

Analyse van schelpdierbestanden 1992 - 2009

Oosterschelde en Westelijke Waddenzee

Met een aanvulling voor 2010 - 2012

Tim Schellekens, Marnix van Stralen¹, Margriet van Asch & Aad Smaal

Rapport nr C189/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies; ¹ Buro MarinX)

Opdrachtgever:

Dhr J. Huinink / Dhr A. Kouwenhoven
Ministerie EZ
Postbus 20709
2500 EK Den Haag

BO-11-011.04-007

Publicatiedatum:

25 augustus 2014

IMARES is:

- een onafhankelijk, objectief en gezaghebbend instituut dat kennis levert die noodzakelijk is voor integrale duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van de zee en kustzones;
- een instituut dat de benodigde kennis levert voor een geïntegreerde duurzame bescherming, exploitatie en ruimtelijk gebruik van zee en kustzones;
- een belangrijke, proactieve speler in nationale en internationale mariene onderzoeksnetwerken (zoals ICES en EFARO).

*Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van
het EZ-programma Beleidsondersteunend
Onderzoek*

P.O. Box 68	P.O. Box 77	P.O. Box 57	P.O. Box 167
1970 AB IJmuiden	4400 AB Yerseke	1780 AB Den Helder	1790 AD Den Burg Texel
Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00	Phone: +31 (0)317 48 09 00
Fax: +31 (0)317 48 73 26	Fax: +31 (0)317 48 73 59	Fax: +31 (0)223 63 06 87	Fax: +31 (0)317 48 73 62
E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl	E-Mail: imares@wur.nl
www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl	www.imares.wur.nl

© 2014 IMARES Wageningen UR

IMARES is onderdeel van Stichting DLO
KvK nr. 09098104,
IMARES BTW nr. NL 8113.83.696.B16

De Directie van IMARES is niet aansprakelijk voor gevolgschade, noch voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van IMARES; opdrachtgever vrijwaart IMARES van aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever hierboven aangegeven en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag weergegeven en/of gepubliceerd worden, gefotokopieerd of op enige andere manier gebruikt worden zonder schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

A_4_3_1-V12.2

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	4
1. Algemene inleiding.....	5
<i>Doelstelling</i>	5
<i>Toelichting</i>	6
<i>Aanpak</i>	6
2. Analyse schelpdierbestanden Oosterschelde 1992-2009.....	7
2.1 Inleiding	7
<i>kennisvragen</i>	7
2.2 Methoden.....	8
2.3 Resultaten.....	11
2.4 Discussie.....	18
<i>Beantwoording Kennisvragen</i>	19
Bijlage 2A: vleesgewicht mosselen en groei kokkels.....	20
Bijlage 2B: biomassa data.....	21
Bijlage 2C: Primaire productie data per deelgebied	23
Bijlage 2D: Uitbreiding dataseries t/m 2012.....	26
3. Analyse van schelpdierbestanden Westelijke Waddenzee 1990 - 2010	28
3.1 Inleiding	28
<i>Kennisvragen</i>	28
3.2 Methoden.....	28
3.3 Resultaten.....	36
3.4 Discussie.....	41
<i>Beantwoording kennisvragen</i>	43
Bijlage 3A. Totale biomassa.....	44
Bijlage 3B. Gemiddeld percentage vlees mosselen	50
Bijlage 3C. Correlatiematrices.....	51
Bijlage 3D. Correlatie met ruwe data	55
Bijlage 3E. Correlaties met data aangevuld t/m 2012	56
Dankwoord	60
Referenties	60
Kwaliteitsborging	62
Verantwoording	62

Samenvatting

Dit rapport betreft een analyse van bestaande data van schelpdierbiomassa, groei van mosselen en kokkels, en algenproductie, in de Oosterschelde en de westelijke Waddenzee in de periode 1992-2009. De analyse is gericht op de vraag in hoeverre schelpdiergroei is gerelateerd aan de omvang van de schelpdiervoorraad en aan de voedselproductie. Verwacht wordt dat de groei van schelpdieren, zoals mosselen en kokkels, afhangt van de beschikbaarheid van voedsel (algen). Beschikbaarheid van algen is niet alleen afhankelijk van de hoeveelheid beschikbare nutriënten en licht, en uitwisseling met de Noordzee, maar ook van de graasdruk van schelpdieren. Naarmate de biomassa van de schelpdieren groter is, neemt de graasdruk op algen toe, en is de verwachting dat dit de algen productie beperkt en daarmee de groei van schelpdieren.

Uit een lineaire regressie analyse van de Oosterschelde data op jaarbasis is gebleken dat er geen significante relatie is tussen groei van de filterfeeders in de verschillende jaren, en de primaire productie. Er is ook geen verband gevonden tussen het filterfeeder bestand en de primaire productie. Er is wel een negatieve relatie van de mosselgroei, uitgedrukt als visgewicht, en de totale biomassa van de filterfeeders. In jaren met een groter filterfeeder bestand groeien de mosselen minder hard. Dit wijst op competitie om voedsel tussen de mosselen onderling en de andere filterfeeders. Er was geen verband tussen mosselgroei en de omvang van alleen het mosselbestand.

De Westelijke Waddenzee is onderverdeeld in het Marsdiepgebied en het Vliestroomgebied. De gebieden verschillen onder andere in voedselkwaliteit (verhouding algen en slib): in het Marsdiepgebied neemt dit sinds 1990 af, terwijl er in het Vliestroom gebied geen trend kon worden aangetoond. Er is voor het Marsdiep een negatief verband tussen voedselkwaliteit en groei van mosselen en kokkels; dit geldt niet voor het Vliestroomgebied. Verder is de kokkelgroei negatief gecorreleerd met het schelpdierbestand in het Marsdiepgebied, zowel litoraal als sublitoraal. Mosselgroei is alleen negatief gecorreleerd met het sublitorale schelpdierbestand.

In beide gebieden is er recent een flinke toename van invasieve schelpdiersoorten opgetreden, met name mesheften (*Ensis americanus*). Daarom is er een aanvullende analyse uitgevoerd voor de periode 2010 – 2012. Het blijkt dat de oorspronkelijke relaties nog steeds opgaan. Verder blijkt voor het Vliestroom gebied dat er nu wel een significant negatief verband is tussen het totale schelpdierbestand en de mosselgroei respectievelijk het visgewicht. Dit betekent dat er voor alle onderzochte gebieden een negatief verband is tussen voorraad schelpdieren en mosselgroei. Wat dit betekent voor de draagkracht en voor verdere uitbreiding van de MZI's, en in hoeverre er een verband is met de instandhoudingsdoelstellingen van desbetreffende gebieden vereist inzicht in de oorzakelijke verbanden. In het MZI project zijn er daarom simulatiemodellen ontwikkeld, waarmee verschillende scenario's zijn doorgerekend, die kunnen worden gebruikt om de effecten van de MZI's nader te kwantificeren.

1. Algemene inleiding

In de Nederlandse kustwateren vindt mosselzaadvisserij plaats. Deze wateren herbergen ook belangrijke natuurwaarden en zijn aangewezen als Natura 2000-gebied onder de Europese Habitat- en Vogelrichtlijnen. Dat verplicht Nederland om er voor te zorgen dat de natuurwaarden in deze gebieden in stand blijven of verbeteren.

Op 21 oktober 2008 sloten het Ministerie van LNV, de mosselsector en natuurorganisaties het convenant 'Transitie mosselsector en natuurherstel in de Waddenzee', waarin de partijen overeenkomen dat zij gezamenlijk toewerken naar een mosselsector die onafhankelijk is van de bodemzaadvisserij in 2020. De mosselsector maakt daartoe gebruik van een nieuwe manier van zaadwinning met mosselzaadinvangsystemen (MZI).

De stapsgewijze vervanging van de bodemzaadvisserij door het gebruik van MZI's betekent in principe extra biomassa, immers het sluiten van gebieden voor zaadvisserij kan leiden tot meerjarige wilde sublitorale mosselbanken die er tot nog toe niet of nauwelijks zijn en de MZI's hebben ook enige biomassa. Verder wordt MZI-zaad uit de Oosterschelde en de Voordelta getransporteerd naar de Waddenzee. Deze activiteiten hebben mogelijk tot gevolg dat de Waddenzee en Oosterschelde meer biomassa aan mosselen zullen gaan bevatten. Vanuit het beleid is de hoofdvraag of deze nieuwe activiteiten en de extra mosselbiomassa de instandhoudingsdoelen voor de Natura 2000-gebieden negatief dan wel positief kunnen beïnvloeden.

Doelstelling

Voor het invullen van kennislacunes omtrent nieuwe activiteiten, mosselbiomassa en de instandhoudingsdoelen voor de Natura 2000-gebieden is in 2009 het project 'Effecten Mosselzaadinvanginstallaties' opgezet met daarin 5 werkpakketten. Dit rapport is onderdeel van Werkpakket 1 'Draagkracht van Waddenzee en Oosterschelde voor filtrerende schelpdieren'. De schelpdieren zijn een belangrijke voedselbron voor schelpdieretende vogelsoorten waarvoor instandhoudingsdoelen gelden. Daarmee zijn de schelpdieren direct van belang voor het behalen van de instandhoudingsdoelstellingen.

Het doel van Werkpakket 1 is het detecteren en voorspellen van de invloed van extra MZI-mosselen op de draagkracht van het ecosysteem. Nagegaan wordt in hoeverre er sprake is van een concurrentie-effect, waardoor voedsel niet meer beschikbaar is voor andere soorten schelpdieren; ook wordt nagegaan in hoeverre er verminderde primaire productie optreedt als gevolg van overbegrazing. Door dit laatste effect kan er als geheel minder voedsel in het systeem worden geproduceerd.

In onderhavig document wordt gerapporteerd over de analyse van historische data (taak 1.1) vanaf 1990 tot 2012. De vraagstelling hierbij is :

- Wat is het verloop van de totale schelpdierbiomassa in de loop der tijd en welke trends doen zich voor?
- Is er een verband tussen de biomassa aan filtrerende schelpdieren en groeisnelheid en conditie-index van mosselen en kokkels?
- Is er een verband tussen de biomassa en filtratiecapaciteit van schelpdieren, en de ontwikkeling in de primaire productie?

Toelichting

Schelpdierbestanden kunnen van jaar tot jaar sterk in omvang variëren waardoor er in wisselende mate beslag wordt gelegd op de voedselvoorraad (algen). De hoeveelheid beschikbaar voedsel fluctueert eveneens omdat de primaire productie afhankelijk is van de beschikbaarheid van licht en voedingsstoffen. Verder is de wateruitwisseling per gebied verschillend en daarmee de hoeveelheid voedsel. In jaren met een groot bestand aan schelpdieren en een lage primaire productie zijn effecten van het schelpdierbestand op de draagkracht mogelijk af te lezen uit de groei en de conditie van de schelpdieren in dat jaar. Nadere analyse van historische gegevens over deze variabelen kan worden benut om de draagkracht beter in te schatten en na te gaan bij welke mate van MZI opschaling in bepaalde gebieden, effecten op de draagkracht kunnen worden verwacht.

De historische situatie is niet per definitie te vergelijken met de situatie nu of in de toekomst, daarom moet de analyse van deze gegevens vooral gezien worden als richtinggevend voor verder onderzoek. De analyse wordt gebruikt voor de ontwikkeling van modellen. Met behulp van de modellen kunnen de statistische verbanden die uit de analyse naar voren komen verder worden onderbouwd; de modellen worden gebruikt voor het inschatten van de effecten van de uitbreiding van het mosselbestand als gevolg van de opschaling van MZI's. Zie daarvoor Troost et al, 2013 en Brinkman, 2013.

Aanpak

Er zijn datasets beschikbaar van Waddenzee en Oosterschelde met de belangrijkste schelpdierbestanden (mossel *Mytilus edulis*, kokkel *Cerastoderma edule*, japanse oester *Crassostrea gigas*, strandgaper *Mya arenaria*, mesheft *Ensis americanus*, nonnetje *Macoma balthica*), van de gewichten van geleverde mosselen aan de veiling per deelgebied in Waddenzee en Oosterschelde, en van de grootte van de kokkels in verschillende jaarklassen. De volgende deelgebieden zijn onderscheiden: in de Waddenzee het Marsdiep en de Vliestroom, en in de Oosterschelde: West, Midden, Kom en Noordelijke tak. Per deelgebied zijn tijdreeksen van schelpdierbestanden gekoppeld aan tijdreeksen van de voedselhoeveelheid en -kwaliteit, en aan tijdreeksen van groei en conditie van mosselen en kokkels. Vervolgens zijn correlaties berekend en getoetst.

In onderhavig rapport is de oorspronkelijke analyse over de periode 1992 – 2009 aangevuld met gegevens over 2010, 2011 en 2012. Juist in deze periode is er sprake van een flinke uitbreiding van de invasieve soort mesheft (*Ensis americanus*), met name in de Waddenzee, en dat roept de vraag op welke gevolgen dat heeft voor de draagkracht en de ruimte voor opschaling van de MZI's. De aanvullende analyse is in de annex gerapporteerd.

2. Analyse schelpdierbestanden Oosterschelde 1992-2009

2.1 Inleiding

Traditionele mosselzaadvangst wordt deels vervangen door mosselzaadvangst met Mosselaadinvanginstallaties (MZI's). Om de effecten hiervan op het ecosysteem in de Oosterschelde te onderzoeken is een reconstructie gemaakt van recente tijdreeksen van filterfeeder bestanden, primaire productie en van groei van kokkels en mosselen. Op basis hiervan kan de situatie vóór toepassing van MZI's worden ingeschat en kunnen hypothesen worden geformuleerd over het verband tussen bestandsgrootte, primaire productie en populatiegroei, als basis voor effectanalyse van uitbreiding MZI's op de voedselbeschikbaarheid voor de overige filterfeeders.

Kennisvragen

In de opdracht voor de MZI studie zijn de kennisvragen als volgt geformuleerd:

- *Is de productie van mosselen, kokkels en andere filterfeeders in de Oosterschelde beperkt?*
- *Is het voedsel voor filterfeeders in de Oosterschelde beperkend?*
- *Heeft verhoging van de aanwezige biomassa filterfeeders effecten op de groei van die filterfeeders?*

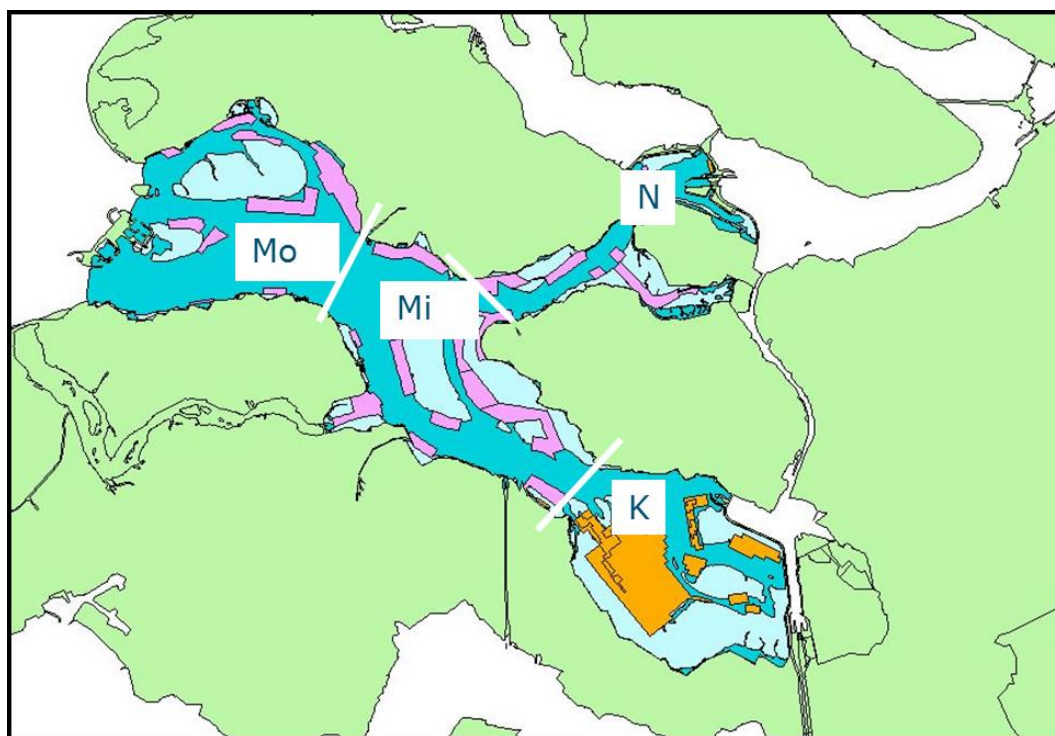
2.2 Methoden

Gebieden

In de Oosterschelde zijn 4 deelgebieden onderscheiden, Mond, Midden, Kom en Noordelijke Tak (Figuur 2-1 en Tabel 2-1).

Tabel 2-1. Karakteristieken van de 4 deelgebieden in de Oosterschelde (Mond, Midden, Kom en Noordelijke Tak).

	Mond	Midden	Noord	Kom
Totaal opp (km ²)	106	107	46	92
Diepte (m)	12.15	10.35	4.2	8.2
Volume (10 ⁶ m ³)	1150	996	262	333
Getijverschil (cm)	247	290	303	331
Zoetwatertoevoer (m ³ s ⁻¹)	0	0	25	0



Figuur 2-1. Oosterschelde met 4 deelgebieden (MO=monding, MI= midden, N=Noordelijke tak en K=Kom); in paars mosselkweekpercelen en in geel mosselverwaterplaatsen en oesterkweekpercelen.

Biomassa data

Mossel, kokkel, nonnetje

Survey data zijn gebruikt om de biomassa van mosselen (*Mytilus edulis*), nonnetjes (*Macoma balthica*) en kokkels (*Cerastoderma edule*) te bepalen (dataset IMARES). Deze jaarlijks uitgevoerde surveys zijn zo opgezet dat er een gebiedsdekkende schatting van het totale bestand wordt gemaakt op basis van een groot aantal meetstations.

Mesheft en muiltje

Voor de mesheft (*Ensis sp.*) en het muiltje (*Crepidula fornicata*) zijn biomassa data aan het BIOMON programma ontleend (RWS Waterdienst, afdeling WGML, Cluster: Monitoring). Voor BIOMON worden bemonsteringen uitgevoerd in gebieden (plots) in monding, noordelijke tak en kom, maar niet in Middengebied. Mosselpercelen worden niet bemonsterd voor deze soorten. Iedere plot werd verdeeld in vier dieptestrata: eulitoraal, 2 tot 5m diep t.o.v. NAP, 5 tot 8m diep t.o.v. NAP, en dieper dan 8m t.o.v. NAP. Binnen ieder dieptestratum werden sinds najaar 1994 per deelgebied telkens dezelfde 10 punten bemonsterd, resulterend in 40 monsters per plot (zie voor verdere beschrijving methoden bemonstering BIOMON rapportages). De BIOMON data per plot in een deelgebied wordt geëxtrapoleerd naar het gehele gebied door de biomassa per m² te vermenigvuldigen met het oppervlak van het deelgebied. Voor het middengebied is uitgegaan van het gemiddelde van de overige gebieden. Het extrapoleren van data van plots naar grotere gebieden kan leiden tot fouten waardoor de biomassa schatting van mesheft en muiltje veel minder betrouwbaar is dan van mossel, kokkel en nonnetje.

MZI-mosselzaad en oesters

MZI-mosselen: Vanaf 2008 is op behoorlijke schaal gebruik gemaakt van MZI's. De totale oogst in kg werd geregistreerd en is gebruikt als biomassa schatting in 2008 en 2009.

Gekweekte oesterbestanden (*Crassostrea gigas*) zijn bepaald aan de hand van aanlandingsdata van 1990-2003. Voor de resterende jaren 2003-2009 is eenzelfde waarde als 2003 aangenomen. Er wordt uitgegaan van een kweekcyclus van 3 jaar, dus de aanlandingen zijn met 3 vermenigvuldigd om de biomassa te schatten.

Wilde oesterbestanden (*Crassostrea gigas*) zijn bepaald aan de hand van Smaal et al. (2009). Hierin is d.m.v. een schatting van de gemiddelde bedekking en bepalingen van biomassa in gesampelde kwadraten een reconstructie gemaakt van de biomassa wilde oesters per deelgebied voor een 4-tal jaren (1980, 1990, 2002, 2005). De ontbrekende jaren van 1992-2009 jaren zijn lineaire inter- en extrapolaties van deze 4-tal jaren. Omdat er een toename is van de oesterbiomassa tussen 1980 en 2005, resulteert dit in een gestaag toenemende biomassa zonder enige variatie. In 2006-2008 is totaal respectievelijk 12, 13 en 20 miljoen kg aan verse oesters opgevisst in de deelgebieden Midden en Kom. Dit is in mindering gebracht op het totale oesterbestand. Hierbij is aangenomen dat er in de Kom en het middengebied evenveel is opgevisst.

Hardsubstraat fauna

Aan de schattingen voor biomassa van filterfeeding fauna op hard-substraat (hard-sub) ligt de publicatie Leewis et al. (1994) ten grondslag. Hierin staan resultaten van metingen door duikers op 56 meetpunten over 8 transecten tot een diepte van 15 meter in de periode tussen 1984 en 1991. Deze data laten een daling in de as-vrij drooggewicht (ADW) biomassa/m² van hard-sub fauna zien in de jaren na voltooiing van de Oosterschelde kering ten gevolge van verslibbing. In de jaren '90 is de biomassa weer toegenomen, mogelijk door aanpassing aan het slibgehalte of een verandering van soortensamenstelling. In de analyse is uitgegaan van de biomassa per m² van 1991 en is deze geëxtrapoleerd naar het hele gebied op basis van schattingen van het oppervlak hard substraat: Monding 7.34km², Midden 1.43km², Noordtak 1.49km² en Kom 0.36km² (totaal 10.62km²).

Conversies

Conversie van totaal natgewicht naar as-vrij drooggewicht is gebaseerd op de factoren uit tabel 1

Voor mesheft, nonnetje en muiltje zijn dezelfde conversiefactoren gebruikt als voor mosselen. De filtratie capaciteit is geschat o.b.v. Tabel 2-2, aannemende dat elk individu een gewicht van 1 gram heeft. Hierbij zijn voor nonnetje en muiltje dezelfde formule gebruikt als voor mosselen. Deze filtratiecapaciteit wordt uiteindelijk in dit rapport **niet** gebruikt omdat dit de betrouwbaarheid van schattingen niet duidelijk verbetert, vanwege onzekerheden in de filtratiewaarden.

Tabel 2-2: Conversiefactoren van nat-vleesgewicht (WFW) naar droog-vleesgewicht (DFW) en naar as-vrij drooggewicht (ADW). Filtratie capaciteit (in L/h) = aW^b (W=individueel gewicht in g DFW).

Soort	DFW/WFW	ADW/WFW	filtratie capaciteit:		Referentie
			A	b	
<i>Mytilus edulis</i>	0.25	0.2	2.5	0.55	Scholten & van der Tol, 1994
<i>Cerastoderma edule</i>	0.3	0.25	1.5	0.65	Scholten & van der Tol, 1994
<i>Crassostrea gigas</i>	0.25	0.2	3	0.7	Troost, 2009
<i>Ostrea edulis</i>	0.25	0.2	2	0.7	Bougrier et al., 1995
hardsub fauna			1.5	1	Scholten & van der Tol, 1994
<i>Ensis directus</i> (= <i>Ensis americanus</i>)			2.1	0.7	Witbaard & Kamermans in prep.

Groeigegevens

Mossel

Het gemiddelde vleespercentage van mosselen in juli-oktober is genomen als benadering voor de groei op percelen in een betreffend jaar. Hiervoor zijn de aanvoerstatistieken van mosselen uit alle percelen van de Oosterschelde gebruikt van de periode 1988-2010. Drie deelgebieden worden hierin meegenomen: Midden, Mond en Noordtak. Dit resulteert in een curve in elk van de drie deelgebieden zoals te zien in de bijlage 2A, figuur 1.

Kokkel

Als benadering voor de groei van kokkels is de groei in individueel gewicht van alle 0 tot 1-jarige kokkels genomen uit de kokkel vakken data (1991-2007). In 1991 is een onderzoek opgezet naar de ontwikkeling van kokkelbestanden in onderzoek vakken. Door het meerdere jaren volgen van vaste onderzoeklocaties is het de bedoeling meer inzicht te krijgen in de factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van kokkelbestanden. Op 18 plaatsen met een goede kokkeldichtheid in de Oosterschelde is een vak uitgezet van 40 bij 40 meter. Dit project is uitgevoerd t/m 2007.

De bemonstering is lopend gedaan, met een steekbuis zijn random 50 monsters genomen, die als 1 verder zijn behandeld. De kokkels zijn geteld, gewogen en gemeten en de jaarklasse bepaald. Broedval van kokkels vindt plaats in september van het jaar x. De kokkelsurvey vindt plaats in mei van het volgende jaar (jaar x+1), 8 maanden na de broedval. Dientengevolge zijn '0-jarige' kokkels uit jaar x, gemeten in jaar x + 1 inmiddels 8 maanden oud, terwijl '1-jarige' kokkels gemeten in jaar x+1 van de broedval van het jaar x-1 komen en dus 1 jaar en 8 maanden zijn.

Voor het bepalen van de groei is eerst de fractie overlevenden bepaald door de aantallen 0-jarigen in jaar x te delen door de aantallen 1-jarigen in jaar x+1. Vervolgens is deze fractie gebruikt om te bepalen hoeveel biomassa 0-jarigen tot het jaar x+1 heeft overleefd. Die overlevende biomassa 0-jarigen is afgetrokken van de biomassa 1-jarigen om te komen tot de populatietoename in biomassa. We nemen dus aan dat het aantal 1-jarige een maat is voor het aantal 0-jarigen dat is gaan groeien (de gemiddelde individuele groei verkrijgt men vervolgens door dit verschil in biomassa te delen door het aantal 1-jarigen). Omdat met de populatietoename de invloed van wisselende rekrutering over verschillende jaren duidelijker is en niet duidelijk is of intraspecifieke concurrentie invloed heeft op de individuele groei van kokkels, is de individuele maat voor groei niet gebruikt, maar is gekozen voor de groei op

populatie-niveau, uitgedrukt als groei in totaal gewicht (met schelp) per m². Omdat het aantal 1-jarigen als maat genomen wordt voor het aantal 0-jarigen wat is gegroeid, onderschat deze methode het gewicht aan dode biomassa (kokkels kunnen ook na groeien doodgaan), en geeft daardoor een overschatting van de populatietoename in biomassa van de kokkels aangetroffen in de kokkelsurvey. De berekening is ook gebruikt voor groeicurves voor individuele kokkels in de 4 deelgebieden: zie daarvoor figuur 2 in bijlage 2D.

