect is van het toegenomen schelpdierbestand. De hoeveelheden aan *chlorofyl-a*, zwevende stof en ratio tussen *chlorofyl-a* en zwevende stof lijken na de rapportage van 2019 in de Waddenzee gemiddeld hetzelfde te zijn gebleven in vergelijking met de jaren daarvoor en in de Oosterschelde iets te zijn toegenomen. Hieruit blijkt dat de eventuele toename in de hoeveelheid schelpdieren, nog geen direct effect heeft gehad op de hoeveelheid micro-algen.

Tabel 4. Samenvattend overzicht resultaten in ontwikkelingen schelpdierbestanden en voedselbeschikbaarheid. Belangrijkste conclusies uit de analysestappen die een gezamenlijk beeld geven van de ontwikkelingen in draagkracht voor schelpdieren in de Oosterschelde en de kombergingsgebieden van de Waddenzee.

Indicator	Oosterschelde (OS)	Waddenzee	
		Marsdiep (MD)	Vliestroom (VS)
Schelpdierbestanden	Geen toe- of afnemende trend	Toename vanaf 2015 vnl. door mosselen en Amerikaanse zwaardschede. In 2021 lijkt het bestand af te nemen. Dit komt door afname van zwaardscheden, maar ook deels door het niet uitvoeren van mosselperceelbemonstering in het najaar 2021.	Toename vanaf 2015 vnl. door mosselen en Amerikaanse zwaardschede. In 2021 lijkt het bestand af te nemen. Dit komt door afname van zwaardscheden, maar ook deels door het niet uitvoeren van mosselperceelbemonstering in het najaar 2021.
Graasdruk	stabiel	Als schelpdieren	Als schelpdieren
Mosselvleesgehalte	Fluctuerend gemiddeld tussen 22% en de 27%.	Niet voldoende veilinggegevens beschikbaar om een gedegen conclusie te trekken.	Fluctuerend gemiddeld tussen 23% en de 27%.
Voedselcondities	Chl-a: stabiel ZS: stabiel Chl-ZS: stabiel maar met hogere en variabele waarden tussen 1994-2004	Chl-a: afnemend met in periode 1990-1996 >10 mg/l, in periode 1997-2009 10 mg/l, in periode na 2009 < 10 mg/l ZS: stabiel Chl-ZS: stabiel met lage waarden in periode 2015-2020	Chl-a: stabiel ZS: sterk fluctuerend met in laatste 10 jaar stabiel rond lagere waarden Chl-ZS: stabiel

4.3 Aanbevelingen

De analyses van draagkracht vond plaats aan de hand van een serie berekeningsstappen. Ondanks dat er in bepaalde jaren voor analyses geen data beschikbaar was, kon er door de verschillende dataseries naast elkaar te leggen wel een beeld geschetst worden van de ontwikkelingen in voedsel en, en daarmee over de ontwikkelingen in draagkracht.

Om de evaluatie van draagkracht voor schelpdieren te optimaliseren, worden hieronder enkele aanbevelingen gedaan over verbeteringen van empirische metingen en analysemethodes maar ook voor mogelijke alternatieve metingen om beter/specifieker inzicht te krijgen in de relaties tussen schelpdieren en hun voedselbronnen.

Verbeteringen en uitbreiding van empirische metingen

1. Uit de schattingen voor bestandsgrootte, met name kijkende naar de graasdruk, blijkt dat de strandgaper in de westelijke Waddenzee een wezenlijke bijdrage levert tot 2018 waarna het bestand duidelijk afnam tot in 2019. Dat leidt uiteraard tot een verminderde graasdruk door strandgapers. Voor een goede bepaling van graasdruk van de strandgaper is echter relatief weinig informatie beschikbaar. In de huidige studie is gebruikt gemaakt van *clearance rate* gegevens op

basis van Bacon et al. (1998). De vraag is hoe representatief deze zijn voor de strandgapers in de Waddenzee. Het is daarom de aanbeveling om *clearance rates* te bepalen voor strandgapers specifiek uit de gebieden in de Waddenzee waar deze veel voorkomen. Daarnaast hebben *in situ* metingen de voorkeur boven lab metingen, waar strandgapers naast voedsel uit de waterkolom ook de keus hebben gesedimenteerd detritus. Dit experiment is inmiddels in het najaar van 2023 gestart en zal eind 2024 eindigen.