Primaire productie

Jaarlijkse gemiddelden van primaire productie in de vier deelgebieden in de periode 1991-2010 zijn aangeleverd door Sairah Malkin (NIOO-CEME, Yerseke). Beschrijving van de methode en verdere analyse van deze primaire productie is beschreven in het rapport van Malkin et al (2011).

2.3 Resultaten

De biomassa data in as-vrij drooggewicht (ADW) zijn weergegeven in bijlage 2B in de tijdseries van de gemeten biomassa's met temporele variatie (MZI) mossel, nonnetje, kokkel, mesheft, oester en muiltje en in 2 figuren met een tijdserie met wilde oester en hard-sub fauna biomassa (respectievelijk +/- constant toenemend en constant).

Regressie

Door middel van lineaire regressie is bekeken of de tijdseries van de biomassa standing stock, groei en primaire productie (GPP) gecorreleerd zijn. De significantie in de regressies met biomassa wordt in grote mate bepaald door de biomassa wilde oesters en gestoord door de extra biomassa van mesheft, muiltje, gekweekte oester en MZI-mosselen. Hoewel de kokkel en mossel biomassa data net zo variabel is als dat van mesheft en muiltje, blijken deze data verschillend van waarde voor de regressies. Waar de kokkel en mossel data wel essentieel zijn in het verklaren van meerdere regressies, is de data van mesheft en muiltje een storende factor die zorgt voor een grotere variatie buiten de regressielijn. Gegeven de oorsprong van deze data is de conclusie dat de BIOMON data van mesheft en muiltje niet geschikt is om een biomassa schatting mee te doen.

In de hierop volgende analyse is daarom alleen gefocust op de biomassa dataset KCM (kokkel, oester - *Crassostrea* en mossel) en worden de termen biomassa en KCM uitgewisseld, en dit is gebaseerd op de gebiedsdekkende gegevens van mossel, kokkel, oester stocks. Ook de nonnetje stock is hierin meegenomen, maar die is zeer gering.

Sommige uitzonderlijke jaren veroorzaken of verminderen significantie van relaties: 2006 is een jaar geweest met uitzonderlijk lage mosselgroei in de deelgebieden Midden en Monding. 2005 en 2007 zijn jaren met lage mossel groei geweest in de Noordtak, 2007 ook in Midden. Bij verwijdering van deze jaren uit de datasets verbeteren de meeste relaties (aanzienlijk), maar relaties in de Noordtak blijven afwezig. Voor de gehele Oosterschelde dataset levert alleen verwijdering van 2006 een verbetering op in de relaties tussen mosselgroei en biomassa. Hoge kokkelgroei veroorzaakt een verlies van significantie in de meeste regressies, behalve 2001 in de Kom die juist essentieel is voor de significantie van de relatie. Kokkelgroei in Kom en Midden is uitzonderlijk hoog in 2001. 2007 is ook een jaar met hoge kokkelgroei (in tegenstelling tot mosselgroei) in Midden, net als in de Mond waar ook 1994, 2001 en 2005 hoge kokkelgroei vertonen.

Tabel 2-3: (Significante) relaties met p-waarde bij F-test. In grijs de regressies na het weglaten van uitbijters: voor de relaties met Kokkel groei zijn alle groeisnelheden boven de 200 g/jaar verwijderd. Voor de relaties met Mossel groei zijn vlees percentages onder de 20% weggelaten.

KOM

	p-waarde	Adjusted R ²	relatie	Fig.
Kokkel groei ~ GPP	0.0319	0.238	+	3.2.1
Kokkel groei ~ GPP minus 2001	n.s.			

MIDDEN

	p-waarde	Adjusted R ²	relatie	Fig.
Mossel groei ~ KCM	n.s.			
Mossel groei ~ KCM minus 2006 en 2007	0.0234	0.331	-	3.2.2
Kokkel groei ~GPP	n.s.			
Kokkel groei ~GPP minus 2001 en 2006	0.0012	0.673	+	3.2.3

MOND:

	p-waarde	Adjusted R ²	relatie	Fig.
KCM ~ GPP	0.0462	0.178	+	3.2.4
KCM ~ GPP minus 2006	5,98*10 ⁻⁵	0.647	+	
Mossel groei ~ KCM	0.0084	0.321	-	3.2.5
Mossel groei ~ KCM minus 2006	0.0087	0.335	-	
Kokkel groei ~GPP	n.s.			
Kokkel groei ~GPP minus 1994, 2001, 2005 en 2007	0.033	0.348	+	3.2.6

OOSTERSCHELDE:

	p-waarde	Adjusted R ²	relatie	Fig.
Mossel groei ~ KCM	0.0077	0.328	-	3.2.7
Mossel groei ~ KCM minus 2006	0.0057	0.370	-	

*ook zonder Kom data significant

Relaties per deelgebied

In de Noordelijke tak worden geen enkele significante relaties gevonden. In de overige drie deelgebieden en ook voor de complete Oosterschelde vinden we wel significante relaties (Tabel 2-3).

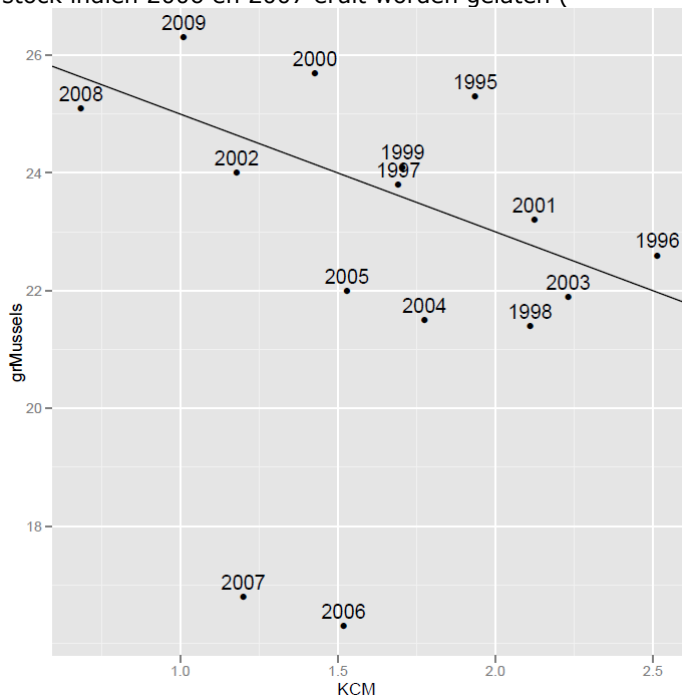
Kom

In de Kom is de groei van kokkels positief gerelateerd aan primaire productie (GPP); dit is echter toe te schrijven aan de uitzonderlijk goede groei in 2001; indien deze wordt weggelaten is er geen significant verband (Figuur 2-2).

Middengebied

Voor het middengebied is er een significant verband tussen kokkelgroei en GPP indien de jaren 2001 en 2006 worden weggelaten. Er is een significant negatief verband tussen mosselgroei en totale schelpdier

stock indien 2006 en 2007 eruit worden gelaten (



Figuur 2-3, Figuur 2-4).

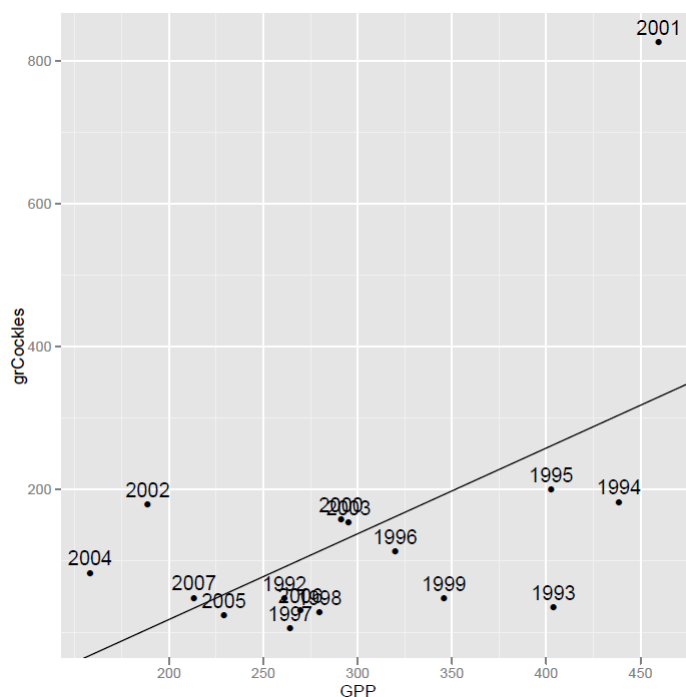
Monding

In de Monding is er een negatief verband tussen mosselgroei en schelpdierstock; er is een positief verband tussen GPP en totale stock (Figuur 2-5 t/m Figuur 2-7).

Oosterschelde gemiddeld

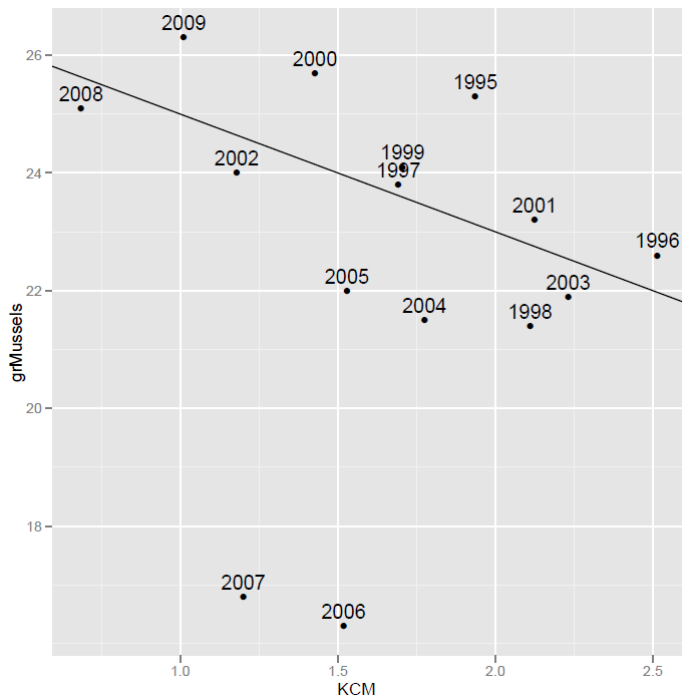
Voor het hele gebied geldt dat mosselgroei een negatief verband vertoont met de totale schelpdierstock (Figuur 2-8).

Regressies KOM

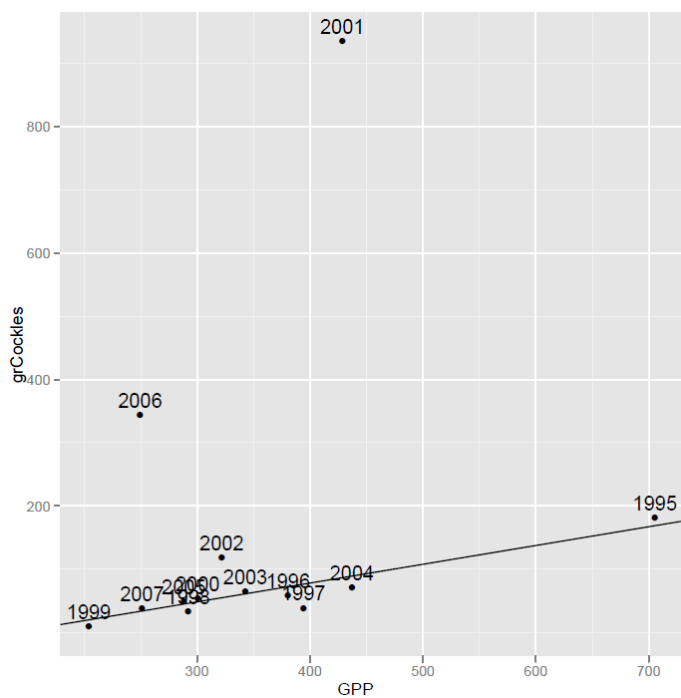


Figuur 2-2. Relatie tussen groei van 0-1 jarige kokkels (grCockles, in g versgewicht per m²) en primaire productie (GPP, in gC m⁻² year⁻¹) in deelgebied de Kom.

Regressies MIDDEN

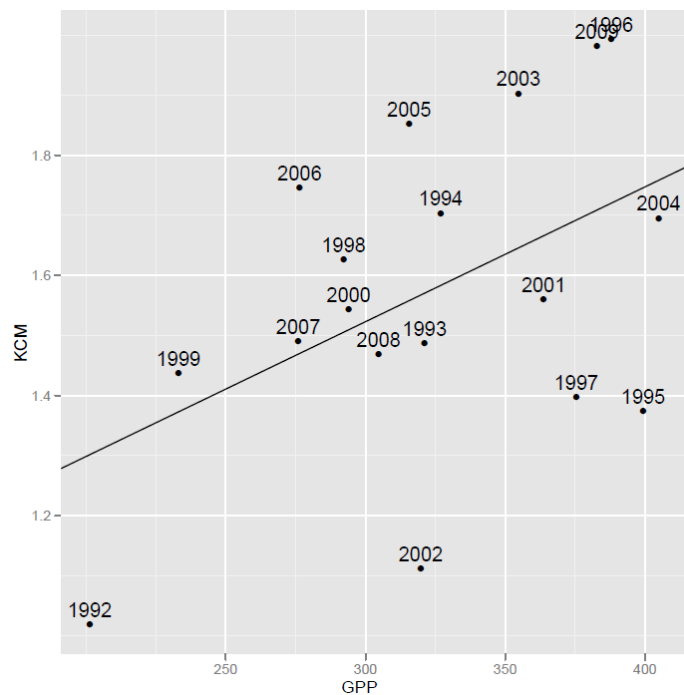


Figuur 2-3. Relatie tussen mossel vleesgewicht (grMussels, %vlees van totaal) en biomassa kokkels mosselen, nonnetje en wilde oesters (KCM, in 10⁶ kg) in deelgebied Midden.

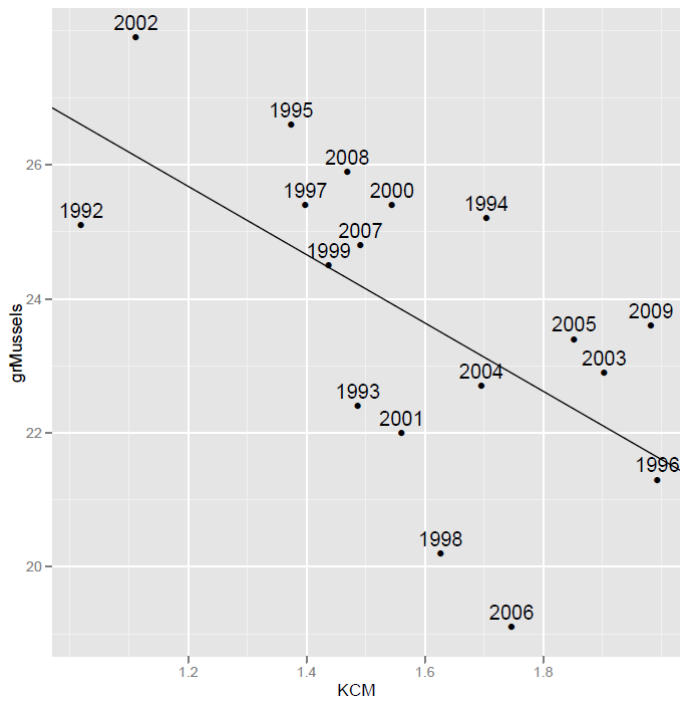


Figuur 2-4. Relatie tussen groei van 0-1 jarige kokkels (grCockles, in g/m²) en primaire productie (GPP, in gC m⁻² year⁻¹) in deelgebied Midden.

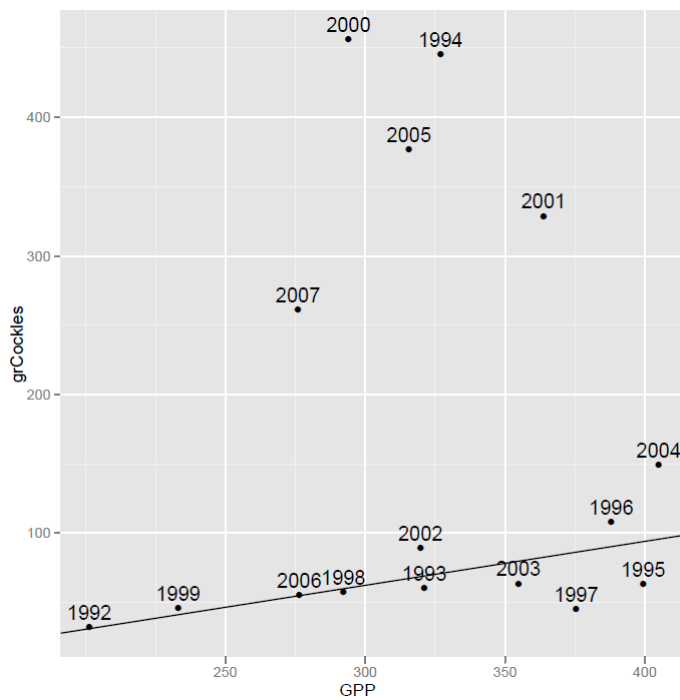
Regressies MOND



Figuur 2-5. Relatie tussen biomassa kokkels mosselen, nonnetje en wilde oesters (KCM, in 10⁶ kg) en primaire productie (GPP, in gC m⁻² year⁻¹) in deelgebied Monding.

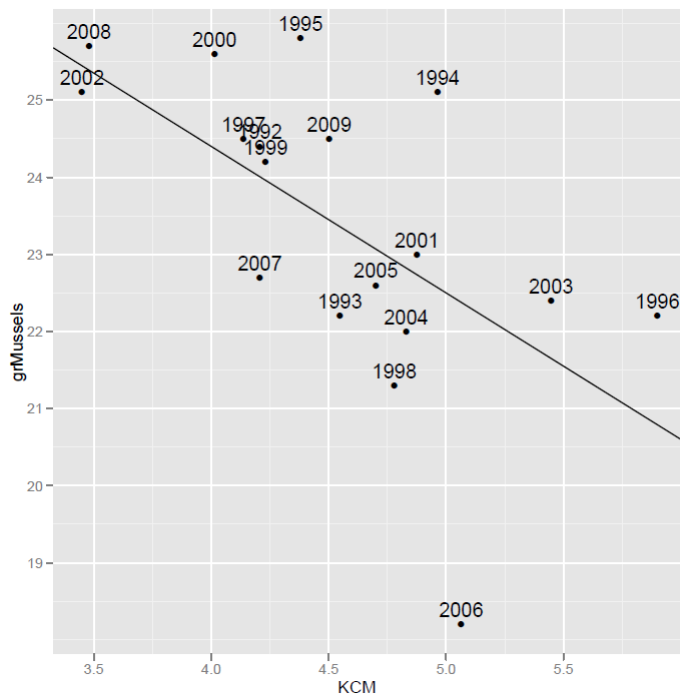


Figuur 2-6. Relatie tussen mossel vleesgewicht (grMussels, %vlees van totaal) en biomassa kokkels mosselen, nonnetje en wilde oesters (KCM, in 106 kg) in deelgebied Monding.



Figuur 2-7. Relatie tussen groei van 0-1 jarige kokkels (grCockles, in g/m²) en primaire productie (GPP, in gC m⁻² year⁻¹) in deelgebied de Monding.

Regressies OOSTERSCHELDE



Figuur 2-8. Relatie tussen mossel vleesgewicht (grMussels, %vlees van totaal) en biomassa kokkels mosselen, nonnetje en wilde oesters (KCM, in 10^6 kg) in de totale Oosterschelde.

2.4 Discussie

In de Noordelijke tak zijn geen significante relaties aangetroffen tussen groei, biomassa en primaire productie. Dit kan komen doordat de opbrengsten van de mosselpercelen in de Noordtak erg onregelmatig zijn.

De enige groeidata die zonder verwijdering van jaren significant (positief) gerelateerd is aan primaire productie (GPP) is die van de kokkels in de Kom. Echter, na verwijdering van het jaar 2001, een duidelijke uitbijter, verdwijnt deze significantie. Andere significanties verschijnen juist bij het verwijderen van de jaren met hoge kokkelgroei (boven de 200 gram vers/m²/jaar). Dit geeft waarschijnlijk aan dat de benadering voor groei in kokkels van 0 tot 1 jaar een overschatting geeft bij hoge groei. De jaren met hoge kokkelgroei zijn veelal de jaren met lage mosselgroei (2005-2007). Hierdoor wordt er minder voedsel opgenomen door mosselen, wat wel beschikbaar kan zijn voor kokkels. Dit kan bij kokkels leiden tot groei die minder voedselafhankelijk is en daardoor hoger dan verwacht bij de relatie tussen kokkelgroei en GPP.

Bij de relatie tussen mosselgroei en GPP zijn wel trends aanwezig maar de relaties zijn nooit significant. Dit was wel het geval in eerdere studies over hetzelfde onderwerp (Van Stralen & Dijkema 1994, Smaal et al. 2001).

Overeenkomstig met zowel Van Stralen & Dijkema (1994) en Smaal et al. (2001) vinden we in dit rapport een negatieve relatie tussen vleesgewicht en biomassa (of filtratie), ook al gebruikten wij biomassa van kokkels, mosselen, nonnetje en wilde oesters, terwijl Van Stralen & Dijkema (1994) en Smaal et al. (2001) enkel kokkels en mossel biomassa gebruikten. Van Stralen & Dijkema (1994) stelden dat de negatieve relatie laat zien dat de draagkracht voor de Oosterschelde bereikt is. Smaal et al. (2001) liet een gebrek aan significante relatie zien in diezelfde relatie in de jaren na gereed komen van de Oosterscheldekering (1987). Verlies van deze significantie zou erop kunnen wijzen dat de schelpdiervoorraad inmiddels niet meer limiterend is voor de groei van mosselen. Smaal et al. (2001) stelden echter dat het verlies van de significante relatie na de Oosterscheldekering zou kunnen wijzen op aanpassing van de kwekers aan de nieuwe omstandigheden in de Oosterschelde na gereed komen van de stormvloedkering.

In alle drie de deelgebieden waar mosselen gekweekt worden zien we nu een significant negatieve relatie van mosselgroei met biomassa (KCM). Hierin spelen de oesters een belangrijke rol. Dit heeft niet alleen met de voorraad te maken maar ook met de relatief grote filtratiecapaciteit van oesters. Kokkel populatiegroei is gebaseerd op de groei van jonge kokkels (van 1 naar 2 jaar). Vanwege het ontbreken van cijfers over sterfte is er een vaste sterftesnelheid aangenomen. Mogelijk daardoor zijn de schattingen van de groei in jaren met veel biomassa een overschatting waardoor regressies met GPP enkel significant bevonden worden als deze piek-jaren verwijderd worden. Regressies tussen kokkelgroei en biomassa waren niet significant.

Wilde oester biomassa is berekend uit reconstructies van bedekkingen en biomassa bepalingen in plots en extrapolatie van de vertoonde groei over de jaren. Er vinden geen gebiedsdekkende surveys plaats om de biomassa van wilde oesters te bepalen; evenmin is bekend hoeveel de oesters gegroeid zijn in een jaar. Dit maakt het onmogelijk om een schatting te maken van (historische) populatiegroei of productie.

Ondanks deze beperkingen kan worden geconcludeerd dat in de jaren met een hoge schelpdierstock de vleesgewichten van de mosselen lager zijn dan in jaren met een kleinere stock. Dit wijst op competitie om voedsel. De vraag in hoeverre een uitbreiding van de schelpdierstock met mosselzaad aan MZI's hierop invloed heeft valt hier niet direct mee te beantwoorden. De totale voorraad mosselzaad aan MZI's is beperkt, en de verplaatsing van mosselzaad van de Oosterschelde naar de Waddenzee, na de oogst van de MZI's, betekent dat er geen sprake is van een kwantitatief belangrijke biomassa toename in de Oosterschelde.

Beantwoording Kennisvragen

Is de productie van mosselen, kokkels en andere filterfeeders in de Oosterschelde beperkt?

Productie is altijd beperkt; de groei van kokkels is niet te relateren aan externe factoren, en de gestage uitbreiding van het oesterbestand wijst ook niet op externe beperkingen; alleen de vleesgewichten van mosselen laten een negatief verband zien met de omvang van het schelpdierbestand – dus een indicatie voor onderlinge concurrentie om voedsel -, maar er is geen verband tussen primaire productie en groei.

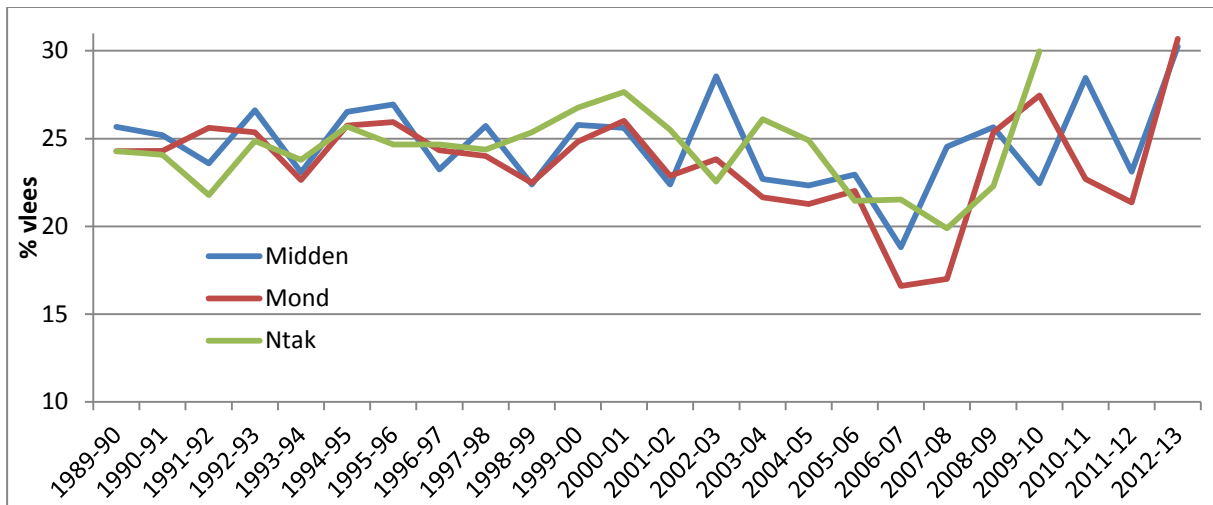
Is het voedsel voor filterfeeders in de Oosterschelde beperkend?

In principe is voedsel altijd beperkend, want anders zou de populatie zich verder uitbreiden; in feite zien we dat ook bij de oesters, en de vraag is in hoeverre dit ten koste gaat van de voedselbeschikbaarheid voor andere schelpdiersoorten.

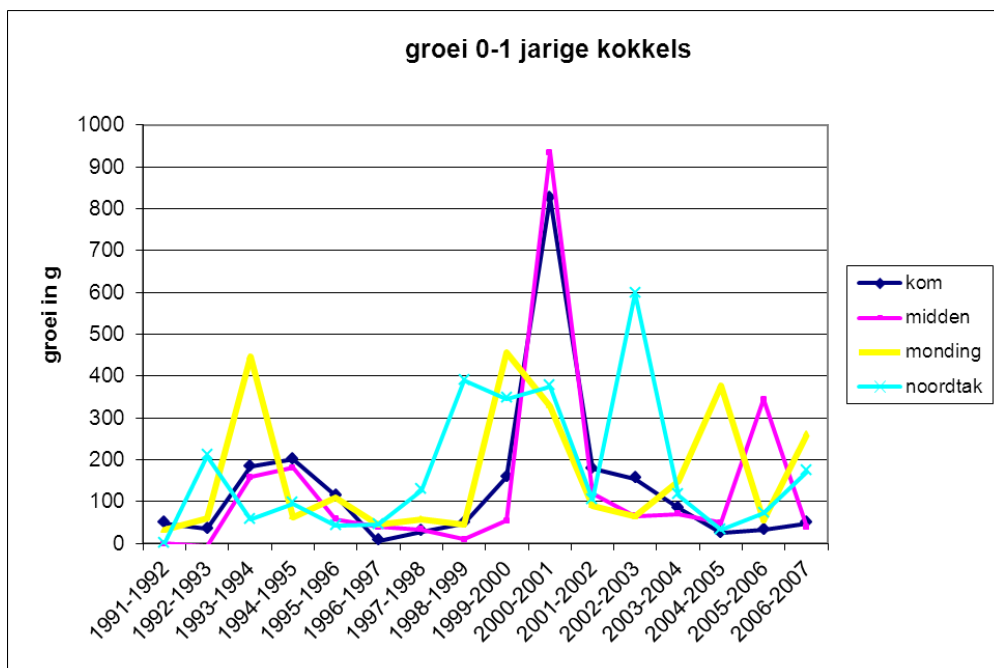
Heeft verhoging van de aanwezige biomassa filterfeeders effecten op de groei van die filterfeeders?

Uit het negatieve verband tussen mosselgroei en totale schelpdiervoorraad volgt dat meer schelpieren betekent minder ruimte voor mosselgroei. Het hangt echter af van de totale bestandsomvang en de relatie met de voedselproductie. In een recent paper van Smaal et al. (2013) wordt de hypothese geformuleerd dat de Oosterschelde overbegraasd is omdat de primaire productie in vijftien jaar tijd is gehalveerd, terwijl de beschikbaarheid van nutriënten (stikstof en fosfaat) niet is veranderd en ook niet sterk beperkend is. Er is ook een relatieve toename van heel klein fytoplankton vastgesteld, dat niet wordt gefiltreerd door de schelpdieren en mogelijk voordeel heeft van sterke graas op de grotere cellen. Dit zou betekenen dat verhoging van het filterfeeder bestand negatief is voor schelpdiergroei. Dit is echter afhankelijk van de omvang van het bestand en van de locatie omdat er in de Oosterschelde grote ruimtelijke verschillen zijn. Verder blijkt dat de mosselgroei juist in de recente jaren beter was dan voorheen. Dit levert dus geen eenduidige conclusie op over de effecten van MZI mosselen op het systeem.

Bijlage 2A: vleesgewicht mosselen en groei kokkels

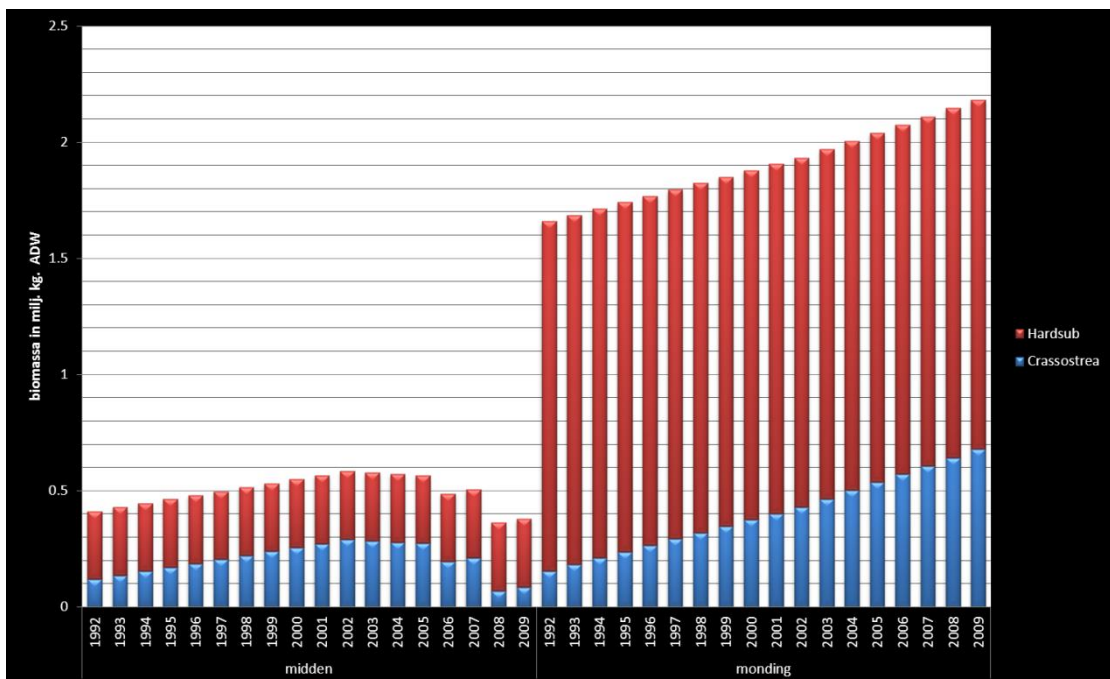
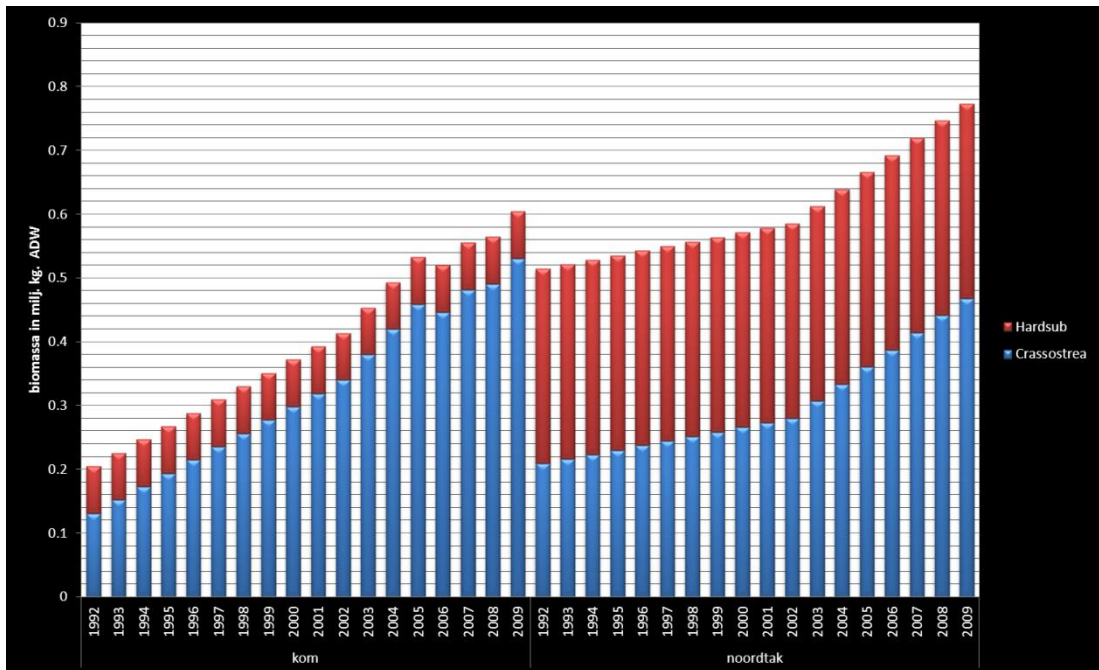


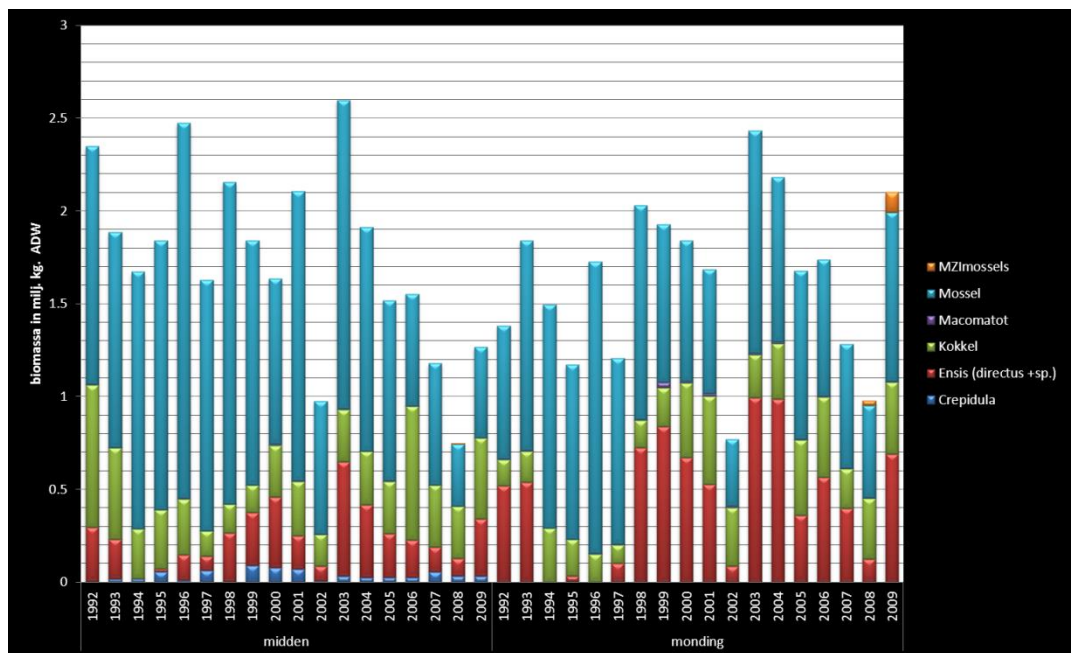
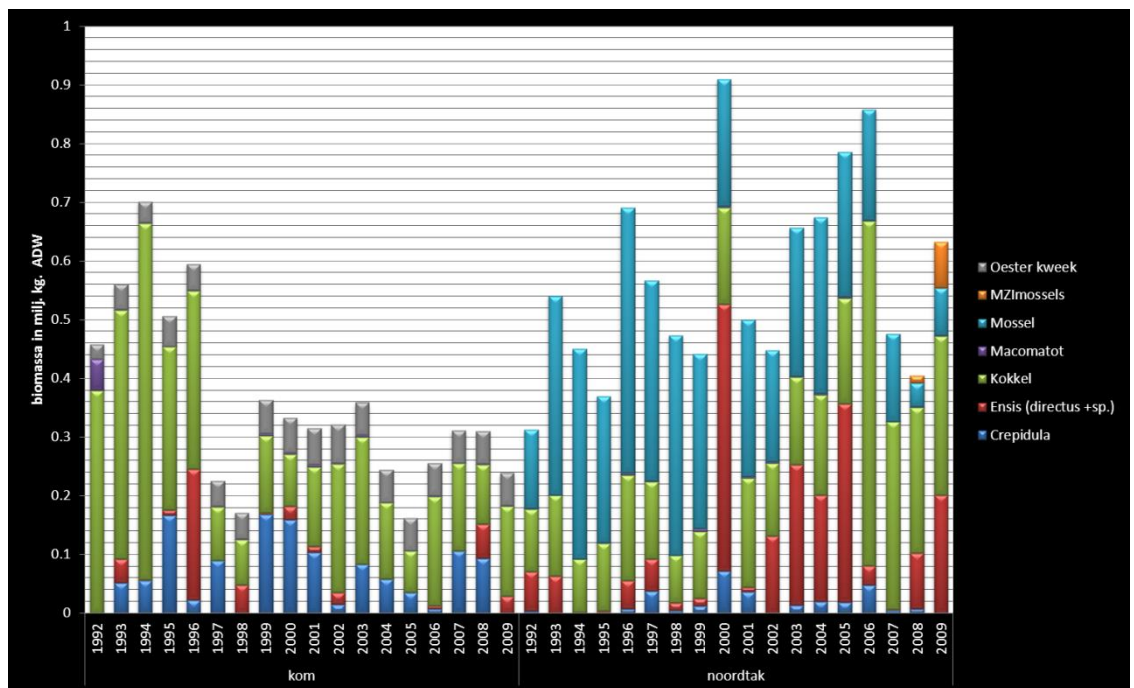
Figuur 1: Vleespercentage van mosselen per deelgebied gemiddeld van juni-mei over de periode 1988-2013 (bron Productschap Vis). (In de Kom zijn geen percelen, en in de Noordtak zijn vanaf 2010 geen mosselen meer geleverd).



Figuur 2: Populatiegroei (in g/m²) van de eerste jaarklasse kokkels (0 jaar-1 jaar) over de periode 1991-2007 van de kokkels aangetroffen in de monsters van de kokkelvakkenmonitoring.

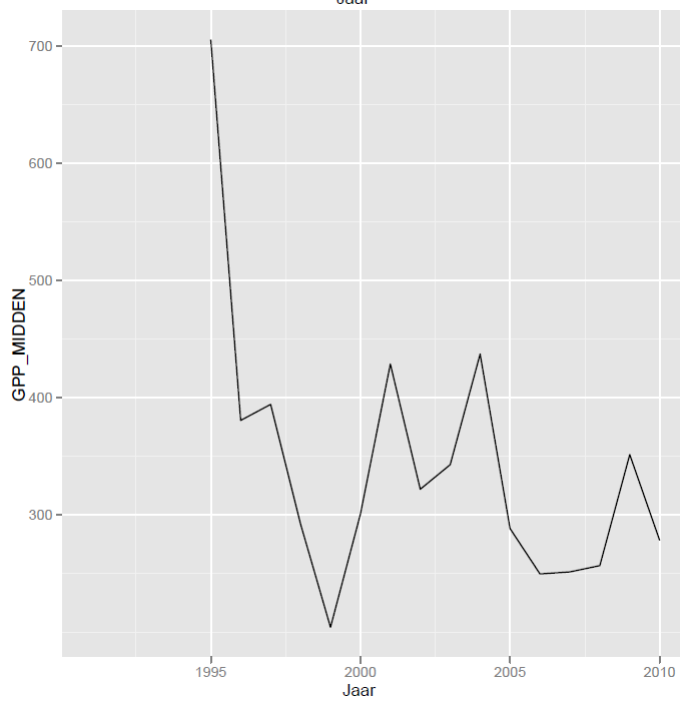
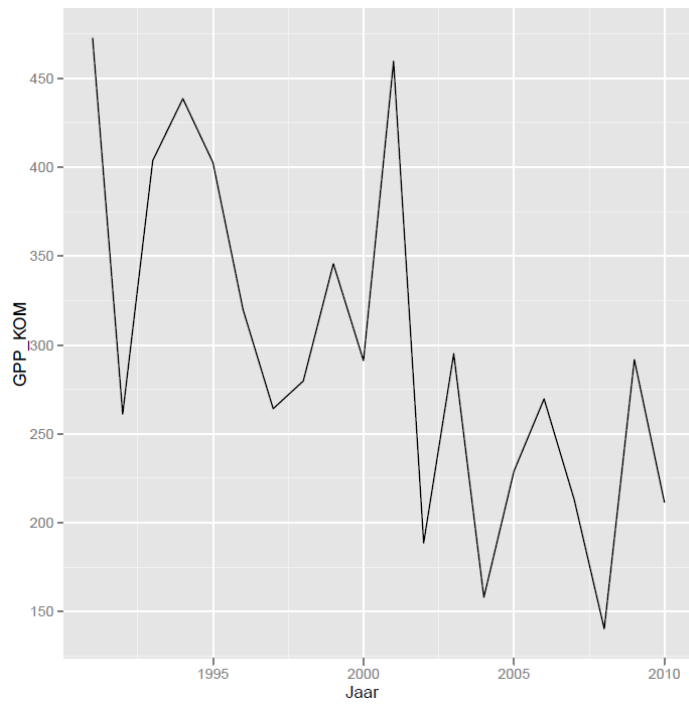
Bijlage 2B: biomassa data

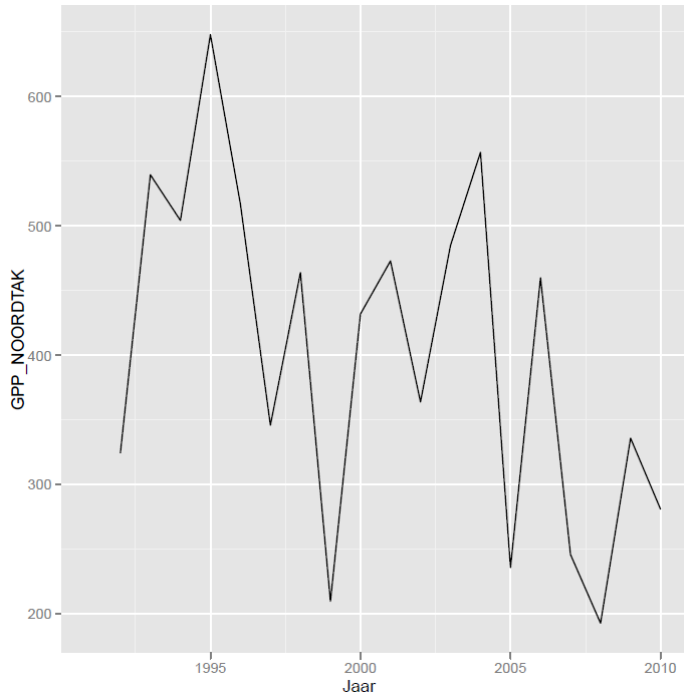
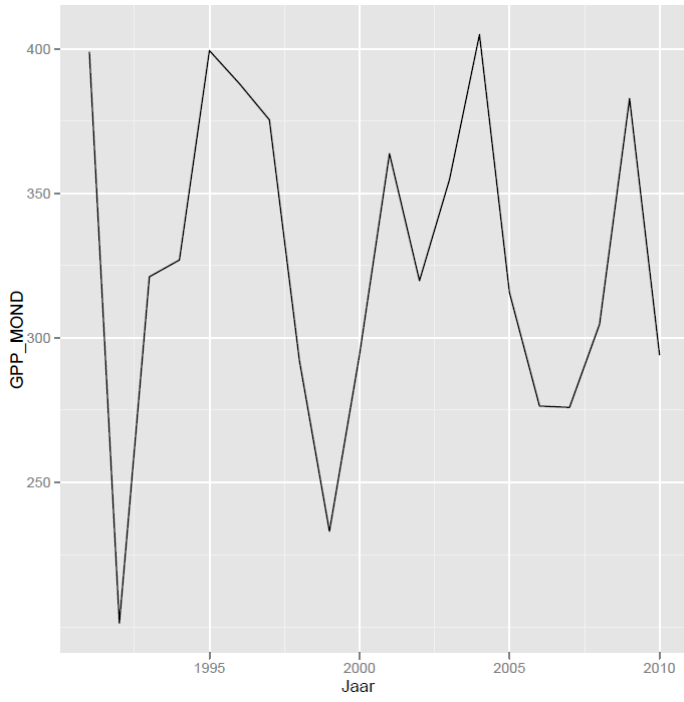


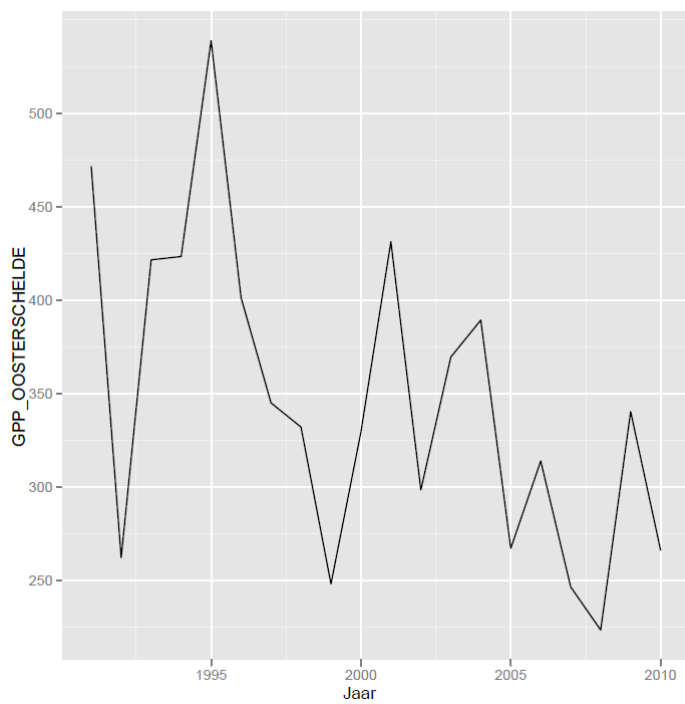


Figuren 3: Biomassa as-vrij drooggewicht (ADW, in 10^6 kg) van hardsub en wilde oester (*Crassostrea*), en variabele bestanden (MZImosselen, mosselen (*Mytilus edulis*), nonnetje (*Macoma*), kokkels (*Cerastoderma edule*), mesheft (*Ensis directus + sp.*) en multje (*Crepidula fornicata*) in de vier deelgebieden (Kom, Noordtak, Midden en Mond).

Bijlage 2C: Primaire productie data per deelgebied





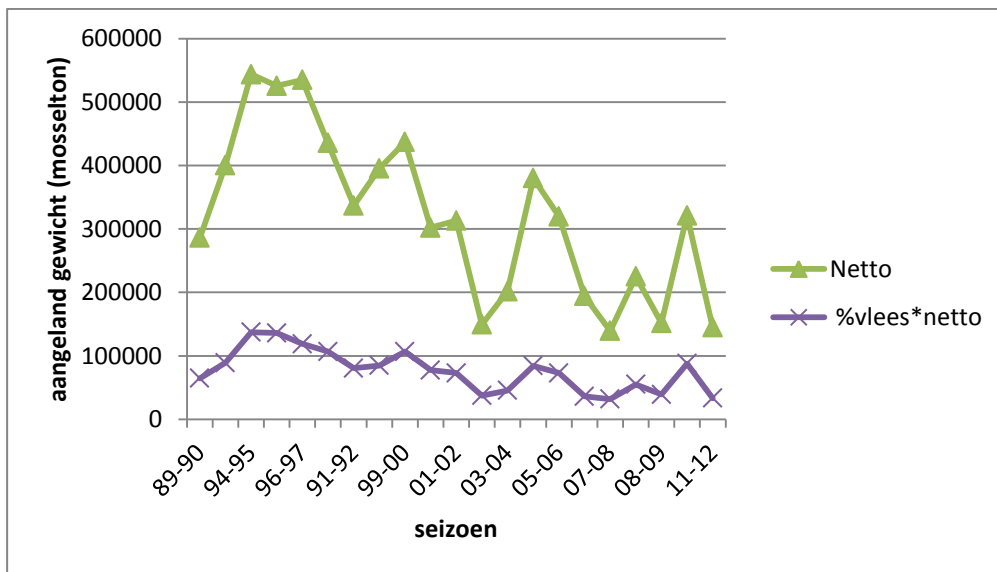


Figuren 4: Primaire productie (GPP, gC m⁻²jaar⁻¹) tussen 1991 en 2010 voor vier deelgebieden (Kom, Midden, Mond, Noordtak) en de gehele Oosterschelde. Voor het deelgebied Midden is geen GPP beschikbaar van voor 1995, en voor de Noordtak niet van het jaar 1991.

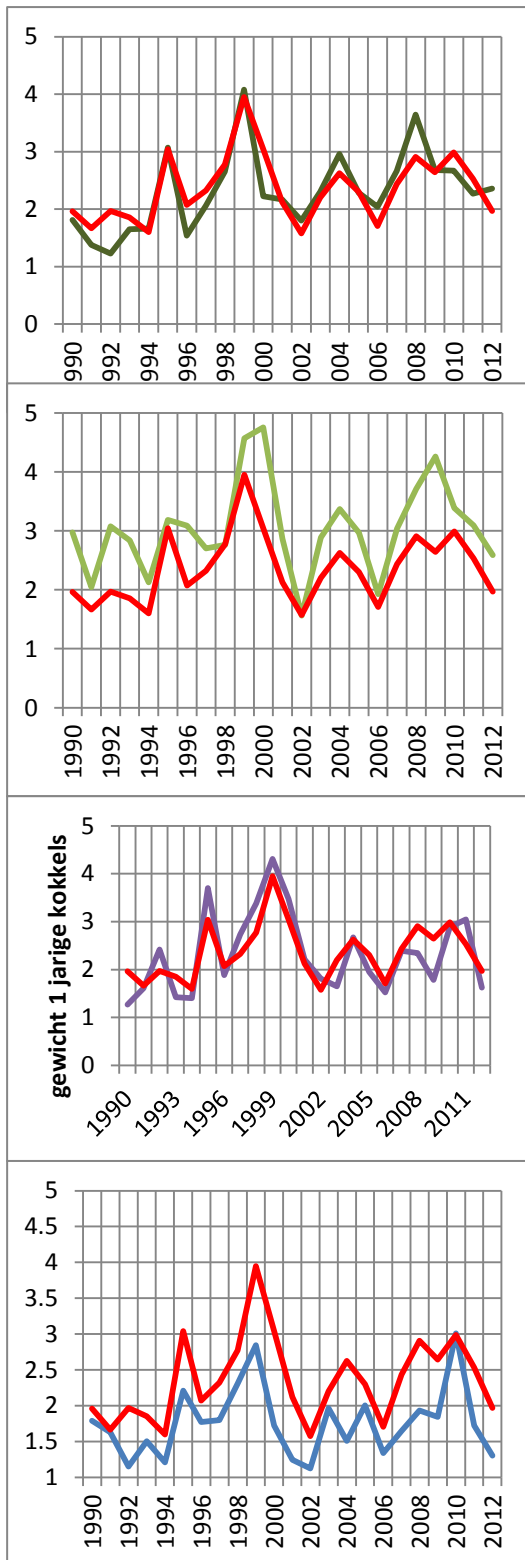
Bijlage 2D: Uitbreiding dataseries t/m 2012

In een vervolgopdracht is de tijdserie van de Oosterschelde aangevuld tot en met 2012, om te zien of deze en andere relaties met deze laatste meetpunten zouden veranderen. Helaas zijn enkele surveys die als basis dienden voor de analyse van de Oosterschelde niet voortgezet tot 2012. De perceelbemonstering die de mosselbiomassa bepaalde is gestopt in 2009. Hierdoor is de schatting voor de filterfeeder-stock minder nauwkeurig. De kokkelvakkendata die als basis diende voor kokkelgroei zijn gestopt in 2007. Alleen het mosselvlees percentage is consistent bemonsterd door de mosselveiling in de gehele periode t/m 2012 (zie bijlage 2A, figuur 1). Het vleespercentage vertoont vanaf de periode 2005-2006 een sterkere variatie dan daarvoor, met een lichte stijging over de periodes vanaf 2005. Gezien het ontbreken van een consistente stock-biomassa schatting kan niet direct gecheckt worden of de gevonden negatieve correlaties in de dataseries tot 2009 tussen vleespercentage en stock hiermee verbroken of versterkt worden. Wel kan de verwachting geuit worden op basis van de eerder gevonden negatieve correlaties dat het vleespercentage is gestegen omdat de stock omlaag is gegaan in de periodes vanaf 2005. Figuur 1 laat de leveringen van mosselen aan de veiling in Yerseke zien voor de afgelopen 20 jaar. Aangezien de leveringen aan de veiling een maat zijn voor de stock op de percelen, blijkt uit figuur 1 dat de eerder gevonden negatieve correlatie waarschijnlijk geldig blijft in de periode t/m 2012. Vanaf 2005 was er gemiddeld minder mosselbiomassa op de percelen dan in de periode daarvoor (figuur 1).