2. Voor de mosselen op de percelen is er in de periode 2004-2013 alleen in de winter bemonsterd. Vanaf 2013 zijn er jaarlijks twee bemonsteringen uitgevoerd: 1 bemonstering in de winter en 1 bemonstering in de zomer. De jaarlijkse bemonsteringen op deze manier zijn aangehouden tot recentere jaren (2021), waarna het weer terug is gebracht naar 1 keer per jaar, in de zomer. Vanaf 2021 is er dus alleen nog in de zomer bemonsterd, en daarom niet in de tijdsseries opgenomen.
3. Zoöplankton, sponzen en zakpijpen filteren ook nutriënten uit het water, net als oesters op hardsubstraat (zoals dijkgloreringen). Maar deze soorten worden niet bemonsterd in de huidige monitoring. De biomassa van deze groepen wordt niet bepaald in de Waddenzee en Oosterschelde. Om een compleet beeld te krijgen van de draagkracht van een systeem is de hoeveelheid voedsel opname van andere soorten noodzakelijk. Daarom verdient monitoring van deze groep aanbeveling.
4. Concentratie *chlorofyl-a* worden veel gebruikt als maat voor de beschikbare hoeveelheid voedsel voor schelpdieren. Er is tegenwoordig steeds meer discussie of dit een juiste maat is als voorspeller van mosselgroei. Zo maakt deze parameter geen onderscheid tussen het type alg en de voedingswaarde hiervan. Om daarom betere inzichten te krijgen in de voedselbeschikbaarheid (kwalitatief en kwantitatief) is de aanbeveling om naast *chlorofyl-a* metingen ook de soortensamenstelling, grootteklassen en energetische waarde van de algen te bepalen. Het is daarbij van belang dit op te nemen in monitoringsprogramma's omdat voor draagkracht evaluatie juist de trends in parameters van belang is.
5. De indicator vleesgehalte van mosselen is een goede proxy voor voedselbeschikbaarheid. Levering aan de veiling is echter afhankelijk van verschillende factoren. Ook worden mosselen uit de Waddenzee niet direct geleverd aan de veiling, maar deze worden eerst in de Oosterschelde geplaatst. Onafhankelijke metingen aan mosselgroei en vleesgehaltes zouden daarom beter zijn. Binnen WMR worden sinds 2017 tot op heden weer metingen uitgevoerd. Omdat continuïteit belangrijk is, is de aanbeveling om de metingen van het vleesgehalte van mosselen te blijven handhaven.

5 Kwaliteitsborging

Wageningen Marine Research beschikt over een ISO 9001:2015 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV.