Voor kokkels geldt dat het gemiddelde gewicht van 1-jarige kokkels geen duidelijke trend vertoont; er geen correlatie is met de stock (figuur 2).



Figuur 1: Leveringen mosselbiomassa (in mosselton=100kg) aan de veiling van de gehele Oosterschelde (bron Productschap Vis). Netto gewicht is het bruto gewicht van de leveringen minus tarra.



Figuur 2: Gewicht 1-jarige kokkels in gram (kokkelsurvey) van 1990 tot en met 2012 in elk van de deelgebieden (van boven naar beneden: Midden, Monding, Noord, Kom) in vergelijking tot het gemiddelde over de gehele Oosterschelde (rode lijn).

3. Analyse van schelpdierbestanden Westelijke Waddenzee 1990 - 2010

3.1 Inleiding

Net als voor de Oosterschelde is voor de Waddenzee de vraag aan de orde in hoeverre de MZI's voedselbeschikbaarheid voor de groei van andere schelpdieren beperken en daarmee het voedselaanbod voor wadvogels. Door een toename in biomassa in het sublitoraal kan de groei in het litoraal verminderen. De meeste wadvogels die afhankelijk zijn van schelpdieren foerageren in het litoraal. Mogelijk heeft een verhoging van biomassa in het sublitoraal een negatief effect op de voedselbeschikbaarheid voor wadvogels. Nadere analyse van historische gegevens over deze variabelen kan worden benut om de draagkracht beter in te schatten en na te gaan bij welke mate van MZI-opstapeling in bepaalde gebieden effecten op de draagkracht kunnen worden verwacht.

Om de effecten van voedsellimitatie op het ecosysteem in de Waddenzee te onderzoeken is een reconstructie gemaakt van tijdreeksen van schelpdierbestanden, groei van kokkels en mosselen, en tijdreeksen van chlorofyl *a*, opgelost anorganisch fosfaat en slib. De Westelijk Waddenzee is hiertoe ingedeeld in twee deelgebieden: het Marsdiep en het Vliestroomgebied. Ook zijn de schelpdierbestanden onderverdeeld in schelpdierbestanden in het sublitoraal en het litoraal. Over primaire productie zijn er geen gegevens beschikbaar van de 2 deelgebieden, dus die variabele moet helaas buiten beschouwing blijven.

In het geval dat toenemende mosselbiomassa in het sublitoraal, als gevolg van een opstapeling van MZI's, de populaties wadvogels zouden kunnen beïnvloeden, zal dat eerst te zien zijn in een teruggang in groei van sublitorale mosselen en/of kokkels in het litoraal. Mochten er aanwijzingen zijn dat groei negatief gecorreleerd is met de aanwezige biomassa, dan lijkt het waarschijnlijk dat het vergroten van deze biomassa de competitie tussen schelpdieren vergroot waarbij de concentratie voedsel daalt. Omdat er minder algen zullen zijn die nutriënten vasthouden zullen ook uiteindelijk opgeloste nutriënten ophopen. Verder geeft een tijdreeksanalyse inzicht in de variatie in de waarden van bovengenoemde parameters en levert dit achtergrondwaarden op voor de inschatting van mogelijke effecten.

Kennisvragen

- *Zijn er aanwijzingen dat groei van mosselen en kokkels wordt geremd door de aanwezige biomassa in de Westelijke Waddenzee?*
- *Remt de biomassa in de voedsel toeleverende sublitorale gebieden de groei in de litorale gebieden?*

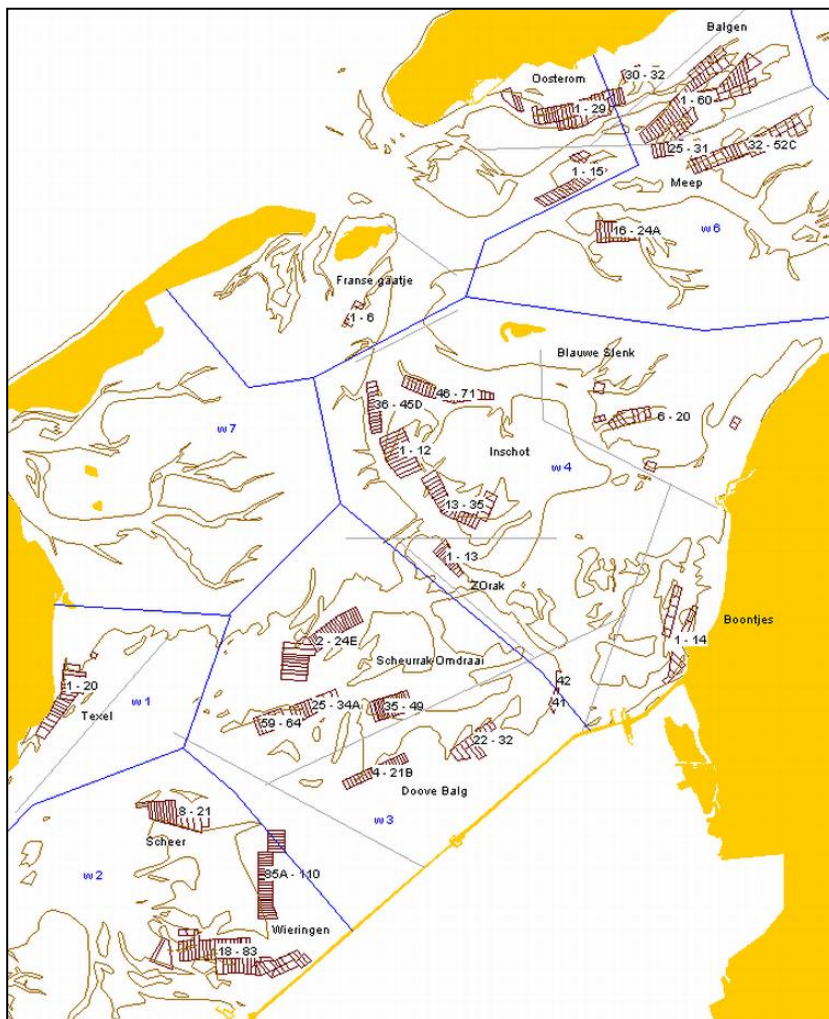
3.2 Methoden

Gebieden

De metingen van schelpdieren, chlorofyl *a*, opgelost anorganisch fosfaat en zwevend stof zijn alle (zoveel mogelijk) ingedeeld in kombergingsgebieden (w1 t/m w6 zie Figuur 3-1). Deze gebiedsindeling wordt gebruikt in het EcoWasp-model (Brinkman 1993). Omdat de analyses met beschikbare data in kombergingsgebieden w1,2 en 3, en w 4,5 en 6 niet meer informatie opleverden dan voor het hele deelgebied waartoe deze kombergingsgebieden behoren is er verder gewerkt met 2 deelgebieden Marsdiep (w1, w2, w3) en Vliestroomgebied (w4, w5, w6).

Tabel 3-1. Fysische vergelijking van Vliestroom en Marsdiepgebied.

eenheid	Vliestroom	Marsdiep	Vliestroom/Marsdiep
Oppervlak in km ²			
litoraal	335.5 km ²	115.0 km ²	2.92
sublitoraal	357.4 km ²	351.5 km ²	1.02
geulen	16.7 km ²	129.1 km ²	0.13
Som	709.6 km ²	595.5 km ²	1.19
Totale uitwisseling per getij in m ³ /getij	7.1*10 ⁷ m ³ /getij	9.74*10 ⁷ m ³ /getij	0.73
diepte in m bij gemiddeld tij	2.3 m	3.4 m	0.68
Verblijftijd in dagen (op basis van uitwisseling per getij)	16 dagen	15.7 dagen	1.02



Figuur 3-1. Westelijke Waddenzee met daarin de deelgebieden Marsdiep (gebiedsindeling volgens ECOWASP nr w1, w2 en w3) en Vliestroom (gebieden w4, w5 en w6); Verder zijn de percelen (bruin) met perceelnummers (zwart) en gebiedsnaam van de percelen zoals gebruikt in PV-statistieken (zwart met in grijs globaal de begrenzingen) aangegeven.

Schelpdieren

Om effecten van veranderingen in de sublitorale stock op de groei van kokkels in het litoraal te kunnen ontdekken zijn de schelpdierdata onderverdeeld in litorale stocks en sublitorale stocks per deelgebied. Hierdoor ontstaan voor elk van de 2 gebieden twee stocks.

Litoraal

Voor het litoraal is de Kokkelsurveydataset gebruikt (Kesteloo et al. 2011). Hierin staan van de periode 1990-2010 metingen van verschillende soorten (zie voor methodebeschrijving Kesteloo et al. 2011). Alleen soorten die meer dan 1% van de totale biomassa natgewicht in een jaar in die periode vertegenwoordigden zijn meegenomen. Hierdoor bleven 6 soorten over: kokkel *Cerastoderma edule*, oester *Crassostrea gigas*, mesheft *Ensis sp.*, nonnetje *Macoma balthica*, strandgaper *Mya arenaria* en mossel *Mytilus edulis*.

Sublitoraal

Voor het sublitoraal is de mosselzaadsurvey dataset gebruikt (van Stralen & Troost 2011). Hierin staan voor de periode 1992-2010 metingen van verschillende soorten (methodebeschrijving zie van Stralen & Troost 2011). Uit de mosselzaadsurvey zijn soorten die meer dan 1% van de biomassa natgewicht in een van die jaren vertegenwoordigden meegenomen. Hierdoor bleven 5 soorten over: kokkel, mesheft, nonnetje, strandgaper en mossel. Omdat de mosselzaadsurvey structureel het aantal aanwezige oesters *Crassostrea gigas* onderschat (zuigkor functioneert niet op oesterbanken), maar het oesterbestand toch een belangrijk deel van het totaal lijkt te zijn (pers. comm. M. v. Stralen) is de aangegeven oesterbestand in de mosselzaadsurvey toch meegenomen om later te kunnen behandelen (zie volgende sectie).

Gegevens over de totale mosselvoorraad op percelen in het Westelijk Waddengebied zijn ontleend aan perceelsurveys die sinds 2004 zijn uitgevoerd (De Mesel et al. 2011); voor de periode 1992-2003 is de reconstructie gebruikt zoals gerapporteerd in Bult et al. (2004) voor de gehele Westelijke Waddenzee. Vanaf 2006 zijn ook gegevens beschikbaar over de mosselvoorraad in mosselzaadinvanginstallaties (MZIs) zoals gepresenteerd in van Stralen (2011) en Kamermans & Smaal (2009). Het opdelen van mosselbestanden op percelen in de twee deelgebieden kost tijd. Daarom is eerst getest of het optellen van de biomassa mosselen op percelen uit de gehele Westelijke Waddenzee bij een van de deelgebieden een significante verandering in de correlaties opleverde. Dit was niet het geval. Voor zowel de mosselen op percelen als de mosselen in MZIs geldt dat de dynamiek in de biomassa niet bepalend is voor de correlaties gepresenteerd in dit rapport. Daarom zijn deze bestanden niet verder opgedeeld in het Marsdiep- en Vliestroomgebied en verder buiten beschouwing gelaten.

Behandeling tijdseries

Alle behandelingen van data zijn weergegeven in Tabel 3-1.

-In de mosselzaadsurvey wordt gemonsterd d.m.v. een zuigkor (van Stralen & Troost 2011). Deze zuigkor blijkt een onderschatting van het aantal (grote) mesheften te geven, maar *Ensis* wordt al sinds 1993 zo bemonsterd. Tijdens de ZKO-survey in 2008 is een vergelijking gemaakt tussen het gebruik met de zuigkor en een *Ensis*-kor op 4 sublitorale stations om een efficiëntieconversie van vistuigen te kunnen schatten (ongepubliceerde gegevens). Van de 4 stations is in 2008 slechts op 1 locatie aantallen *Ensis* zaad vergeleken. Daaruit bleek dat aantallen zaad gemiddeld 1.83 keer onderschat werden door de zuigkor. Op alle 4 stations is meerjarige mesheft gevangen, maar gemiddelde conversiefactoren op deze locaties lopen uiteen van 1.37 tot 115.89. Gekozen is voor een gemiddelde tussen de twee meest gematigde locaties uitkomende op een gemiddelde efficiëntieconversie van 14.5 voor grote of meerjarige mesheft.

Voor het gebruik in onze dataset zijn de aantallen mesheft in de mosselzaadsurvey gecorrigeerd aan de hand van de bovengenoemde afwijking met de gegevens uit de ZKO survey.

-De individuele gewichten en daardoor de biomassa's van strandgaper en mesheft in de mosselzaad en kokkel survey zijn onnauwkeurig: door het gebruik van de zuigkor kunnen de grote individuen niet in hun geheel aan boord genomen worden. Hierdoor is de meting van het gewicht van vooral grote individuen een onderschatting. Na de voorgaande correctie op de aantallen van mesheft zijn daarom voor zowel mesheft als strandgaper gemiddelde individuele gewichten voor kleine en grote exemplaren bepaald uit de ZKO dataset en vermenigvuldigd met *de* (aangepaste) aantallen om totaal gewicht te berekenen. Gemiddeld over 2008 en 2009 waren de kleine strandgaper 0.85 gram en de grote individuen 29.14 gram. Gemiddeld over 2008 en 2009 waren meerjarige mesheft 20.75 gram, gemiddeld over 2009 en 2010 was zaad 0.84 gram.

-In de mosselzaadsurvey zijn in de jaren '95 en '96 alleen aantallen en gewichten voor kokkels en mosselen bepaald. Dientengevolge ontbreken voor die jaren metingen van mesheft, strandgaper en nonnetje (en oester, maar die komen ook nog niet voor in de navolgende jaren). Door interpolatie tussen de metingen van 1994 en 1997 zijn biomassa waarden aangevuld voor strandgaper en nonnetje in '95 en '96. In '97 is mesheft gevonden op slechts één locatie gelegen buiten het Westelijke Waddenzee gebied (zoals gedefinieerd in Figuur 3-1). Door interpolatie tussen de metingen van 1994 en 1998 zijn biomassa waarden aangevuld voor mesheft in '95 en '97. We verwachten daarbij dat de bemonsteringen in 1997 de toen nog lage aantallen mesheft gemist hebben.

-De mosselzaadsurvey is opgezet om locaties voor mosselzaadvisserij aan te kunnen wijzen en wordt daarom gebiedsdekkend uitgevoerd voor mosselen op basis van gestratificeerde random bemonstering. Van het Vliestroomgebied wordt gemiddeld 15 % van het oppervlak bemonsterd en van het Marsdiepgebied 37 %. Voor andere soorten is de ruimtelijke verdeling anders, dus die worden niet gebiedsdekkend meegenomen in de mosselenurveys.

Om, onder andere, dit gemis in te vullen is de ZKO-survey opgezet in 2008 als spatiële aanvulling op de mosselzaadsurvey. De ZKO-surveydata zijn in deze studie gebruikt om de sublitorale biomassaschattingen voor mesheft, nonnetje, strandgaper, oester en kokkel uit de mosselzaadsurvey gebiedsdekkender te maken. Hiervoor zijn de aantallen van een soort gemeten (en aangepast voor mesheft d.m.v. de efficiëntieconversie) in de mosselzaadsurvey afgezet tegen de aantallen uit alle datapunten in de ZKO waar de mosselzaadsurvey niet is geweest tussen 2008-2010. Het verschil tussen deze aantallen is gemiddeld over de jaren 2008-2010 en omgerekend naar een factor om de data uit de mosselzaadsurvey van die soort over de jaren 1992-2010 mee te vermenigvuldigen (zie Tabel 3-2).

Tabel 3-2. Alle behandelingen van data per soort (bij mosselzaadsurvey zijn alle behandelingen van toepassing, bij kokkelsurvey slechts verandering in individueel gewicht). Alle behandelingen, behalve interpolatie van biomassa, zijn berekend d.m.v. de ZKO-survey (zie tekst voor uitleg). $Omrekeningsfactor = 1 + (\text{aantallen ZKO} - \text{aantallen mosselzaadsurvey}) / (\text{aantallen mosselzaadsurvey})$.

soort	Efficiëntie-conversie		Individueel gewicht		Omrekeningsfactor gebiedsdekkend		Interpolatie van biomassa uit jaren
	klein	groot	klein	groot	Marsdiep	Vliestroom	
<i>Ensis</i>	1.83	14.5	0.84	20.75	6.69	24.89	1995-1997
<i>Mya arenaria</i>	-	-	0.85	29.14	1.43	1.51	1995-1996
<i>Crassostrea gigas</i>	-	-	-	-	1.66	31.77	-
<i>Cerastoderma edule</i>	-	-	-	-	1.05	1.60	-
<i>Macoma balthica</i>	-	-	-	-	1.45	1.55	1995-1996

Uit Tabel 3-2 is op te merken dat a) het Vliestroomgebied sterker onderschat wordt dan het Marsdiepgebied. Dit komt vooral door het ontbreken van datapunten in de mosselzaadsurvey in het Vliestroomgebied (slechts 15% gebiedsdekkend). Bovendien is op te merken dat b) beide factoren voor mesheft (*Ensis*), en die voor oesters (*Crassostrea gigas*) in het Vliestroomgebied significant hoger zijn dan de rest van de factoren. Van de mosselzaadsurvey is het bekend dat oesterbanken structureel gemeden worden om het vastlopen van vistuig te voorkomen. Dit geeft een structurele onderschatting van de biomassa oesters, ook in het gebied waar voor de mosselzaadsurvey bemonsterd is. *Ensis* blijkt ook onevenredig meer voor te komen in de gebieden waar niet bemonsterd is door de mosselzaadsurvey.

Resulterende biomassa tijdseries

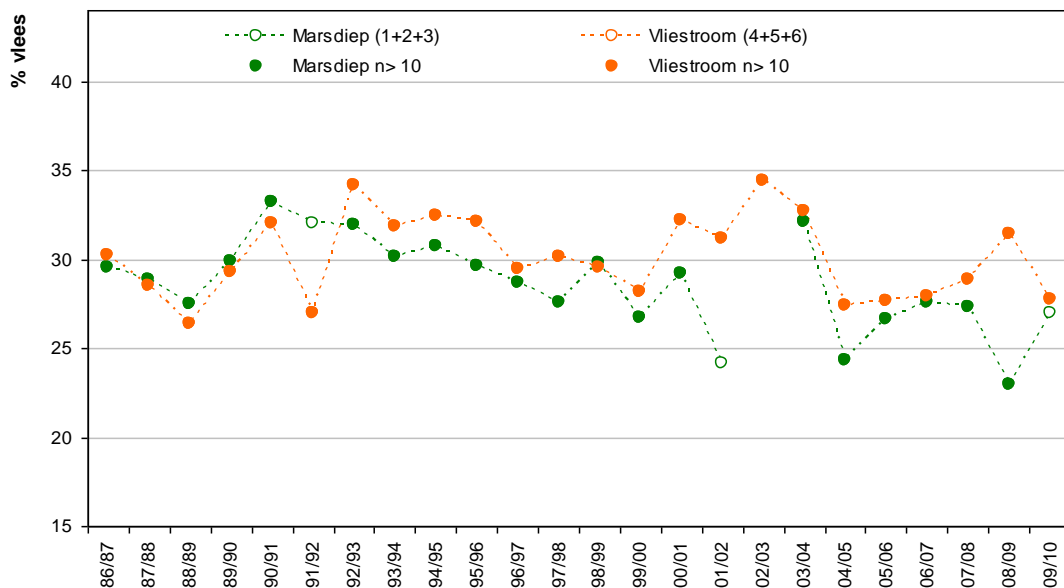
In bijlage 3A laten figuur 1 t/m 6 het verloop van de sublitorale en litorale stock (onderverdeeld in de voorname soorten) zien in drie verschillende gebiedsindelingen: het Marsdiepgebied (w1, w2, w3) en Vliestroomgebied (w4, w5, w6), en in het gehele Westelijke Waddengebied.

Groei van mosselen

Het percentage vlees t.o.v. het totale natgewicht van consumptiemosselen geoogst in een bepaald jaar in een gebied dienen als maat voor de groei van mosselen in dat jaar in dat gebied. Als bron voor deze gegevens zijn de aanvoerstatistieken mosselen aan de veiling gebruikt. Hierbij is gebruik gemaakt van de data van de seizoenen 1988/1989 t/m 2009/2010 (april 2010). Deze gegevens zijn toen ingedeeld in de Kombergingsgebieden zoals onderscheiden in EcoWasp (w1 t/m w6 zie Figuur 3-1).

Periode

Overeenkomstig de berekeningen voor de Oosterschelde (concept rapportage Schellekens van 10 januari 2011) is uitgegaan van de aanvoergegevens in de maanden juli tot en met oktober. Uit de compartimenten w1 (Texel) en w2 (Wieringen) zijn maar af en toe en in sommige jaren zelfs geheel geen mosselen geleverd. Dit is niet onverwacht omdat deze gebieden vooral worden gebruikt voor de kweek van halfwas mosselen die vervolgens naar de (betere) percelen in de regio Terschelling worden gebracht.



Figuur 3-2. Gemiddelde percentage vlees van mosselen geleverd in de periode juli - oktober per stroomgebied van het Marsdiep (bovenste paneel, gebieden w1,w2,w3) en Vliestroom (onderste paneel, gebieden w4,w5,w6). Gemiddelden die zijn gebaseerd op minder dan 10 leveringen zijn als open rondje weergegeven. Het aantal leveringen is dan tussen haakjes aangegeven. Ontbrekende waarden corresponderen met jaren waarin uit betreffende gebieden geen mosselen zijn aangevoerd.

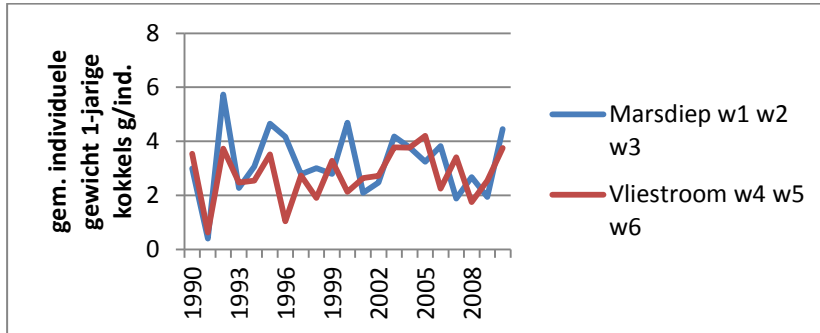
Percentage vlees van mosselen

Figuur 3-2 geeft het verloop in percentage vlees van totaal natgewicht van mosselen (gem. juli-okt) vanaf 1988 in de verschillende deelgebieden. De onderliggende gegevens zijn opgenomen in bijlage 3A tabel 1.

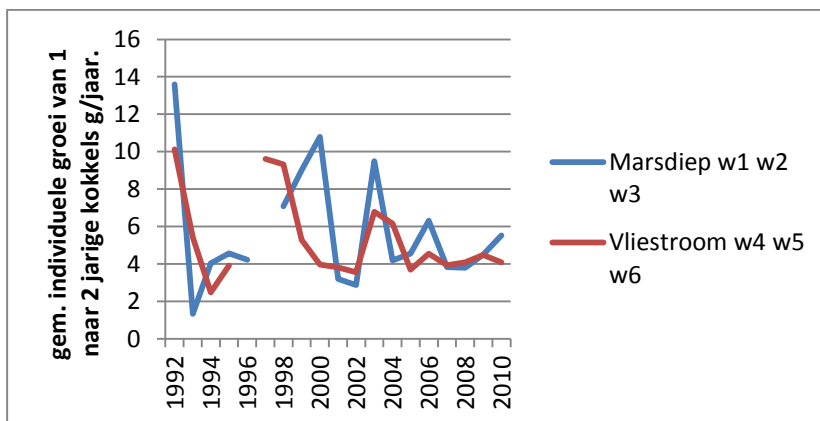
Groei van kokkels

Als benadering voor de groei van kokkels zijn twee maten genomen aan de hand van de litorale kokkelstock uit de kokkelsurvey dataset. De stock van kokkels wordt onderverdeeld in jaarklassen (0

jarig, 1 jarig, 2 jarig en meerjarig). Als eerste maat voor de groei van kokkels is gekeken naar het gemiddelde individuele gewicht van 1-jarige kokkels in een gebied. Hiervoor is het totale gewicht van de eerste jaarklasse in een gebied gedeeld door het totaal aantal in dat gebied. Als tweede maat is gekeken naar de gemiddelde individuele groei van kokkels tussen de eerste en de tweede levensjaar. Hiervoor is het gemiddelde gewicht van 1-jarige kokkels afgetrokken van dat van 2-jarige kokkels. Deze exercitie resulteerde in de dataserie zoals te zien in Figuur 3-3a voor het gemiddelde individuele gewicht van 1-jarigen en Figuur 3-3b voor de gemiddelde groei van 1 naar 2 jarigen.



Figuur 3-3a. Tijdsreeks van het gemiddelde versgewicht van 1-jarige kokkels (vlees + schelp). Blauw: Marsdiepgebied; rood: Vliestroomgebied.



Figuur 3-3b: Tijdsreeks van de gemiddelde groei van 1 naar 2 jarige kokkels gebaseerd op hun individuele versgewicht (vlees + schelp). Blauw: Marsdiepgebied; rood: Vliestroomgebied.

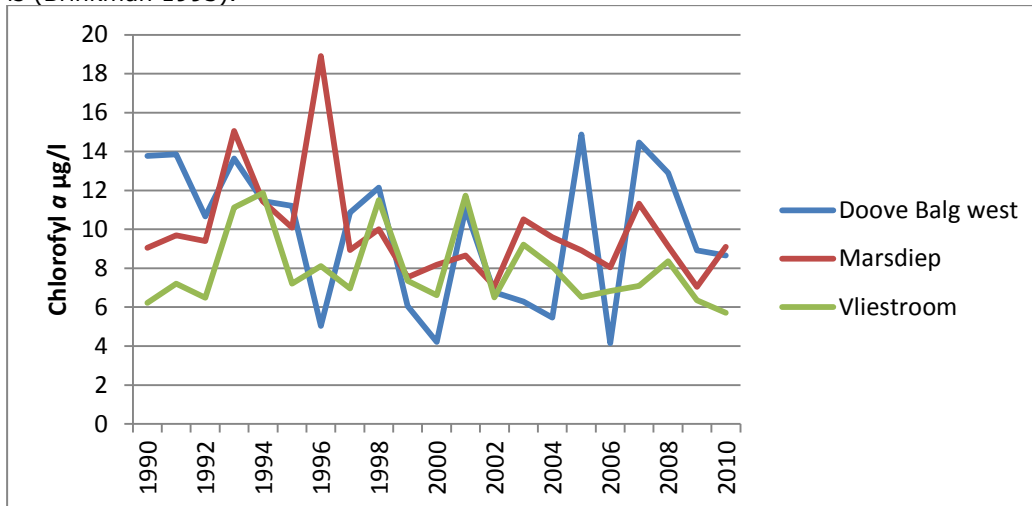
Door het ontbreken van data in enkele jaren (zie Figuur 3-3b) is het niet mogelijk om significante correlaties te vinden met de groei van 1- naar 2-jarige kokkels. Data over het gemiddelde gewicht van 1-jarige kokkels is wel beschikbaar voor elk jaar. Het gemiddelde gewicht van 1-jarige kokkels in het Marsdiep wordt in enkele jaren berekend met getallen uit 1 of 2 van de oorspronkelijk gedefinieerde kombergingsgebieden w1, w2 en w3 (Figuur 3-1) in plaats van uit alle drie. Deze jaren zijn echter niet bepalend voor de volgende correlaties en dus kan gesteld worden dat de relaties die daaruit volgen niet bepaald worden door verschillen tussen kombergingsgebieden.

Chlorofyl a, zwevend stof en opgelost fosfaat

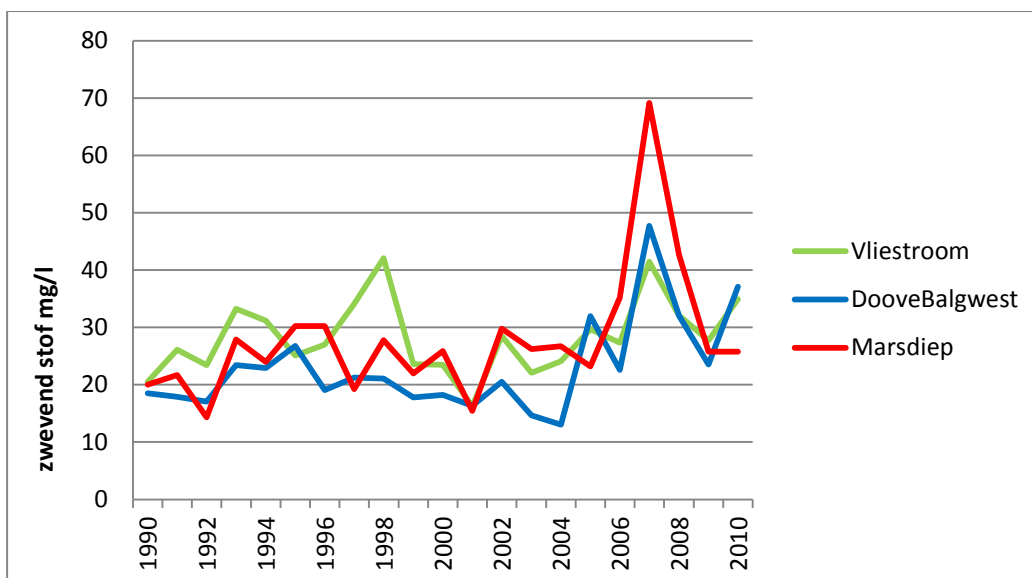
Gegevens voor chlorofyl a en zwevend stof en opgelost fosfaat zijn verzameld uit Waterbase: (http://live.waterbase.nl/waterbase_wns.cfm?taal=nl).

Deze gegevens zijn elke maand of 2 weken gemeten op een 5-tal locaties in de Westelijke Waddenzee. Hiervan zijn de metingen van chlorofyl a op twee van de locaties gestaakt na 1997 (Doove Balg oost, Blauwe Slenk). Slechts op twee locaties is doorlopend vanaf 1992 opgeloste fosfaat gemeten: Doove Balg west en Vliestroom. Aangenomen is dat de locaties Marsdiep en Doove Balg west representatief zijn voor het Marsdiepgebied, en de waarden gemeten op de locatie in de Vliestroom representatief zijn voor het Vliestroomgebied.

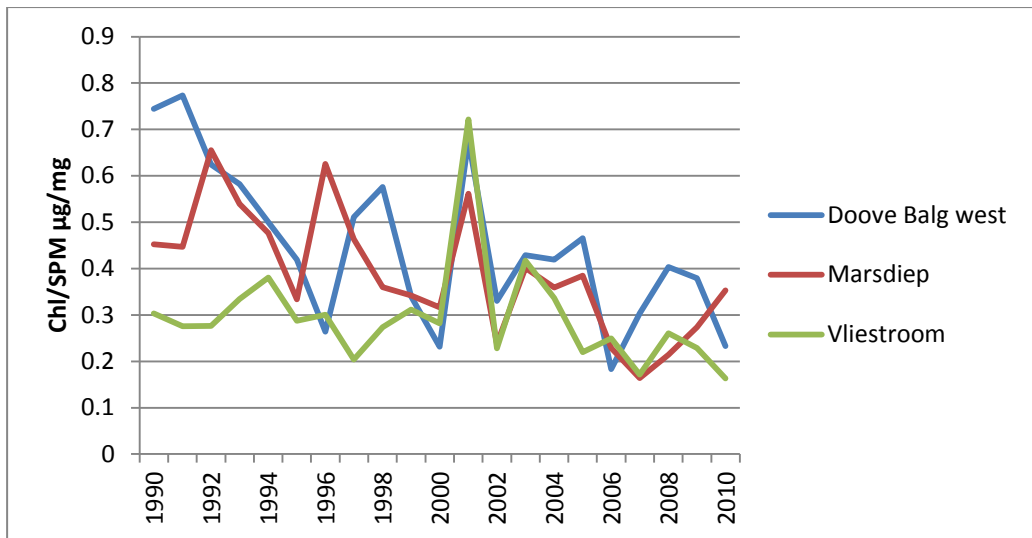
In Figuur 3-4 (a,b,c,d) worden de dataserieën weergegeven als jaargemiddelden (trends komen overeen met oorspronkelijke data) van opgelost fosfaat, chlorofyl *a* en zwevende stof, alsook de ratio tussen chlorofyl *a* en zwevende stof (berekend uit de jaargemiddelden). De ratio is volgens Van Stralen (2002) een indicatie voor de voedselkwaliteit die zich doorvertaalt in het percentage vlees van mosselen. Er is naar opgelost fosfaat gekeken omdat uit berekeningen met EcoWasp blijkt dat dit het limiterend nutriënt is (Brinkman 1993).



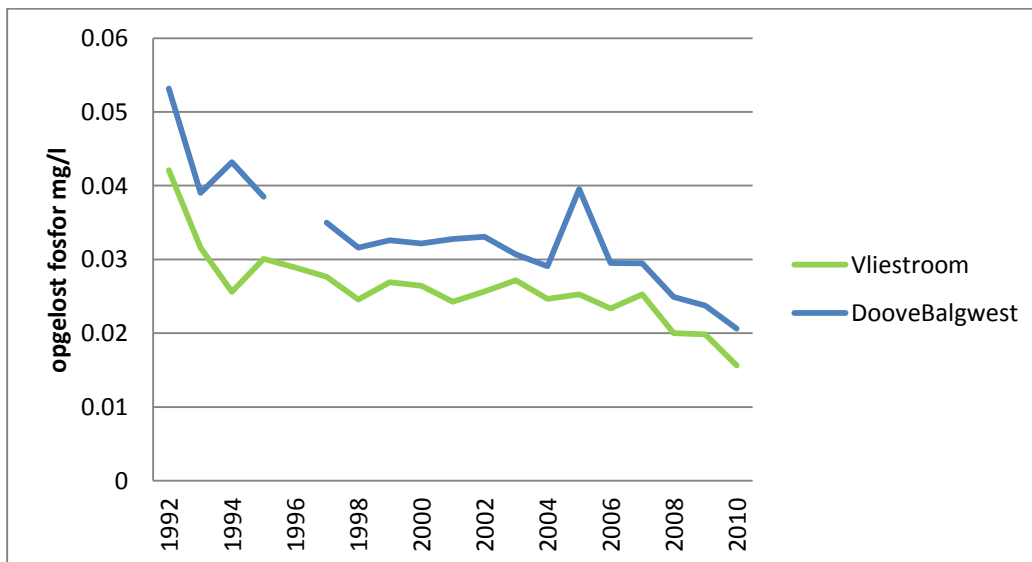
Figuur 3-4a.



Figuur 3-4b.



Figuur 3-4c



Figuur 3-4d

Figuur 3-4(a,b,c,d): dataseries verkregen uit Waterbase voor Chlorofyl a en zwevend stof en de ratio daartussen (Chl=chlorofyl a, SPM=zwevend stof) en de hoeveelheid opgeloste fosfaat.

Data-analyse

Voor de analyse van data werd gebruik gemaakt van R (R version 2.12.2 (2011-02-25), R Development Core Team, 2011).

Tijdsree analyse

Tijdsree's zijn getest voor significante trends d.m.v. een non-lineaire fit en Pearson's test.

De correlatiematrices in bijlage 3C laten zien dat enkele tijdsree's een significante negatieve of positieve trend in de tijd vertonen. Zo vertonen veel tijdsree's in het Marsdiep een significante trend. De sublitorale stock in het Marsdiepgebied gaat omhoog, terwijl de groei van kokkels (gewicht 1-jarigen), percentage vlees van mosselen, opgeloste fosfaat en voedselkwaliteit omlaag gaan in de tijd. In het Vliestroomgebied is het enkel de sublitorale stock die significant omhoog gaat in de tijd. Voedselkwaliteit en opgeloste fosfaat gaan omlaag in de tijd. Andere variabelen hebben geen significante trend in de tijd ($p > 0.05$).

Correlaties

Eerst zijn alle tijdsree's enkelvoudig met elkaar gecorreleerd (bijlage 3C, zie methode hierboven). Aan de hand van de resultaten van deze non-lineaire correlatie fit zijn de tijdsree's van biomassa, chlorofyl *a* voedselkwaliteit en opgelost anorganisch fosfaat getest als variabelen om de variatie in groei (van mosselen en kokkels) te verklaren d.m.v. een multiple regressie analyse. Door variabelen weg te halen die geen significante toevoeging in de regressie waren (backward fitting) zijn de meest relevante variabelen overgebleven. Tussen de meest relevante variabelen is de interactie berekend. Waar er geen significante interacties zijn gevonden, zijn de verklarende variabelen apart getest in een lineaire regressie.

3.3 Resultaten

Voedselkwaliteit gecorreleerd met groei

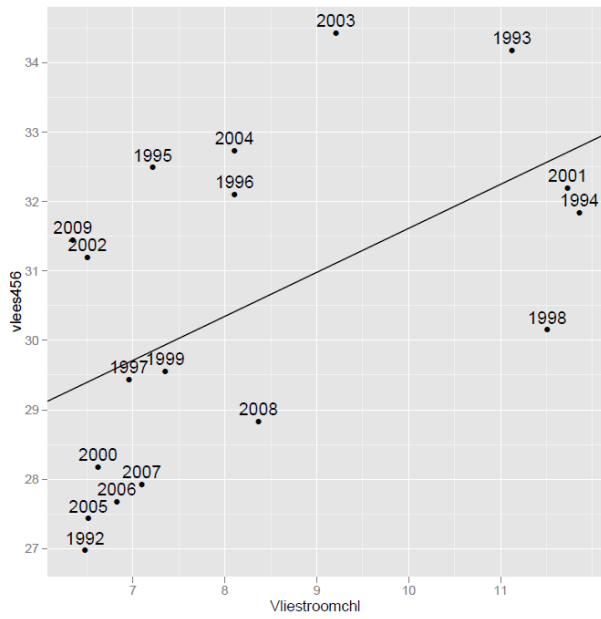
Percentage vlees van mosselen in het Vliestroomgebied is positief gecorreleerd met de chlorofyl *a* concentratie in dat gebied (Figuur 3-5 en Tabel 3-3). Er zijn geen correlaties gevonden tussen kokkelgroei en chlorofyl *a* of voedselkwaliteit in het Vliestroomgebied.

Voedselkwaliteit in het Vliestroomgebied is eveneens positief gecorreleerd met percentage vlees van mosselen in dat gebied, zolang het jaar 2001 uitgezonderd wordt (voedselkwaliteit > 0.7) (Figuur 3-6). Ook het gemiddelde percentage vlees in het Marsdiepgebied is positief gecorreleerd met voedselkwaliteit op de Marsdiep meetlocatie en de Doove Balg west locatie (Figuur 3-7).

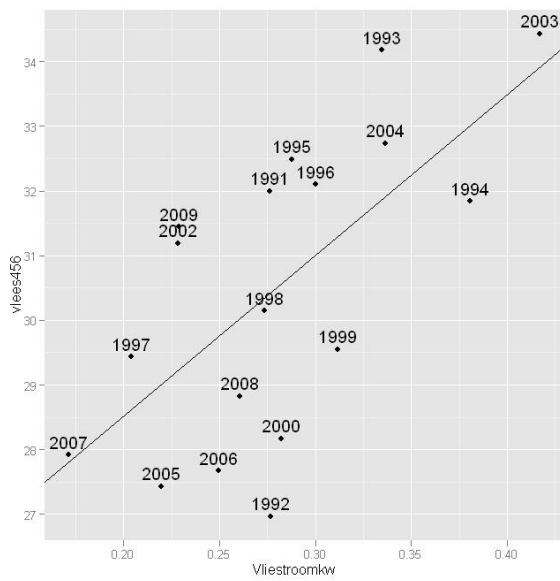
Overigens zijn de waarden voor voedselkwaliteit in het Marsdiep regelmatig hoger dan in de Vliestroom (Figuur 3-4). Er is in het Marsdiepgebied een normaal-verdeling van voedselkwaliteit tot een waarde boven de 0.7, terwijl in het Vliestroomgebied de normale verdeling tot 0.4 loopt met een enkele uitzondering in 2001 (> 0.7). Dit verschil is ook te zien in figuur 5c. Die enkele uitschieter in het Vliestroom wordt veroorzaakt door een extreem laag zwevend-stofgehalte en een hoog chl *a* gehalte (figuur 5a en b).

Tabel 3-3. Correlaties met bijbehorende *p*-waarde en R^2 .

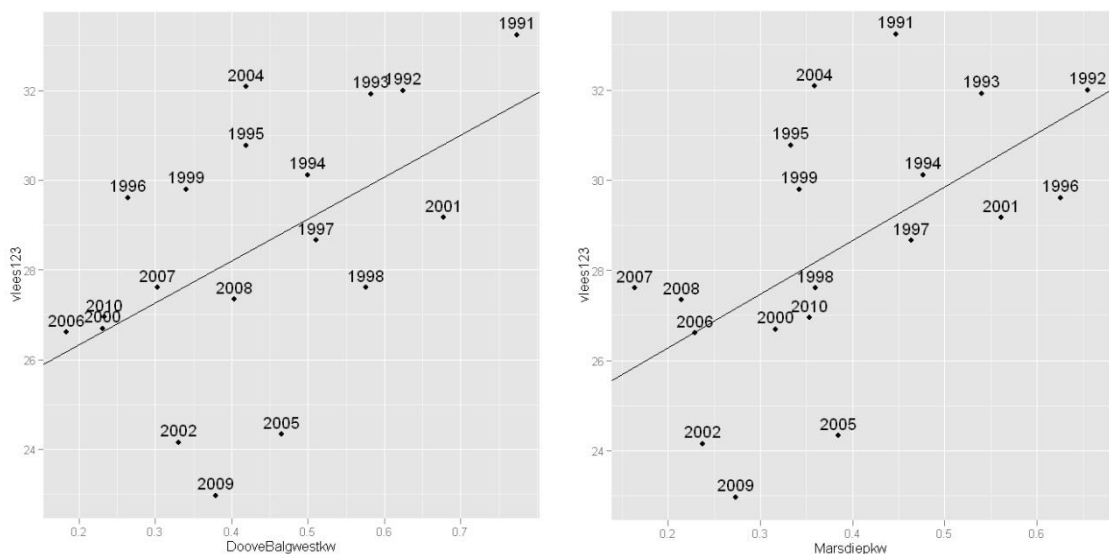
correlatie	<i>p</i> -waarde	R^2
vlees456~Vliestroomchl	0.02118	0.2454
vlees456~Vliestroomkw	0.003182	0.3932
vlees123~DooveBalgwestkw	0.01998	0.237
vlees123~Marsdiepkw	0.009555	0.2948



Figuur 3-5. Significante correlatie tussen gewogen gemiddelde percentage vlees van mosselen (% vlees) uit het Vliestroomgebied (kombergingsgebieden 4, 5 en 6 tesamen) en chlorofyl a uit de Vliestroom.



Figuur 3-6. Significante correlatie tussen gewogen gemiddelde percentage vlees van mosselen (% vlees) uit het Vliestroomgebied en voedselkwaliteit (Chl a / SPM, in $\mu\text{g}/\text{mg}$) uit de Vliestroom.



Figuur 3-7. Significante correlaties tussen percentage vlees van mosselen (% vlees) uit het Marsdiepgebied en voedselkwaliteit (Chl a / SPM, in $\mu\text{g}/\text{mg}$) uit het Marsdiep en Doove Balg west locatie.

Groei gecorreleerd met stock

kokkels

Het gemiddelde 1-jarige kokkelgewicht in het Marsdiep is negatief gecorreleerd met de interactie tussen litorale stock en het sublitorale stock in dat gebied (tabel 4). Dit veronderstelt dat de groei van kokkels vertraagd kan worden bij een toename in stocks in het sublitoraal zoals mosselen stock en dat dat effect versterkt wordt in jaren met een hoge litorale stock. Deze relatie in het Marsdiepgebied tussen kokkelgroei (Y) met sublitorale (X) en litorale totale schelpdier stock (Z) volgt de uitdrukking:

$$Y = 8.0795749 - 0.0230946 X - 0.1262156 Z + 0.0005659 XZ \quad (1)$$

Waarbij $R^2 = 0.6347$, $p = 0.001437$. De afzonderlijke onderdelen (X, Z, XZ) van uitdrukking 1 vertonen ieder significantie (zie Tabel 3-4), wat wil zeggen dat het effect van stock omvang tussen litoraal en sublitoraal verschilt en dat het effect van stock omvang in litoraal en sublitoraal niet afzonderlijk te gebruiken valt om het effect op kokkelgroei te bepalen.

Tabel 3-4. Onderdelen van uitdrukking 1 met de standaard deviatie en afzonderlijke p-waarde.

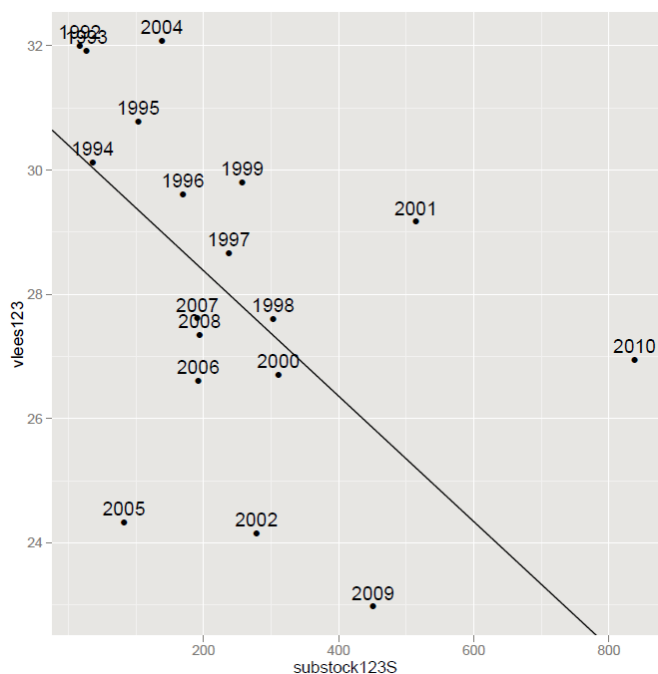
Onderdeel uitdrukking 1	St. dev.	p-waarde
Intercept	1.0774329	7.24e-06
X=substock123S	0.0056061	0.00142
Z=litstock123	0.0322709	0.00207
XZ=substock123S:litstock123	0.0001635	0.00470

mosselen

Percentage vlees van mosselen is ook negatief gecorreleerd met sublitorale stock in datzelfde gebied (Marsdiep) (Tabel 3-5, Figuur 3-8). Een interactie tussen litorale en sublitorale stock is echter niet significant bevonden. In bijlage 2D laten we zien dat deze relaties ook gevonden wordt met ruwe data (alleen individueel gewicht mesheft *Ensis sp.* en strandgaper *Mya arenaria* toegepast).

Tabel 3-5. Correlaties met bijbehorende p-waarde en R².

correlatie	p-waarde	R ²
vlees123~substock123	0.03756	0.26



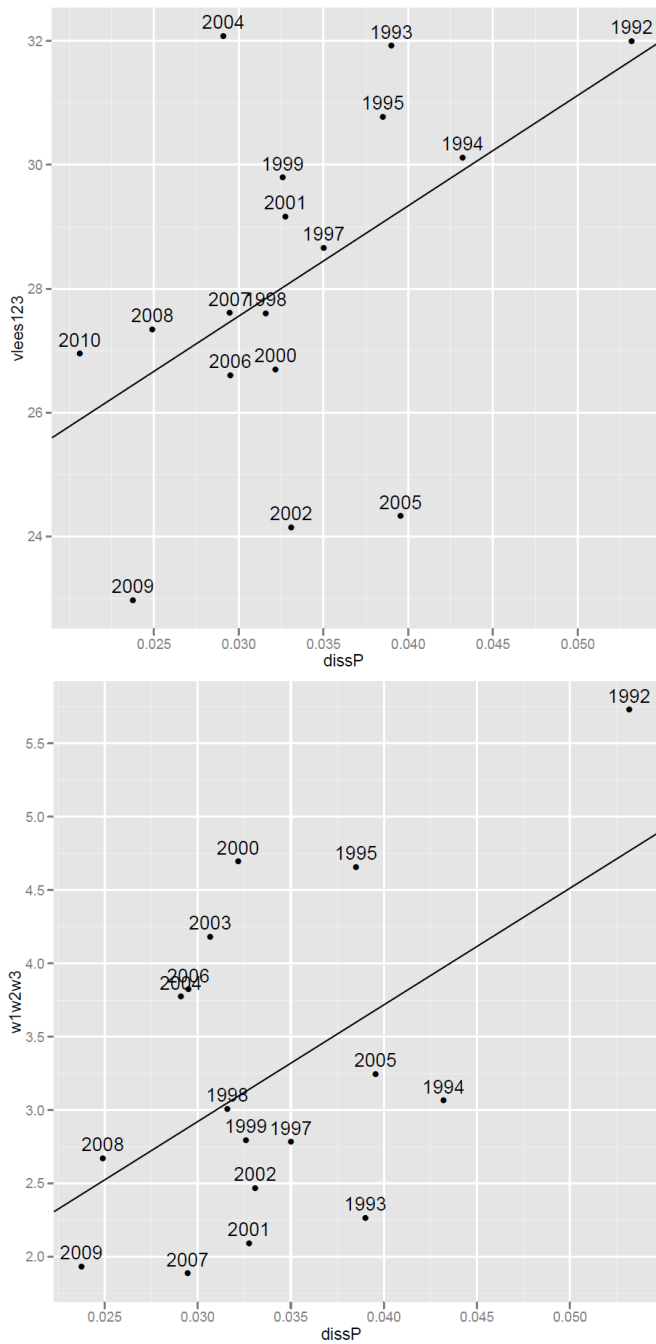
Figuur 3-8. Significante correlatie tussen de gemiddelde percentage vlees van mosselen in het Marsdiepgebied en sublitorale totale stocks aan schelpdieren.

Opgelost fosfaat gecorreleerd met groei

Gegeven de significante correlaties tussen groei en stock (Figuur 3-5 tot en met Figuur 3-8) en de verlaging in chlorofyl *a* in het Marsdiepgebied (Figuur 3-4) is te verwachten dat de concentratie opgeloste nutriënten hierop positief reageert. In plaats daarvan is opgelost fosfaat positief gecorreleerd met zowel kokkel als mosselgroei in het Marsdiepgebied. Er zijn geen significante correlaties gevonden tussen groei en opgelost fosfaat in het Vliestroomgebied (Tabel 3-6 en Figuur 3-9, zie ook bijlage 3C, figuren 3 en 4). Opgelost fosfaat laat in zowel het Vliestroom als het Marsdiepgebied een significant negatieve trend in de tijd zien (Figuur 3-4d en bijlage 3C).

Tabel 3-6. Correlaties met bijbehorende p-waarde en R².

correlatie	p-waarde	R ²
vlees123~dissP	0.04169	0.198
w1w2w3~dissP	0.03323	0.219



Figuur 3-9. Significante correlaties tussen percentage vlees van mosselen (% vlees) en het gewicht van 1-jarige kokkels uit het Marsdiepgebied en opgeloste fosfaat gemeten op de Doove Balg west locatie.

3.4 Discussie

Aannames bij het gebruik van de gegevens

De analyses laten zien dat de stocks van strandgaper *Mya arenaria*, Oester *Crassostrea gigas* en Mesheft *Ensis sp.* een bepalende rol spelen in de analyses, terwijl juist voor deze stocks de inwinning van de gegevens minder omvattend is geweest dan voor de mossel en de kokkel stocks.

Er zijn op de volgende punten aannames gedaan

1) Voor de Mesheft data geldt dat de zuigkor niet voldoende diep steekt voor een kwantitatieve bemonstering. IJking van de zuigkor met de Mesheft kor laat een verschil zien met een factor 1.83 voor kleine Mesheft (zaad) en 14.5 voor grote Mesheft (tabel 2). Aangenomen is dat deze factor voor alle zuigkor data geldig is, terwijl dit kan verschillen tussen zandige en slibbige gebieden. Dit zou dus nader onderzocht moeten worden. Niettemin is duidelijk dat de enorme toename van de Mesheft in de recente jaren daadwerkelijk is opgetreden omdat dit blijkt uit zowel de zuigkor als de Mesheftkor gegevens. Deze toename in Mesheft is tevens waargenomen in de NIOZ surveys (Dekker 2011).