Literatuur

- Asch van M, Troost K, Blanco-Garcia A, Brummelhuis EBM, van den Ende D, van Zweeden C, 2016 Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2016. IMARES Rapport C080/16
- Bacon GS, BA MacDonald, Ward JE, 1998 Physiological responses of infaunal (*Mya arenaria*) and epifaunal (*Placopecten magellanicus*) bivalves to variations in the concentration and quality of suspended particles I. Feeding activity and selection. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 219: 105–125
- Capelle JJ, Wijsman JW, van Stralen MR, Herman PM, Smaal AC, 2016 Effect of seeding density on biomass production in mussel bottom culture. Journal of Sea Research 110:8-15
- Capelle JJ, 2020 Invang van mosselzaad in MZI's. Resultaten 2020. <https://doi.org/10.18174/542073>
- Capelle JJ, 2021 Invang van mosselzaad in MZI's. Resultaten 2021. <https://doi.org/10.18174/569105>
- Capelle JJ & van Stralen MR, 2021 Bestandopname van mosselen op mosselkweekpercelen in de waddenzee in juli-augustus 2021. Wageningen University & Research. Rapport C078/21
- Cranford P, Ward JE, and Shumway S, 2011. Bivalve filter feeding: Variability and limits of the aquaculture biofilter. In: Shellfish Aquaculture and the Environment. Ed Shumway. Wiley & Blackwell, 81-124.
- Dekker, R., and J. J. Beukema. 2012. Long-term dynamics and productivity of a successful invader: The first three decades of the bivalve in the western Wadden Sea. Journal of Sea Research 71:31-40.
- de Mesel IG, Wijsman JWM, 2011. Bestandschatting mosselen op percelen in de Oosterschelde (1992-2009) en de Waddenzee (2004-2009) (No. C076/11). IMARES.
- Ende van den D, Troost K, van Asch M, Brummelhuis EBM, van Zweeden C, 2016 Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende Mosselbanken en oesterbanken op droogvallende platen in de Nederlandse kustwateren: bestand en arealen. Wageningen University & Research. Rapport C109/16
- Jansen HM, Kamermans P, Glorius S, van Asch M, (2019). Draagkracht van de Oosterschelde en westelijke Waddenzee voor schelpdieren: evaluatie van veranderingen in de voedselcondities en schelpdierbestanden in relatie tot de mosselkweek in de periode 1990-2016 (No. C096/19). Wageningen Marine Research.
- Kamermans PM & van Asch M, (2018). Monitoring draagkracht voor schelpdieren in relatie tot opschaling MZIs in de Waddenzee en Oosterschelde (No. C043/18). Wageningen Marine Research.
- Poelman M & Kamermans P, 2010. Inventarisatie MZI-oogst 2009. IMARES-rapport C033/10.
- Riisgard HU, Kittner C, Seerup DF, 2003 Regulation of opening state and filtration rate in filter-feeding bivalves (*Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria*) in response to low algal concentration. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 284 105– 127
- Schellekens T, van Stralen M, van Asch M, Smaal A, 2013 Analyse van schelpdierbestanden 1992 – 2009 Oosterschelde en Westelijke Waddenzee Met een aanvulling voor 2010 – 2012 IMARES Rapport nr C189/13
- Smaal AC, Schellekens T, van Stralen MR, Kromkamp JC, 2013. Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing? Aquaculture 404–405: 28–34
- Stralen van M, 2016. Bestandopname van mosselen op mosselkweekpercelen in de Waddenzee in juli 2016. Rapport 2016.165
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Troost K & van Asch M, 2019 Reconstructie van het Japanse oesterbestand in de Oosterschelde. CVO-rapport: 19.008 DOI: <https://doi.org/10.18174/464391>
- Troost K, van Asch M, Brummelhuis EBM, van der Ende D, van Es Y, Perdon KJ, van der Pool J, van Zweeden J, van Zwol J, 2021 Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone, Waddenzee en zoute deltawateren in 2020. DOI: <https://edepot.wur.>

Wijsman J & Jol J, 2012 Bepaling bestand op de mosselpercelen in de Waddenzee najaar 2011. IMARES Rapport C060/12

Wijsman, J. 2019. Meten van primaire productie in de Oosterschelde, Grevelingenmeer en het Veerse Meer : overzicht van methodieken en plan van aanpak voor monitoring. Wageningen Marine Research, Yerseke.

Verantwoording

Rapport C013/24

Projectnummer: 4313200003-01

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

Akkoord: L.J. Bouwman
Collega-onderzoeker

Handtekening:

DocuSigned by:
Lotte Bouwman
750E960FFA334F7...

Datum: 28 mei 2024

Akkoord: Dr. ir. T.P. Bult
Director

Handtekening:

DocuSigned by:
Tammo Bult
B64E2991BD8A472...

Datum: 28 mei 2024

Wageningen Marine Research

T: +31 (0)317 48 70 00

E: marine-research@wur.nl

www.wur.nl/marine-research

Bezoekers adres:

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



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

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.