2) Doordat de zuigkor niet voldoende diep steekt kunnen ook grote meerjarige mesheften niet in hun geheel aan boord gehaald worden omdat deze diep weg kunnen duiken in het substraat. Daardoor is in de kokkelsurvey en de mosselzaadsurvey nooit een goede schatting gemaakt van het gemiddelde individuele gewicht van meerjarige Mesheften, die gebruikt wordt om de aantallen in biomassa te vertalen. Er is met behulp van de ZKO-survey bemonsteringen met mesheftkor een gemiddeld individueel gewicht bepaald voor zowel meerjarige (groot) mesheft als zaad (klein) (tabel 2). Dat gewicht is vervolgens gebruikt om de aantallen uit de mossel- en kokkelsurveys te vertalen naar biomassa's voor alle jaren. Daarbij is impliciet aangenomen dat de individuele gewichten van de grote en kleine klasse mesheft gelijk zijn in de jaren voor en tijdens de ZKO survey. Het is mogelijk dat mesheften in de jaren voorgaande de ZKO survey magerder of vetter is geweest dan bepaald in de ZKO survey. Echter het effect van de variatie in gemiddeld individueel gewicht van de twee klassen mesheft wordt gering geschat en het effect daarvan niet bepalend voor significantie van correlaties.

3) De mosselzaadsurvey s met de zuigkor zijn niet gebiedsdekkend voor mesheft, strandgaper en oester. Er is op basis van de vergelijking met de ZKO survey een omrekeningsfactor bepaald, en er is aangenomen dat deze kan worden gebruikt voor de vroegere mosselsurveys, toen er nog geen ZKO survey was. Het is evenwel mogelijk dat de kolonisatie van gebieden door met name mesheft niet overal in gelijk tempo heeft plaatsgevonden. Omdat de *Ensis* stock pas recent enorm is uitgebreid speelt dit punt waarschijnlijk geen belangrijke rol in de interpretatie van de tijdreeksen

Ook bij het bestand van oesters is een belangrijke kanttekening te plaatsen:

In de mosselzaadsurvey – die dus niet gericht is op oesters – worden dichte oesterbestanden gemeden omdat de zuigkor dan vastloopt. De ZKO survey is wel mede gericht op oester bestanden maar ook hier geldt dat de zuigkor niet goed functioneert op dichte banken. Deze banken zijn in de recente periode ontstaan (na 2006) en de recente bestanden zijn dus waarschijnlijk onderschat. Aanbevolen wordt de oesterbanken met daarvoor geschikte middelen te inventariseren.

Trends en invasies

De sublitorale stocks in het Marsdiepgebied en het Vliestroomgebied gaan omhoog in de tijd. Deze toename komt vooral voor rekening van soorten die niet de doelgroep waren voor de kokkel- en mosselzaadsurvey zoals mesheft, strandgaper en oester (bijlage 3A: figuur 5). Strandgaper en mesheft zijn ook sterk vertegenwoordigd in de litorale stock. Echter, de litorale stock in beide gebieden laat geen significante trend in de tijd zien. De biomassa strandgaper in het litoraal is zelfs hoger geweest dan die in het sublitoraal, maar is na 2002 ingezakt. De rekrutering van strandgaper in de jaren tot 2002 hoog geweest en is daarna afgenomen waarschijnlijk omdat de adulten zich niet konden handhaven in die hoge dichtheden. Na 2005 lijkt de populatie in het litoraal een evenwicht te vinden dat veel lager is dan in 2002. Het lijkt, gezien de trend in litorale strandgaper, aannemelijk dat na de toename van mesheft in 2008-2010 de populatie in zal storten tot een lager evenwicht. Dit zou ook een conclusie kunnen zijn uit

de correlaties tussen groei van kokkels, mosselen en sublitorale stock (Tabel 3-4, Tabel 3-5, Figuur 3-8). In die correlaties is 2010, met een zeer hoge sublitorale biomassa, altijd een uitbijter op de regressielijn. Dit zou kunnen betekenen dat de biomassa gehaald in 2010 uitzonderlijk is en toont het belang van rekrutering voor de omvang van een schelpdier stock. Omdat rekrutering van schelpdieren in het algemeen en invasieve soorten in het bijzonder veel effect hebben op het schelpdierbestand en mogelijk op de voedselbeschikbaarheid na hoge rekrutering, is het van belang dat dit verder onderzocht wordt.

Waarden voor opgelost fosfaat en voedselkwaliteit gaan omlaag in de tijd. Door de-eutrofiëring van de Waddenzee neemt de toevoer van nutriënten in de Waddenzee af. De trend in opgelost fosfaat is hier een voorbeeld van. De snelheid van afname in concentratie opgelost fosfaat verandert wel over de tijd. Zo is de afname kleiner tussen 1994-2007 en groter in de jaren daaromheen. Er zijn geen aanwijzingen dat de verandering in afnamesnelheid iets te maken heeft met verandering in stocks. Sterker: de sterke toename in stocks in 2008-2010 zou gezien de huidige kennis over ecologie juist een vertraging van afname, of zelfs toename in opgelost fosfaat moeten veroorzaken.

De negatieve trend in voedselkwaliteit is het gevolg van de niet-significante toename in de concentratie zwevend stof en de niet significante afname in chlorofyl *a* die elkaar versterken. Zo is de lichtdoorlaatbaarheid van water minder naarmate slibconcentraties hoger worden. Dit heeft tot gevolg dat er minder productie van algen is en chlorofyl *a* kan gaan verminderen. Een interactie tussen zwevend stof of slib en chlorofyl *a* is ook aanwezig in de reactie van schelpdiergroei op voedselkwaliteit. Namelijk zowel slib als chlorofyl *a* wordt gefiltreerd terwijl voornamelijk chlorofyl *a* leidt tot groei. Groei kan dus vertraagd worden bij hoge slibconcentraties ten eerste omdat productie van algen verminderd wordt, en ten tweede omdat schelpdieren veel tijd kwijt zijn om slib te filteren dat niets oplevert voor de groei.

Het verband tussen schelpdiervoorraad en groei van mosselen en kokkels

De toename in schelpdierstock en de afname in groei van (kokkels en) mosselen over de tijd leidt tot een significante correlatie tussen die twee variabelen. Er bestaat echter veel ruis rondom de regressies. De correlatie tussen %vlees van mosselen en sublitorale stock is bij een lineaire regressie $R^2 = 0.26$ (zonder correctie op de stock behalve het individuele gewicht van mesheft en strandgaper $R^2 = 0.44$, Bijlage D, figuur 1). Die verklarende waarde kan verhoogd worden door een niet-lineaire regressie toe te passen ($R^2 = 0.50$), met als kanttekening dat die lijn complex van vorm is en die vorm niet te verklaren is uit de verwachte interactie tussen groei en stock. Daarentegen, sublitorale en litorale stock samen verklaren 65% van de variatie in kokkelgroei. Er is dus een grotere waarschijnlijkheid dat groei van kokkels wordt beïnvloed door (vooral litorale) stock dan dat het geval is bij de groei van mosselen. Ook is het duidelijk dat stock voor kokkelgroei de belangrijkste factor is terwijl dat een vraag blijft bij de groei van mosselen.

Er is een negatieve trend in de tijd te zien in het percentage vlees van mosselen en opgeloste fosfaat, en een positieve trend in de tijdreeks van de sublitorale totale schelpdierstock. De negatieve relatie tussen sublitorale stock en percentage vlees in het Vliestroomgebied wordt echter overschaduwed door de sterke reactie op voedselkwaliteit (zie echter analyses met tijdserie t/m 2012 in Bijlage E). Ook zijn er überhaupt geen significante correlaties met kokkelgroei gevonden in het Vliestroomgebied. Een reden waarom het Vliestroomgebied geen correlaties laat zien van groei van kokkels met totale stocks terwijl in het Marsdiepgebied dit wel voorkomt met vergelijkbare biomassa's en hogere voedselkwaliteit is mogelijk het verschil in het oppervlak van het litoraal, het volume en de verblijftijd (zie Tabel 3-1). Het grotere oppervlak van het litoraal en de iets langere verblijftijd zorgen waarschijnlijk voor meer interne algen productie (productie op de platen) in het Vliestroomgebied dan in het Marsdiepgebied. Die hogere interne productie zorgt voor meer mogelijkheden om te kunnen groeien. De hypothese die uit de correlaties tussen stock, chlorofyl *a*, voedselkwaliteit en mosselgroei in het Marsdiepgebied volgt is dat zowel de voedselkwaliteit als de concurrentie om het beschikbare voedsel groei van mosselen limiteert. Echter, kokkelgroei vertoont geen significante correlaties met voedselkwaliteit of chlorofyl *a*, enkel met stock en enkel in het Marsdiepgebied. Een mogelijke verklaring voor het gebrek aan die significante correlaties kan zijn dat kokkelgroei sterker afhangt van interne productie, hetgeen niet gemeten wordt. Bovendien zal bij een lagere interne productie het effect van stocks groter zijn (Marsdiepgebied) dan bij hoge interne productie (Vliestroomgebied).

Beantwoording kennisvragen

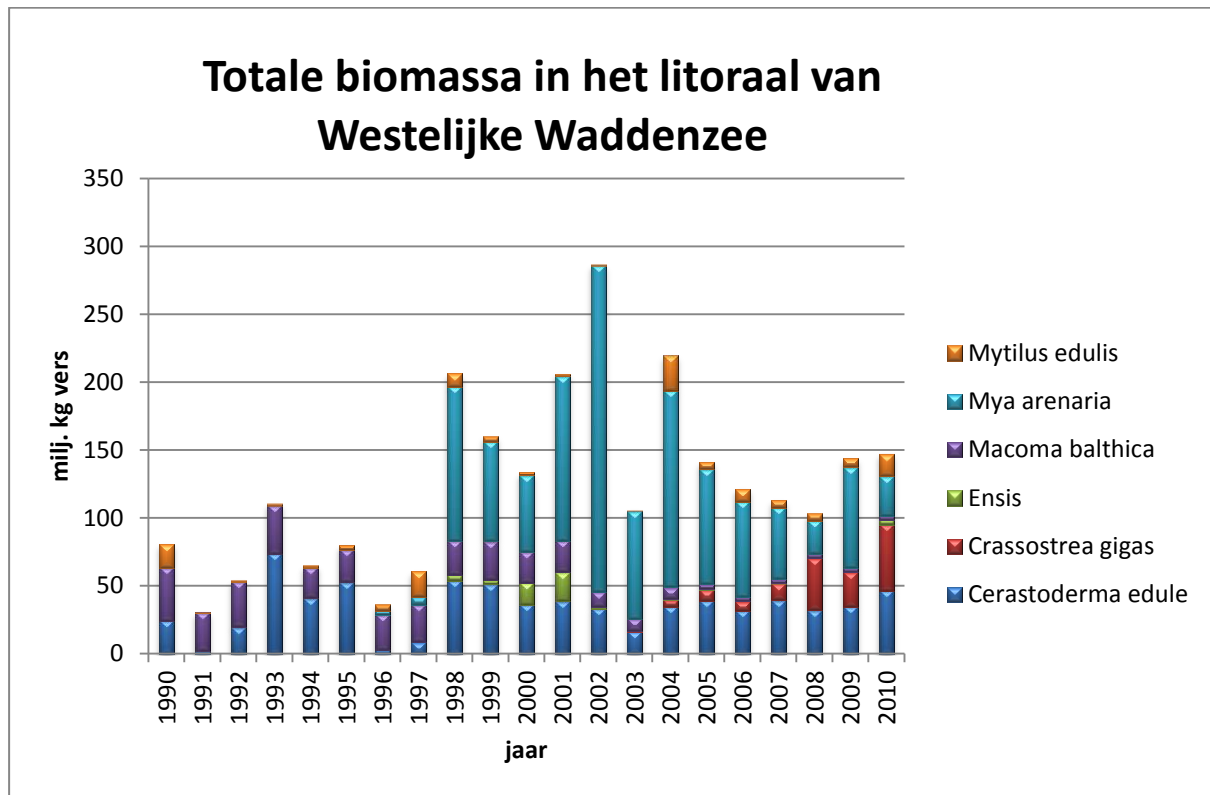
Kennisvraag 1: Zijn er aanwijzingen dat groei van mosselen en kokkels wordt geremd door de aanwezige biomassa in de Westelijke Waddenzee?

Uit de bovenstaande analyse blijkt dat het Vliestroomgebied en het Marsdiepgebied zich anders gedragen. Zo is groei van kokkels en mosselen in het Marsdiep beperkt door chlorofyl *a*, voedselkwaliteit, (sub)litorale stock, terwijl die groei in het Vliestroomgebied alleen beperkt wordt door chlorofyl *a* en de voedselkwaliteit, welke minder beïnvloed wordt door stocks in de periode t/m 2010 (zie ook bijlage 3E). Dus er is wel een negatief verband tussen stock en groei in Marsdiep en niet in Vliestroom.

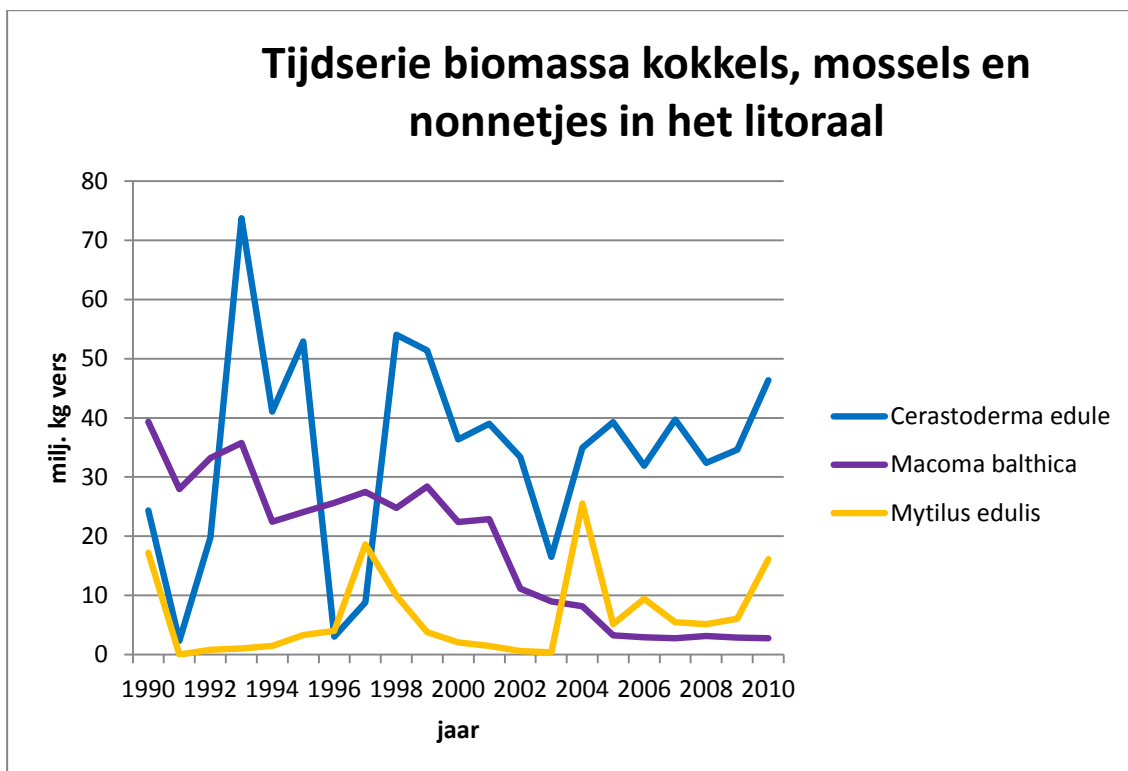
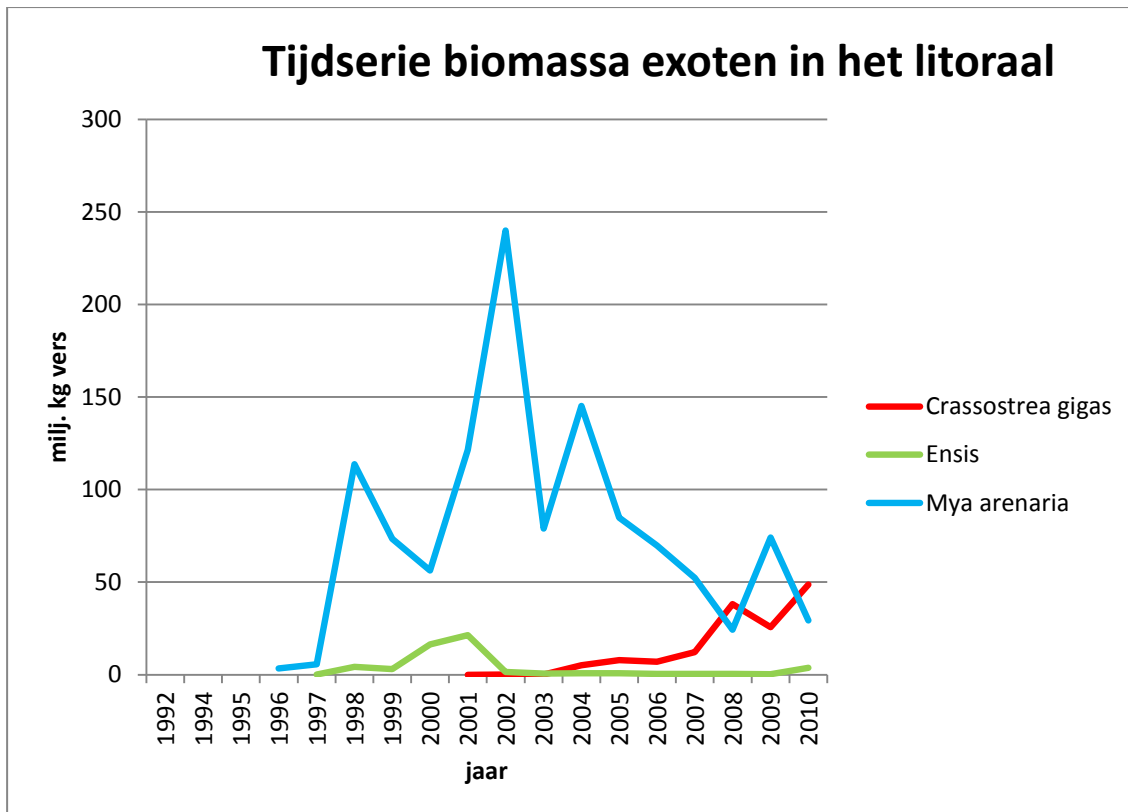
Kennisvraag 2: Remt de biomassa in sublitorale gebieden de groei in de litorale gebieden?

Kokkelgroei in het Marsdiepgebied vertoont een significant negatief verband met de sublitorale schelpdierstock wat versterkt wordt door een negatief verband tussen kokkelgroei en litorale stock in dat gebied. De veranderingen in de sublitorale stock vertonen ook een significant negatieve relatie met die in het vleespercentage van mosselen in het Marsdiepgebied. Dus voor het Marsdiepgebied lijkt de sublitorale een zekere beperking voor de groei in sublitoraal op te leveren.

Bijlage 3A. Totale biomassa

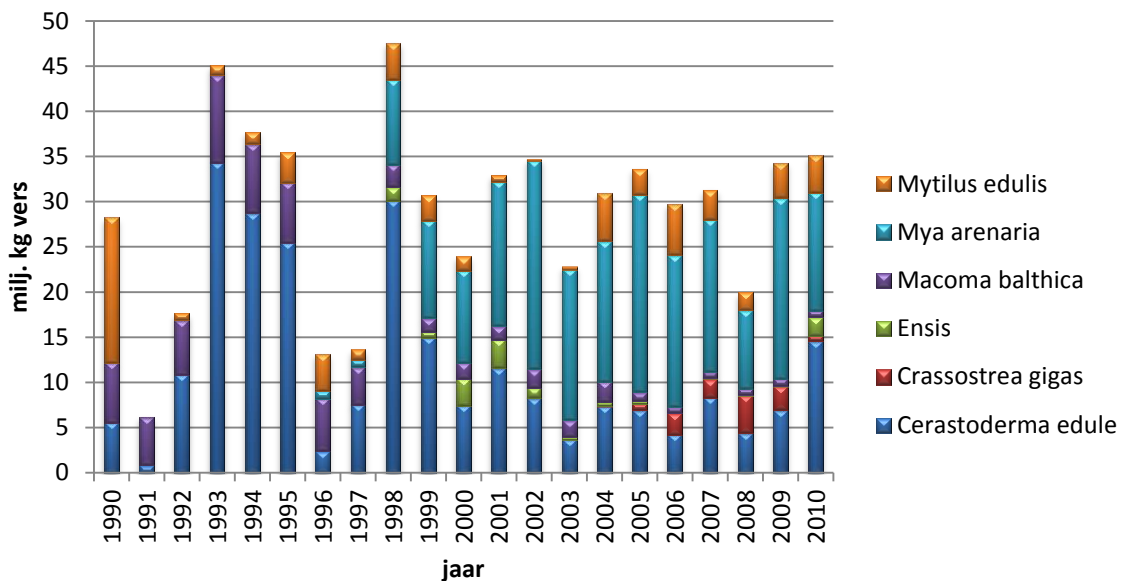


Figuur 1: Verloop van de totale litorale schelpdierbiomassa in het gehele westelijke Waddengebied in de jaren 1990-2010.

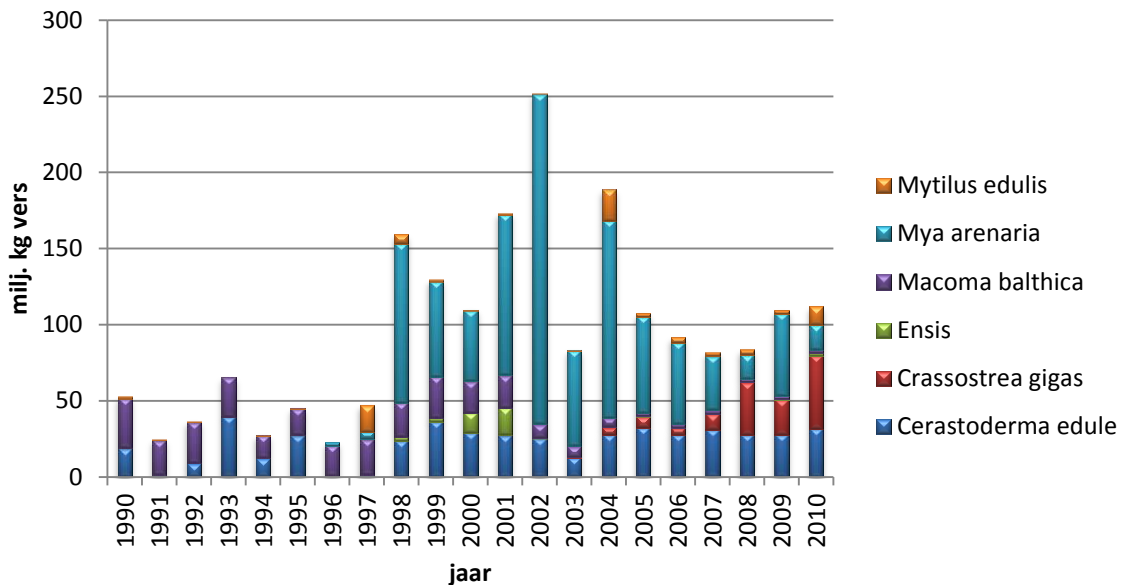


Figuur 2: Tijdsree van exoten japse oester (*Crassostrea gigas*), mesheft (*Ensis* sp.) en strandgaper (*Mya arenaria*) (boven) en endemische soorten kokkel (*Cerastoderma edule*), nonnetje (*Macoma balthica*) en mossel (*Mytilus edulis*) (onder) in het litoraal.

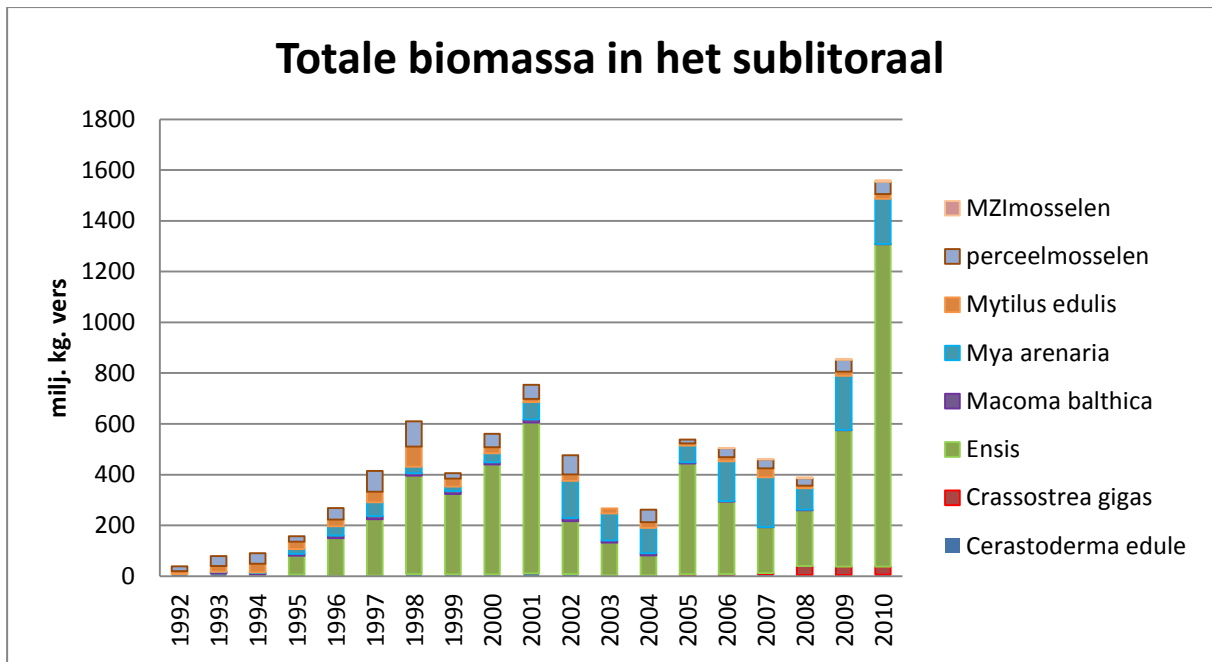
Totale biomassa in het litoraal van Marsdiep gebied (w1, w2, w3)



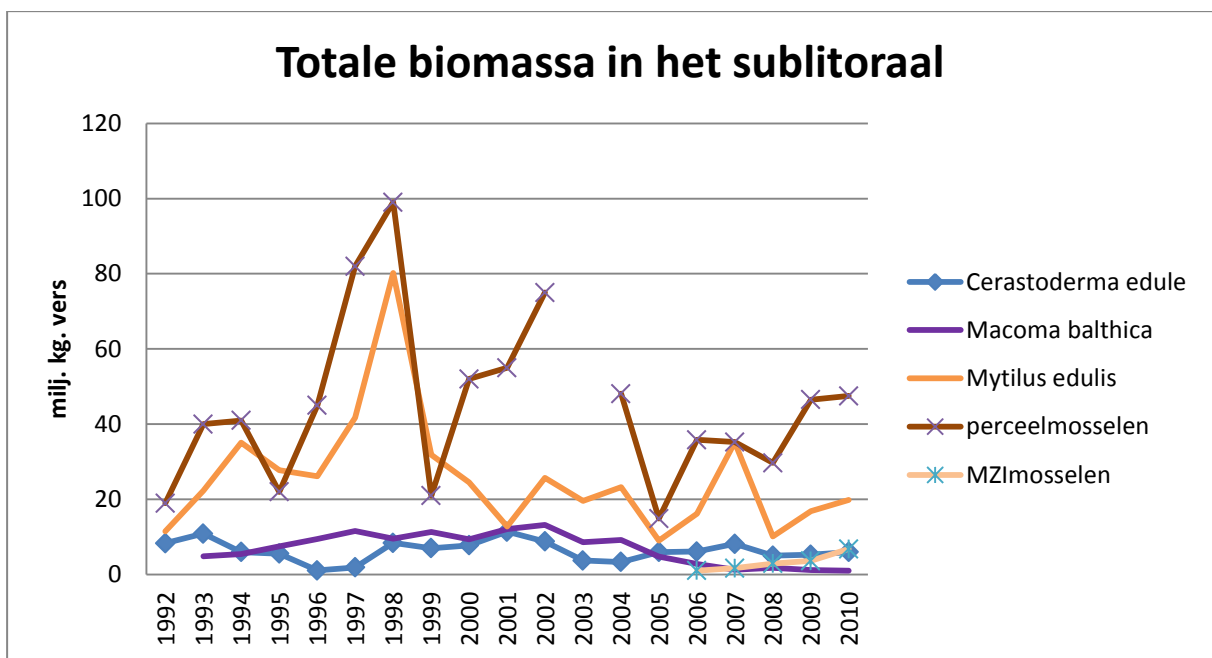
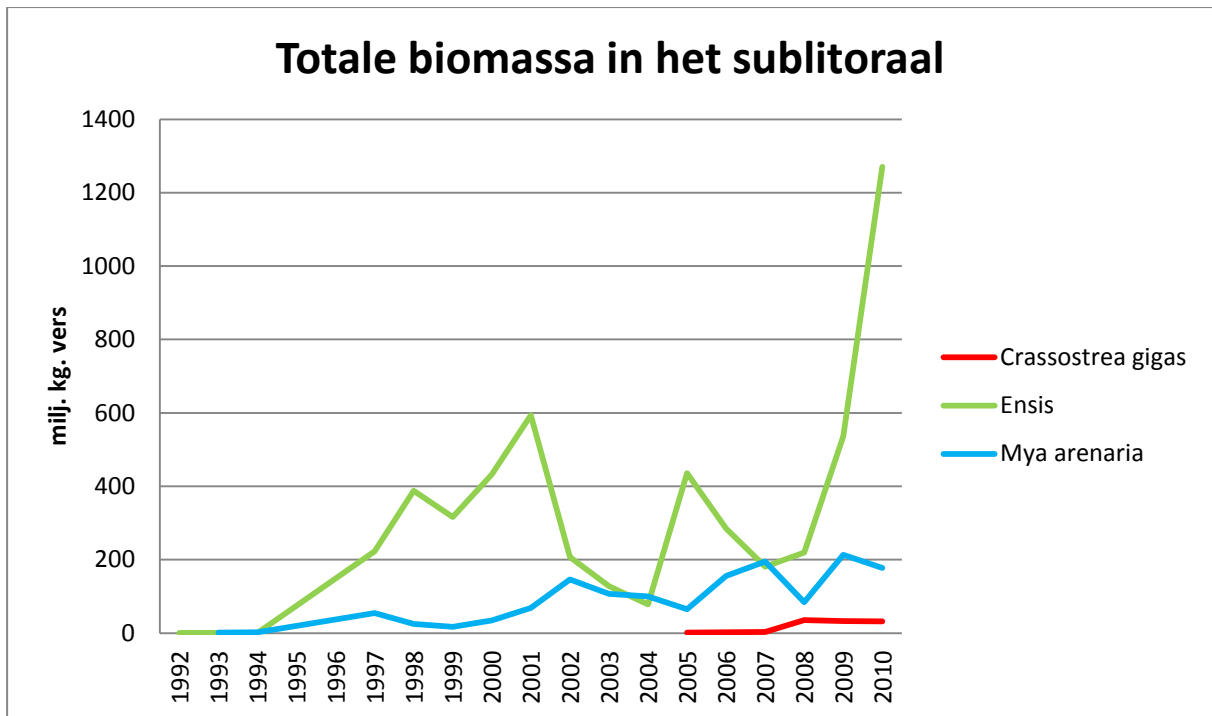
Totale biomassa in het litoraal van Vliestroom gebied (w4, w5, w6)



Figuur 3: Verloop van de totale litorale biomassa van schelpdieren in het Marsdiepgebied (a) en het Vliestroomgebied (b) van 1990-2010. Mogelijk is de terugval van japanse oester (Crassostrea gigas) biomassa in 2010 in het Marsdiepgebied bepaald door een verandering in monsternamen (kokkelschepje in 2010 en stempelkor in 2009).

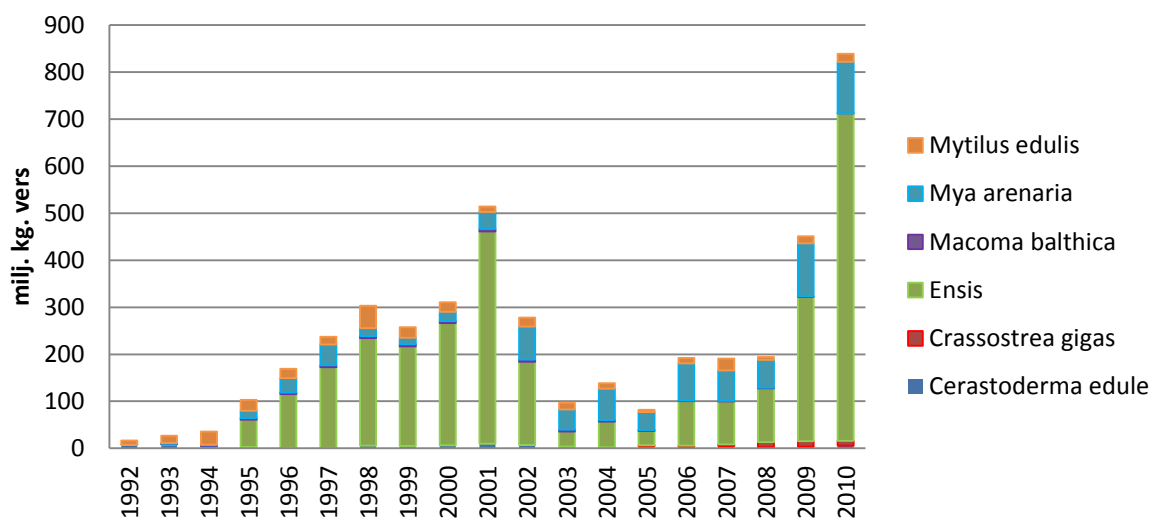


Figuur 4: Verloop van de totale sublitorale biomassa in het gehele Westelijke Waddengebied in de jaren 1992-2010.

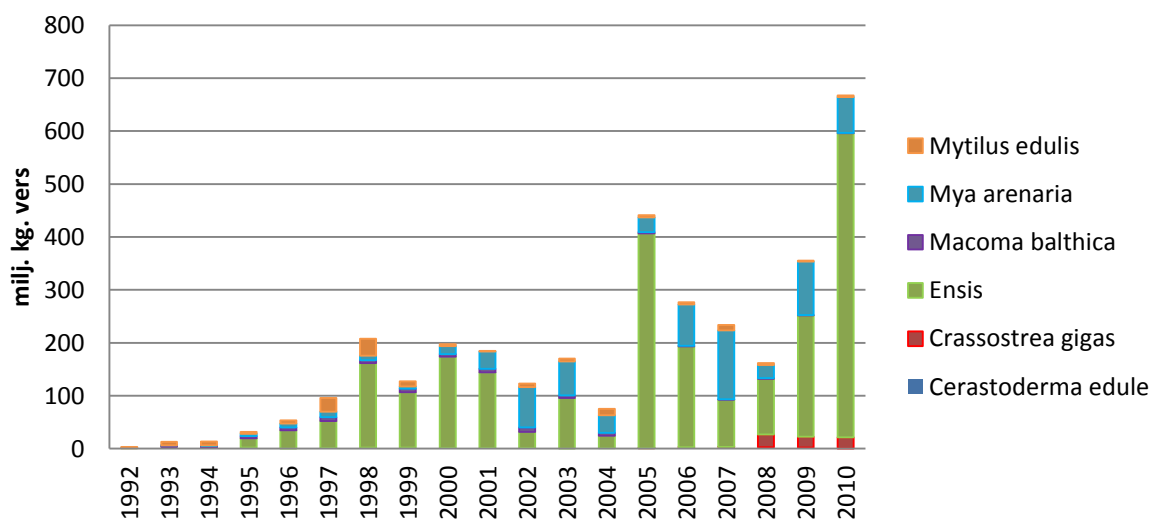


Figuur 5: Tijdsreeks van exoten japanse oester (*Crassostrea gigas*), mesheft (*Ensis* sp.) en strandgaper (*Mya arenaria*) (boven) en endemische soorten kokkel (*Cerastoderma edule*), nonnetje (*Macoma balthica*) en mossel (*Mytilus edulis*) (onder) in het sublitoraal. Ter vergelijking van de wilde bestanden zijn ook de bestanden aan gekweekte mosselen getoond (perceel mosselen en MZI-mosselen).

Totale biomassa in het sublitoraal van het Marsdiep gebied (w1, w2, w3)



Totale biomassa in het sublitoraal van het Vliestroom gebied (w4, w5, w6)



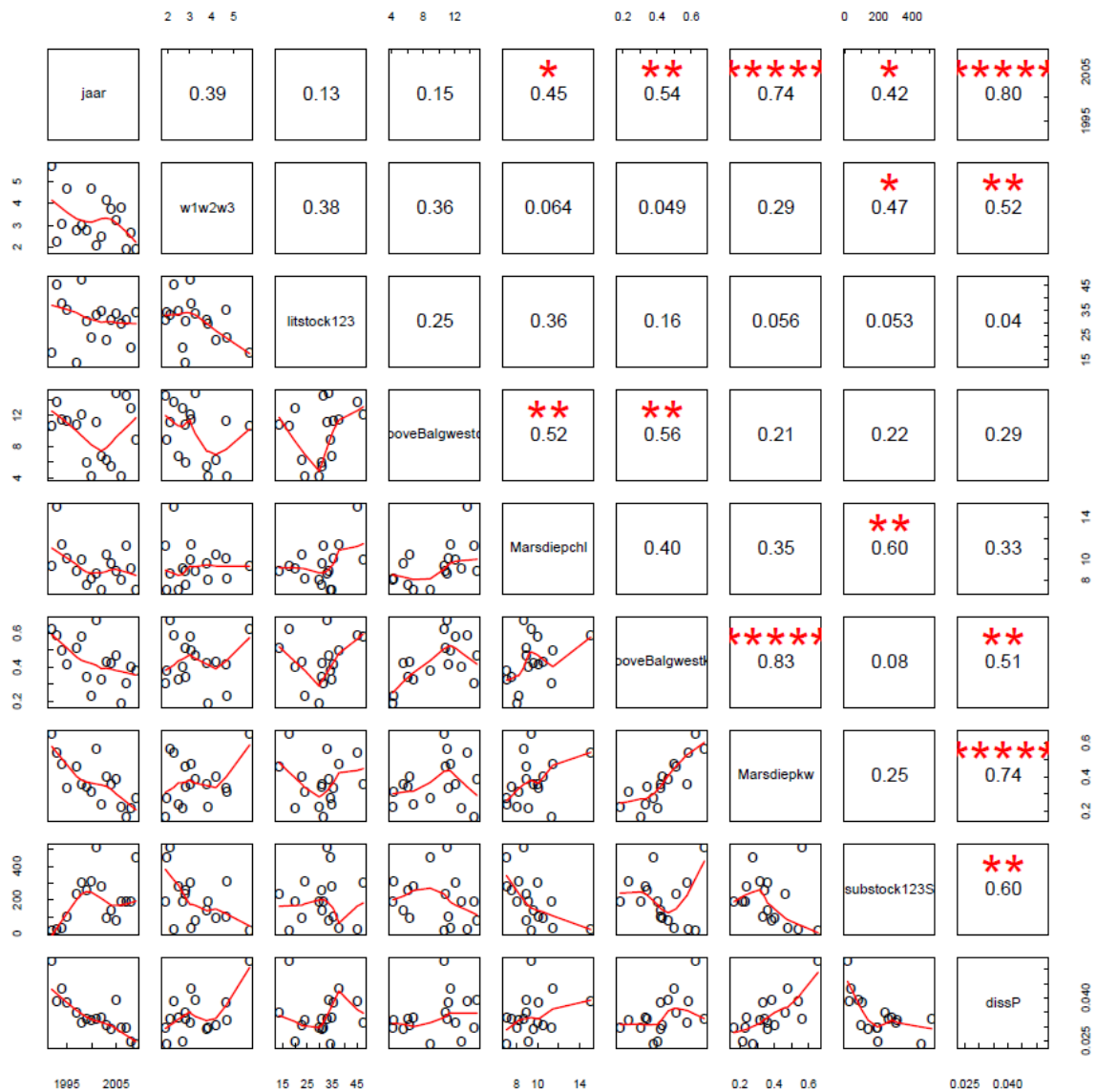
Figuur 6: Verloop van de totale sublitorale biomassa van schelpdieren (exclusief MZImosselen en perceel mosselen) in het Marsdiepgebied (boven) en het Vliestroomgebied (onder) van 1992-2010.

Bijlage 3B. Gemiddeld percentage vlees mosselen

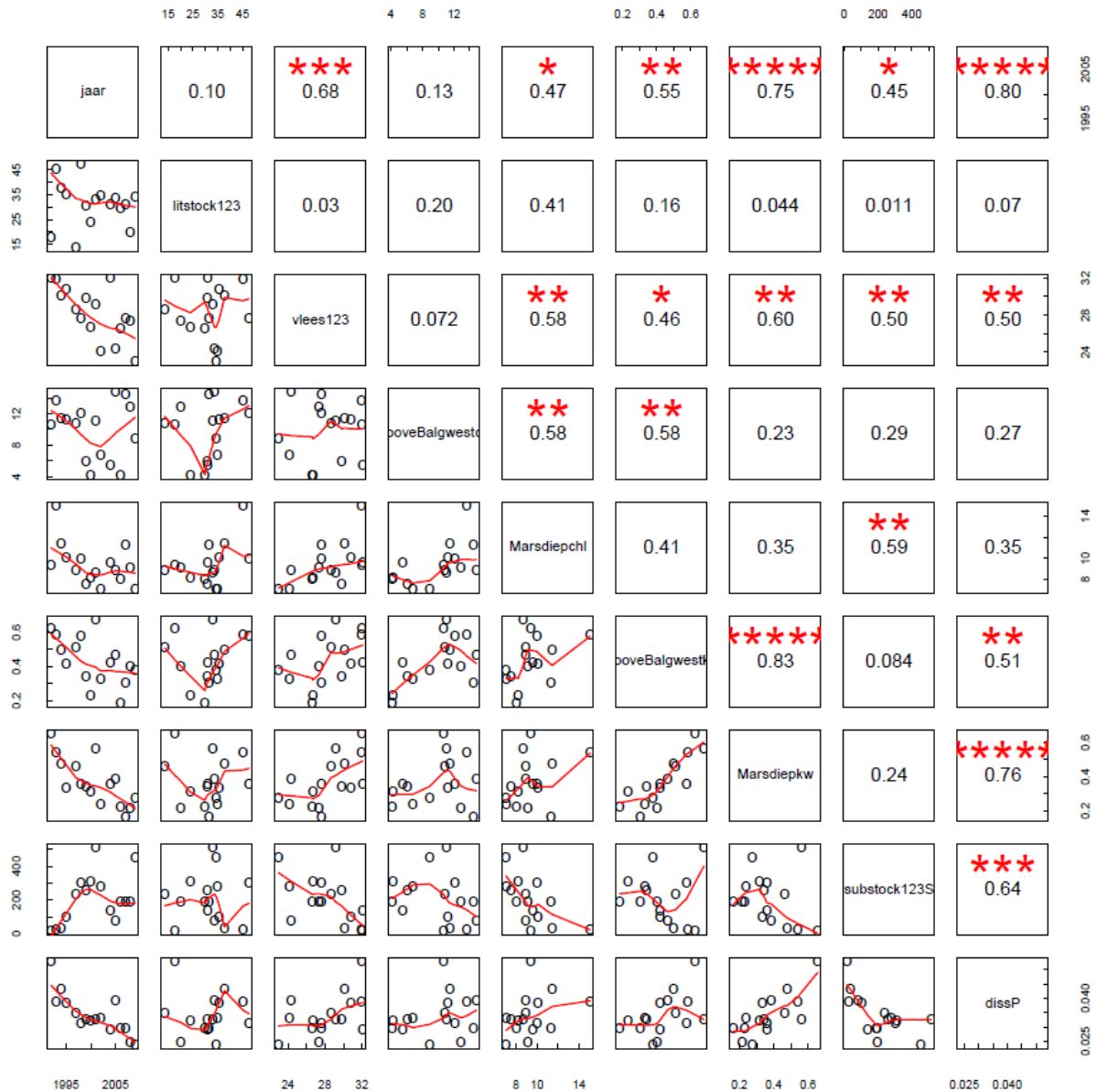
Tabel 1: Gemiddeld percentage vlees van mosselen aangevoerd uit de Waddenzee in de maanden juli t/m oktober in de seizoenen 1986-1987 t/m 2009-2010 en het aantal leveringen waarop deze gemiddelden zijn gebaseerd.

Seizoen	Juli-oktober											
	Gemiddeld percentage vlees (%)						Aantal leveringen					
	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w1	w2	w3	w4	w5	w6
86/87	29.27	30.76	29.55	31.70	29.08	29.79	68	11	108	149	144	160
87/88	27.16	25.17	29.82	28.41	27.99	28.83	79	3	153	187	234	510
88/89	27.87	27.86	27.06	28.37	25.88	26.29	34	23	47	86	277	325
89/90	29.61	33.46	29.68	30.25	29.34	28.65	99	33	419	190	166	274
90/91	31.08	35.14	33.16	31.92	29.11	32.86	55	78	394	157	137	472
91/92			32.00		27.20	25.93	0	0	1	0	219	48
92/93	31.26	33.38	31.61	34.47	34.46	33.73	36	45	136	46	210	164
93/94		31.52	28.41	34.04	30.59	31.57	0	22	18	105	142	205
94/95	35.88	24.18	28.81	32.86	31.65	33.08	66	4	158	35	265	354
95/96	28.87	25.05	30.30	31.36	30.83	33.07	10	2	24	31	140	207
96/97	27.44	26.65	29.27	29.07	29.70	29.63	50	15	149	267	194	229
97/98	29.80	25.93	27.23	31.32	29.21	29.77	4	3	10	136	103	166
98/99	28.79	29.14	30.20	29.59	30.21	28.84	39	31	149	260	210	208
99/00	28.83	27.69	25.31	26.50	29.24	28.49	25	40	67	193	239	204
00/01	27.40	28.25	30.08	30.02	33.29	32.86	3	11	17	137	175	160
01/02			24.15	29.20	33.74	27.66	0	0	4	114	151	45
02/03				33.29	35.00	34.50	0	0	0	94	155	240
03/04	30.93	36.68	31.49	30.73	34.77	31.99	33	12	29	136	198	177
04/05	21.25	27.24	23.64	25.58	28.98	26.33	2	9	29	103	203	113
05/06	28.26	25.49	27.20	25.51	29.39	26.88	9	16	5	72	159	148
06/07	34.93	25.78	27.00	24.79	30.35	23.13	3	8	12	17	73	26
07/08		28.66	25.56	27.60	30.33	28.20	0	19	14	122	181	193
08/09		22.88	23.23	27.04	31.26	33.09	0	8	3	77	216	230
09/10	28.60	21.50	29.10	27.14	27.17	29.29	2	1	1	82	266	142

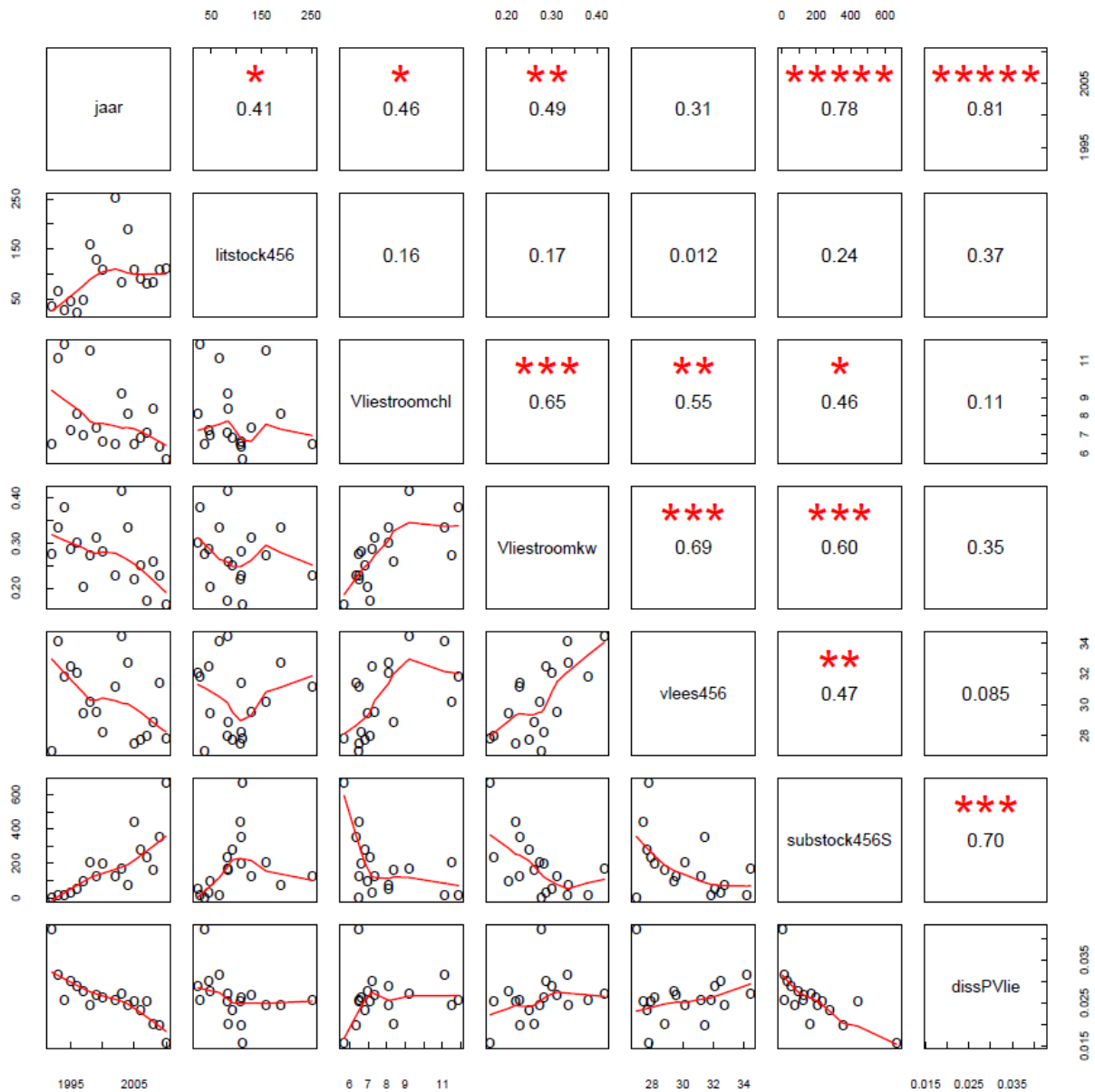
Bijlage 3C. Correlatiematrices



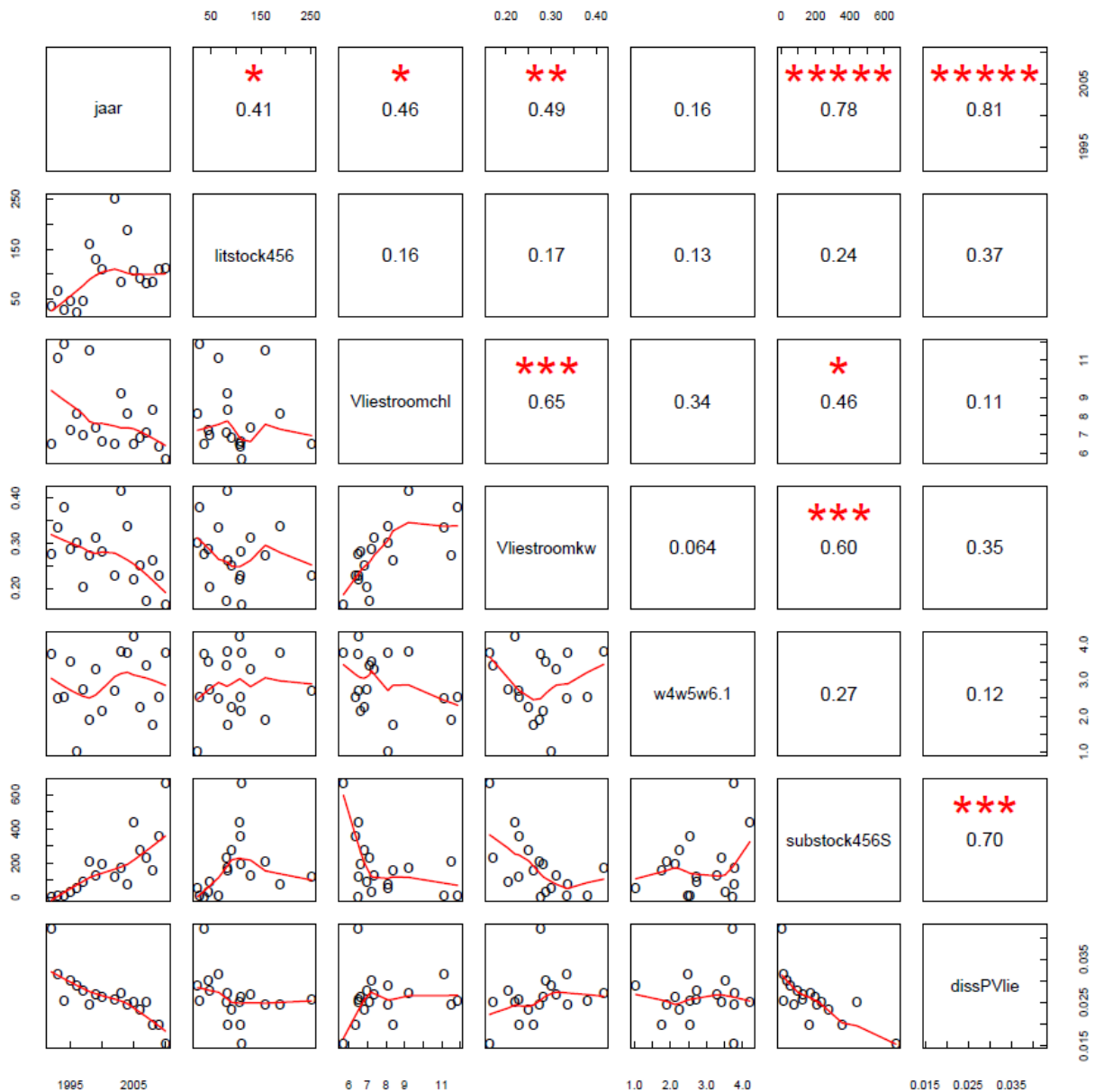
Figuur 1: Correlatiematrix gericht op kokkelgroei (gewicht 1-jarigen, w1w2w3) in het Marsdiepgebied (2010 is buiten beschouwing gelaten als uitbijter). Kokkelgroei (w1w2w3 in [gram versgewicht/ind]) wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale totale schelpdierstock (substock123 (exclusief MZImosselen en perceel mosselen) en litstock123, allebei in [milj kg versgewicht]), chlorofyl a (DoveBalgwestchl, Marsdiepchl in [$\mu\text{g/L}$]), opgeloste fosfaat (dissP in [mg/L]) en voedselkwaliteit (DoveBalgwestkw, Marsdiepkw in [$\mu\text{g Chl/mg slib}$]). Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplot. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.



Figuur 2: Correlatiematrix gericht op het mosselvlees percentage in het Marsdiepgebied (vlees123). percentage vlees van mosselen (vlees123 in [gram versgewicht/ind]) wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale stock (in [milj kg versgewicht], exclusief MZI mosselen en perceel mosselen), chlorofyl a [$\mu\text{g/L}$], opgeloste fosfaat (dissP in [mg/L]) en voedselkwaliteit [$\mu\text{g Chl/mg slib}$]. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplott. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.

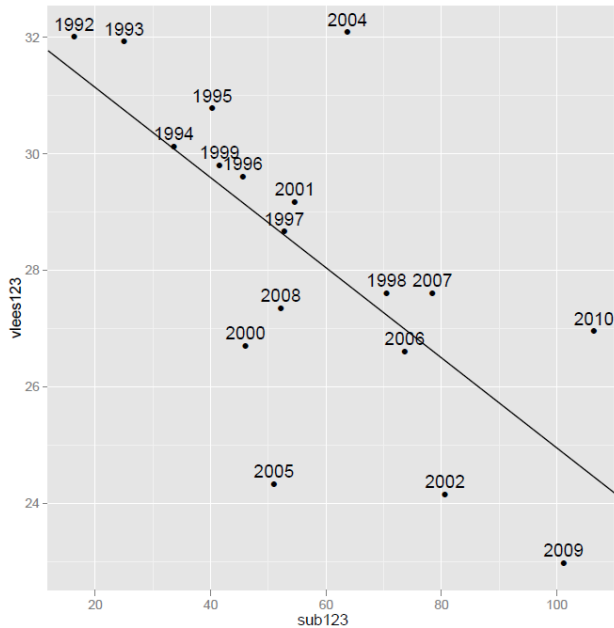


Figuur 3: Correlatiematrix gericht op het mosselvlees percentage in het Vliestroomgebied (vlees456). Percentage vlees van mosselen [gram versgewicht/ind] wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale stock [milj. Kg versgewicht], exclusief MZImosselen en perceel mosselen), chlorofyl a [$\mu\text{g/L}$], opgeloste fosfaat (dissPVlie in [mg/L]) en voedselkwaliteit [$\mu\text{g Chl/mg slib}$]. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplot. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.

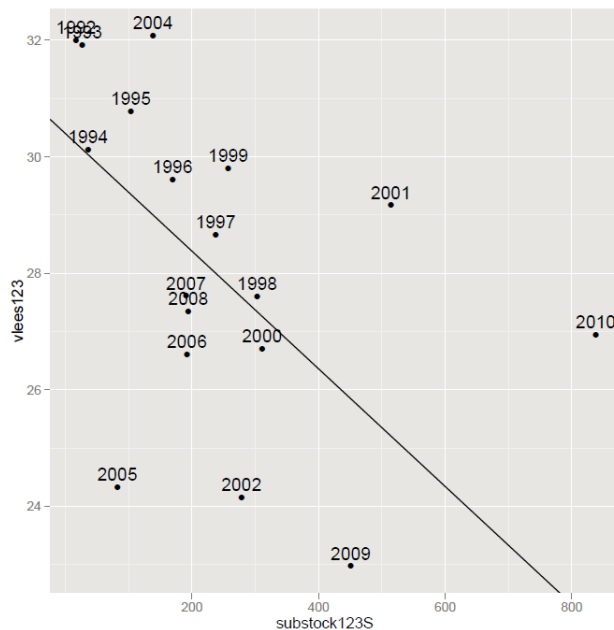


Figuur 4: Correlatiematrix gericht op kokkelgroei in het Vliestroomgebied (gewicht 1-jarigen, w4w5w6.1). Kokkelgroei [gram versgewicht/ind] wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale stock [milj. Kg versgewicht], exclusief MZImosselen en perceel mosselen) chlorofyl a [$\mu\text{g/L}$], opgeloste fosfaat (dissPVlie in [mg/L]) en voedselkwaliteit [$\mu\text{g Chl/mg slib}$]. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplot in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplot. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.

Bijlage 3D. Correlatie met ruwe data



Figuur 1: Significante correlatie ($R^2=0.44$, $p= 0.00156$) tussen de gemiddelde percentage vlees van mosselen in het Marsdiepgebied en sublitorale totale stocks aan schelpdieren (versgewicht). Hierbij zijn voor het bepalen van de stocks alle ruwe biomassa data gebruikt zoals opgegeven door de surveys en zijn alleen het individuele gewicht van mesheft *Ensis sp.* en strandgaper *Mya arenaria* gebruikt (tabel 2, tekst) om aantallen om te rekenen naar versgewicht.



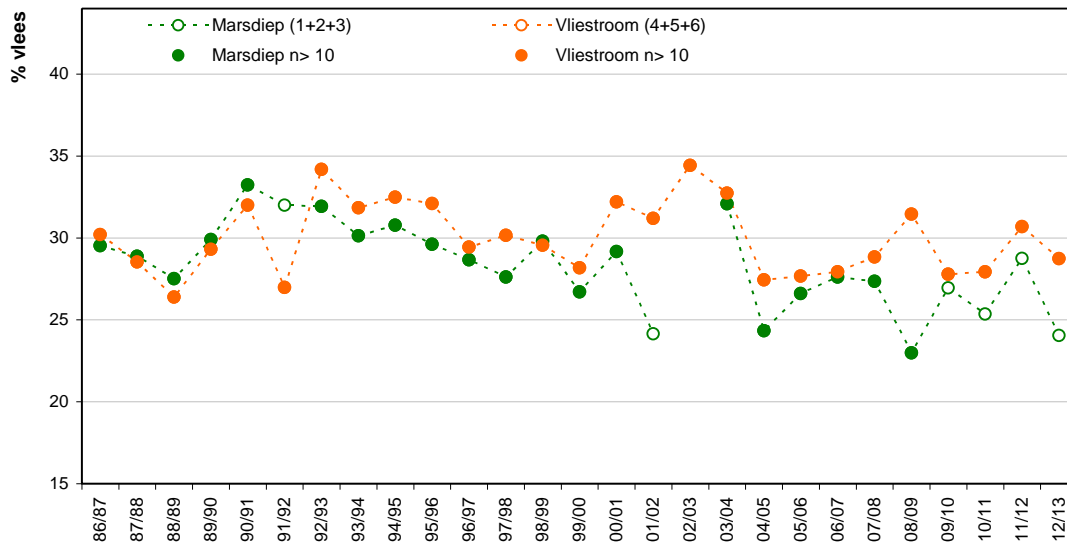
Figuur 2 idem figuur 9 uit de tekst: Significante correlatie ($R^2=0.26$, $p=0.03756$) tussen de gemiddelde percentage vlees van mosselen in het Marsdiepgebied en sublitorale totale stocks aan schelpdieren. Hierbij zijn voor het bepalen van de stocks alle aanpassingen zoals gepresenteerd in tabel 2 (tekst) gebruikt.

Bijlage 3E. Correlaties met data aangevuld t/m 2012

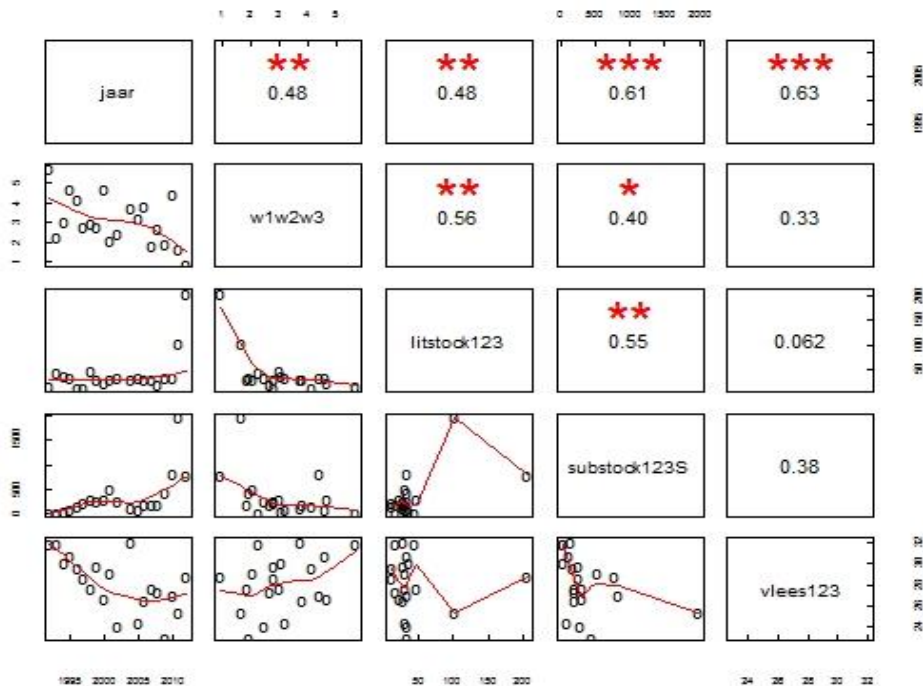
In discussies met de convenantgroep kwam naar voren dat de groei van kokkels de laatste jaren (2011, 2012) erg goed was en dat dat in tegenspraak was met de relatie tussen kokkelgroei en stock (als de stock niet afgenomen was, zie 3.5.2.1). Daarom is in een vervolgopdracht besloten de tijdserie van de Westelijke Waddenzee zoveel mogelijk aan te vullen tot en met 2012, om te zien of deze en andere relaties met deze laatste twee meetpunten zouden veranderen.

In 2011 zijn enorme hoeveelheden kokkels gevallen, welke in 2011 en 2012 een hoge litorale stock in zowel het Marsdiep als het Vliestroomgebied veroorzaken. Hoewel de broedval van kokkels tot een duidelijke trendbreuk leidt in de tijdserie (1992-2012) van de litorale stock in het Marsdiepgebied (zie figuur 2), zijn soortgelijke massale broedvallen ook voorgekomen in jaren voorafgaand aan deze tijdserie, namelijk in 1980 en 1988 (Kamermans et al. 2003).

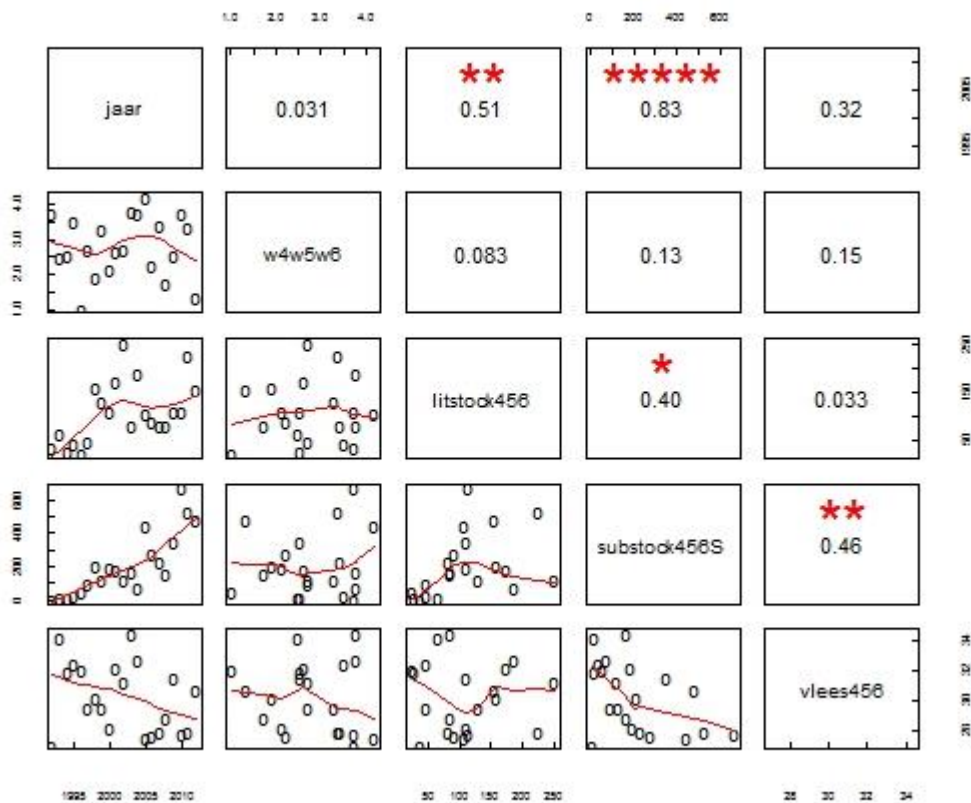
In tegenstelling tot de gedachte in de convenantgroep is gebleken uit de individuele gewichten van 1-jarige kokkels (w_{1w2w3} en w_{4w5w6}) dat deze zeker in het Marsdiepgebied niet hoog waren in 2011 en 2012. Dit is consistent met de analyse door Kamermans et al. (2003) waaruit blijkt dat de gewichtstoename van 1-jarige kokkels significant gecorreleerd met het gewicht van 1-jarige kokkels en in de Waddenzee dichtheidsafhankelijk is; hoe groter het bestand aan kokkels in mei hoe lager de groei. Samen met een toename in sublitorale en litorale stocks bevestigt deze ontwikkeling de al in de hoofdttekst geponeerde relatie $w_{1w2w3} \sim \text{substock}_{123S} * \text{litstock}_{123}$ (eq. 1) voor het Marsdiepgebied (figuur 2). De relatie tussen gewicht van 1-jarige kokkels en litorale en/of sublitorale stock in het Vliestroomgebied blijft ook na toevoeging van 2011 en 2012 niet significant, vooral omdat er geen eenduidig negatieve trend in het gewicht van 1-jarige kokkels zit in de tijdserie vanaf 1992 (figuur 3). Naast kokkelgewicht is ook gekeken naar de vleespercentages van mosselen in deze aangevulde dataserie. In het Marsdiepgebied werd tot en met 2010 een negatieve relatie gevonden tussen vleespercentage en sublitorale stock (figuur 9 in hoofdttekst). Deze relatie wordt verstoord in de dataserie tot en met 2012 door de erg hoge biomassa in het sublitoraal (figuur 2). Zonder het jaar 2011 is er wel een significante lineaire relatie ($p=0.043$, $R^2=0.21$, niet getoond). De relatie in het Vliestroomgebied wordt wel significant met de dataserie tot en met 2012 (figuur 3 en 4), waar deze tot en met 2010 (net) niet significant was.



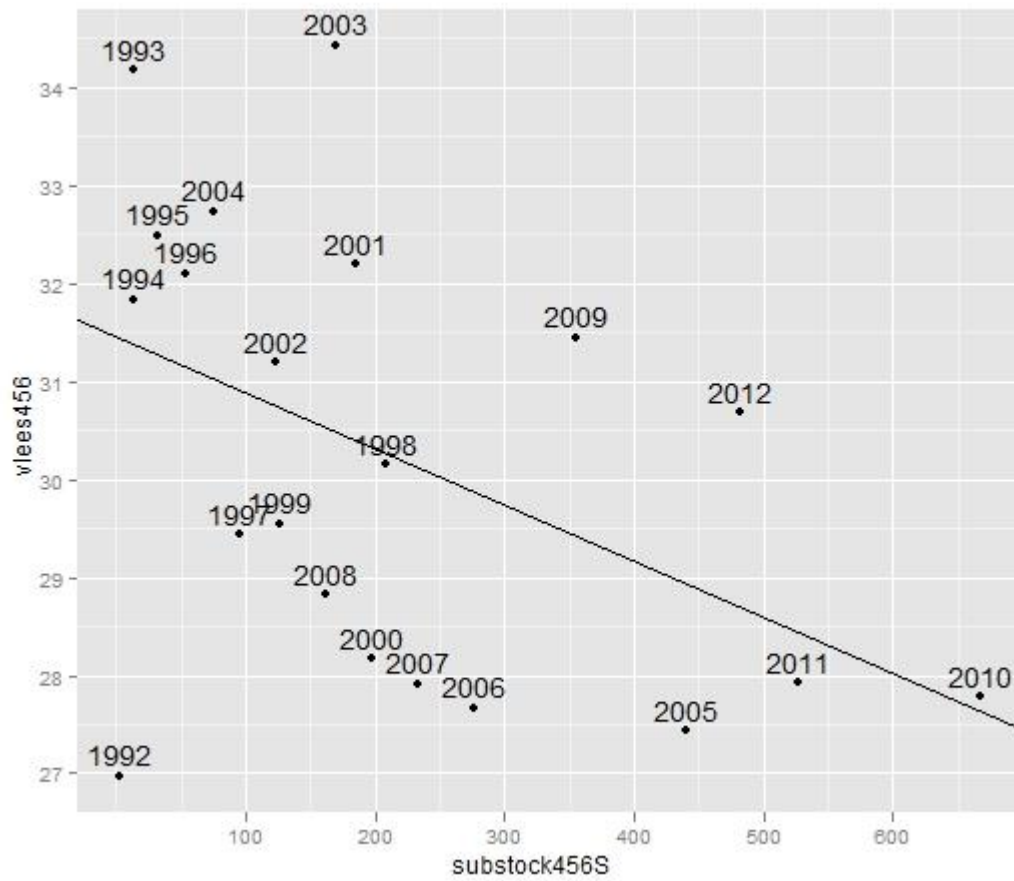
Figuur 1: Gemiddeld vleesgewicht van mosselen geleverd in de periode juli - oktober per deelgebied in het stroomgebied van het Marsdiep (boven) en Vliestroom (onder) (bron Productschap Vis). Gemiddelden die zijn gebaseerd op minder dan 10 leveringen zijn als open cirkel weergegeven. Ontbrekende waarden corresponderen met jaren waarin uit betreffende gebieden geen mosselen zijn aangevoerd.



Figuur 2: Correlatiematrix gericht op groei van kokkels en mosselen in het Marsdiepgebied (gewicht 1-jarigen, w1w2w3 en vleesgewicht vlees123, respectievelijk). Groei wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale stock [milj. Kg versgewicht], exclusief MZImosselen en perceel mosselen, niet relevant voor de regressie). Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplott. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.



Figuur 3: Correlatiematrix gericht op groei van kokkels en mosselen in het Vliestroomgebied (gewicht 1-jarigen, w4w5w6 en vleesgewicht vlees456, respectievelijk). Groei wordt hier gecorreleerd met (sub)litorale stock [milj. kg versgewicht], exclusief MZImosselen en perceel mosselen, niet relevant voor de regressie). Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. Diagonaal staan de variabelen. Onder de diagonaal staan de scatterplots met op de x-as de variabele boven deze plot op de y-as de variabele rechts van het plot. Waardes van de variabelen staan rondom dit plot. Ook wordt een tijdserie van alle variabelen geplott in de eerste kolom. In deze scatterplots is een rode lijn geplott. Boven de diagonaal zijn de resultaten van deze gefitte lijn zichtbaar. Er staan in cijfers de R^2 en, indien significant volgens Pearson's test, rode tekens: *: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, ***: $p < 0.01$, ****: $p < 0.001$.



Figuur 4: Significante lineaire correlatie tussen de gemiddelde percentage vlees van mosselen in het Vliestroomgebied en sublitorale totale stocks aan schelpdieren ($p=0.036$, $R^2=0.17$).

Dankwoord

Wij danken Pauline Kamermans, Bert Brinkman, Peter Herman en Jeroen Jansen voor commentaar op eerdere versies van dit rapport. Oscar Bos heeft als interne reviewer eveneens waardevol commentaar geleverd, waarvoor dank.

Referenties

- Brinkman, A.G. 1993.** Biological processes in the EcoWasp ecosystem model. IBN Research Report 93/6. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen, 111 pp.
- Bougrier, S. et al, 1995.** Allometric relationships and effects of temperature on clearance and oxygen consumption rates of *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 134: 143-154.
- Bult, T.P., M.R. van Stralen, E. Brummelhuis & J.M.D.D. Baars 2004.** Mosselvisserij en -kweek in het sublitoraal van de Waddenzee. RIVO-rapport C049/04.
- Dekker, R., D. Waasdorp & J.M. Ogilvie 2002.** Het Macrozoobenthos in de Waddenzee in 2001. NIOZ-RAPPORT 2002-2.
- Dekker, R. 2011.** Macrozoobenthosonderzoek MWTL, voor- en najaar 2009, Waterlichaam: Waddenzee (Balgzand en sublitorale westelijke Waddenzee). Rijkswaterstaat rapportnummer BM10.01.
- De Mesel, I., J. Wijsman, J. Jol & J. Perdon 2011.** Bepaling bestand op de mosselpercelen in de Waddenzee najaar 2010. IMARES-Rapport C127/11.
- Kamermans, P. & A. Smaal 2009.** Evaluatie van de mosselzaadinvang (MZI) proefperiode 2008. IMARES-Rapport C022/09.
- Kesteloo, J. J., C. van Zweeden & K. Troost 2011.** Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2011. IMARES-Rapport C090/11.
- Leewis, R. J., H. W. Waardenburg, and M. W. M. Vandertol. 1994.** Biomass and Standing Stock on Sublittoral Hard Substrates in the Oosterschelde Estuary (Sw Netherlands). *Hydrobiologia* **283**:397-412.
- Malkin, S. Y., J. C. Kromkamp and P. M. Herman. 2011.** Primary production in the Oosterschelde: an analysis of historical data, size distribution and effect of grazing pressure. **NIOO-CEME rapport.**
- R Development Core Team 2011.** R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN: 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>.
- Scholten H & M van der Tol, 1994.** SMOES: a simulation model for the Oosterschelde ecosystem II: calibration and validation,. *Hydrobiologia* 282/283: 453-474
- Smaal, A., M. van Stralen, and E. Schuiling. 2001.** The interaction between shellfish culture and ecosystem processes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**:991-1002.
- Smaal, A. C., B. J. Kater, and J. Wijsman. 2009.** Introduction, establishment and expansion of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in the Oosterschelde (SW Netherlands). *Helgoland Marine Research* **63**:75-83.
- Van Stralen, M. R. and R. D. Dijkema. 1994.** Mussel Culture in a Changing Environment - the Effects of a Coastal Engineering Project on Mussel Culture (*Mytilus-Edulis-L*) in the Oosterschelde Estuary (Sw Netherlands). *Hydrobiologia* **283**:359-379.
- van Stralen, M.R. 2002.** De ontwikkeling van mosselbestanden op droogvallende platen in het sublitoraal van de Waddenzee vanaf 1955: een reconstructie op basis van gegevens uit de mosselzaadvisserij. (The development of mussel stocks on intertidal flats and in the sublittoral areas of the Wadden Sea from 1955 onwards: a reconstruction based on data from seed mussel fisheries) *MarinX-report* 2001.10, 1-57. 2002. Scharendijke, MarinX.
- van Stralen, M.R. & K. Troost 2011.** Inventarisatie van het sublitorale wilde mosselbestand in de westelijke Waddenzee in het voorjaar van 2011. *MarinX-rapport* 2011.104, 2011. Scharendijke, MarinX.
- van Stralen, M.R. 2011.** Invang van mosselzaad in MZI's. Resultaten 2010. *MarinX-rapport* 2011.103, 2011. Scharendijke, MarinX.

- Wetsteyn, L. P. M. J., J. C. H. Peeters, R. N. M. Duin, F. Vegter, and P. R. M. Devisscher.** 1990. Phytoplankton Primary Production and Nutrients in the Oosterschelde (the Netherlands) during the Prebarrier Period 1980-1984. *Hydrobiologia* **195**:163-177.
- Troost K, 2009.** Pacific oysters in Dutch estuaries. PhD thesis Groningen.
- Troost, T. and L. van Duren. 2011.** Draagkracht voor MZI's in de Oosterschelde. **Deltares rapport.**

Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 124296-2012-AQ-NLD-RvA). Dit certificaat is geldig tot 15 december 2015. De organisatie is gecertificeerd sinds 27 februari 2001. De certificering is uitgevoerd door DNV Certification B.V. Daarnaast beschikt het chemisch laboratorium van de afdeling Vis over een NEN-EN-ISO/IEC 17025:2005 accreditatie voor testlaboratoria met nummer L097. Deze accreditatie is geldig tot 1 april 2017 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie

Verantwoording

Rapport nr C189/13
Projectnummer: 4308301013

Dit rapport is met grote zorgvuldigheid tot stand gekomen. De wetenschappelijke kwaliteit is intern getoetst door een collega-onderzoeker en het betreffende afdelingshoofd van IMARES.

Akkoord:

Dr. O.G. Bos
Onderzoeker

Handtekening:



Datum: 28 augustus 2014

Akkoord:

Dr R. Trouwborst, Hoofd Afdeling Delta



Handtekening:

Datum: 28 augustus 2014