

Onderzoek naar vismigratie en voedsel voor schelpdieren in Green Deal Biodiversiteit Oosterschelde

Pauline Kamermans, Erwin Winter en Tim Schellekens
Rapport C022/13



IMARES Wageningen UR

(IMARES - Institute for Marine Resources & Ecosystem Studies)

Opdrachtgever:

Ministerie van EZ, Directie Natuur & Biodiversiteit
t.a.v. Dhr. D. de Niet
Postbus 20401, 2500 EK Den Haag

Publicatiedatum:

1 februari 2013

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 in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken.

P.O. Box 68 1970 AB IJmuiden Phone: +31 (0)317 480900 Fax: +31 (0)317 48 73 26 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 77 4400 AB Yerseke Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 59 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 57 1780 AB Den Helder Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)223 63 06 87 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl	P.O. Box 167 1790 AD Den Burg Texel Phone: +31 (0)317 48 09 00 Fax: +31 (0)317 48 73 62 E-Mail: imares@wur.nl www.imares.wur.nl
---	--	---	--

© 2012 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-V12.4

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	6
2. Kennisvragen	8
2.1. Vismigratie	8
2.2. Voedsel voor schelpdieren	9
3. Methoden	9
3.1. Vismigratie	9
3.2. Voedsel voor schelpdieren.....	9
4. Resultaten	11
4.1. Vismigratie	11
4.2. Voedsel voor schelpdieren	16
5. Conclusies	24
5.1. Vismigratie	24
5.2. Voedsel voor schelpdieren	26
6. Kwaliteitsborging	28
Dankwoord	28
Referenties	29
Verantwoording	31
Bijlage A. Onderzoeksplan IMARES voor Green Deal 2.0	32

Samenvatting

De processen die behoren bij de Oosterschelde van voor de Deltawerken zijn verstoord. Zoet-zoutovergangen die horen bij de estuariene Deltawateren zijn de laatste tientallen jaren verdwenen en vervangen door harde barrières. De populatie trekvissen, zoals spiering, aal en driedoornige stekelbaars zijn in deze periode sterk achteruit gegaan. Deze soorten zijn beschermde diersoorten en zijn gebaat bij migratiemogelijkheden van zout naar zoet en visa versa. Ook de beschikbaarheid van voedsel voor de schaal- en schelpdieren is afgenomen. De Green Deal Biodiversiteit Oosterschelde bestaat uit een plan om de toevoer van zoet water en nutriënten vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Kom van de Oosterschelde te vergroten door middel van een proefinlaat. De ambitie van de Green Deal is dat deze proefinlaat de kansen voor biodiversiteit en aquacultuur vergroot. De proefinlaat ontworpen in het kader van de Green Deal moet vergunbaar zijn (o.a. i.r.t. Natura2000 en KRW-doelstellingen) en door middel van monitoring informatie opleveren voor maatregelen ten behoeve van het bereiken van de ambitie c.q. voor het bijstellen van de ambitie.

Voor het project Green Deal Oosterschelde zijn door IMARES werkzaamheden verricht om tot een onderbouwde probleembeschrijving en een geschikte proefinlaat te komen. Het onderzoek heeft zich gericht op mogelijkheden voor migratie van trekvissen bij een toevoer van extra zoet water (en hiermee nutriënten) vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Kom van de Oosterschelde. Daarnaast heeft het onderzoek zich gericht op verklaringen voor verminderde productie van schelpdieren in de Kom van de Oosterschelde. Gedurende het project werd duidelijk dat er nog veel aanvullende vragen en onduidelijkheden zijn. Daarom is geen definitieve locatie voor de proefinlaat is gekozen. Dientengevolge is geen monitoringsprogramma ontwikkeld en is geen onderbouwing geleverd voor vergunningverlening. In plaats daarvan is een onderzoeksplan opgesteld.

Vismigratie

Het Oosterscheldebekken speelt slechts een zeer geringe rol voor vismigratie gezien de harde barrières en de verwaarloosbare hoeveelheid zoetwater die via de Oosterschelde uitstroomt ten opzichte van zowel de zuidelijker gelegen Westerschelde als de noordelijker gelegen Haringvliet en Nieuwe Waterweg. Een proefinlaat zal met name extra migratiemogelijkheden geven voor de in de Oosterschelde al voorkomende trekvissoorten paling, driedoornige stekelbaars, spiering en bot. Deze soorten, die van zee via estuaria een rivier intrekken, maken gebruik van selectief getijdentransport. De intrekperiode voor deze soorten loopt van februari tot mei.

Vispassages gebouwd in zoetwatersystemen laten zien dat zowel buisconstructies (bijvoorbeeld de Wit passage van 60 cm in doorsnede) als hevelconstructies (bijvoorbeeld FishFlowInnovations) succesvol verschillende vissoorten en lengtes kan laten passeren. Daarnaast kan kennis opgedaan in lopende projecten, zoals bijvoorbeeld bij gemaal Maelstede in het beheersgebied van Waterschap Scheldestromen, worden gebruikt in het verdere Green Deal traject.

Vanuit de biologie van de belangrijkste doelsoorten (paling, driedoornige stekelbaars, bot en spiering) en het belang van selectief getijdentransport is een doorlaat optie waarbij niet alleen zoetwater naar de Oosterschelde stroomt maar ook een deel van het getij water vanuit de Oosterschelde naar het zoete bekken stroomt de voorkeur. De uitstroomopening/ -situatie zou zo kunnen worden ontworpen dat er dan vooral net gespuid zoetwater/licht brak water naar binnen stroomt om de zoutlast te minimaliseren (hierbij kan aansluiting worden gezocht bij ontwikkelingen rond vismigratierivier bij Afsluitdijk). Het vergroten van migratiemogelijkheden kan leiden tot een toename of herstel in populaties, maar of dit ook werkelijk optreedt hangt af van factoren die nu nog niet kunnen worden ingeschat (b.v. aanbod larven).

Vervolgonderzoek voor vismigratie betreft onderzoek naar de ruimtelijke verspreiding van migrerende vissen in de Kom van de Oosterschelde en een evaluatie van de resultaten van de proef bij Maelstede.

Voedsel voor schelpdieren

De voedselomstandigheden voor schelpdieren in de Kom van de Oosterschelde bevinden zich in een complexe situatie. Er zijn aanwijzingen dat er sprake is van overbegrazing door het totale bestand aan schelpdieren. Sinds 1991 neemt de algenproductie gestaag af. Door de hoge graasdruk is de algenbiomassa gelimiteerd. De toevoer van extra nutriënten uit zoet water kan dan minder goed benut worden. De nutriënten gaan mogelijk naar andere planten groepen zoals hele kleine algen (picoplankton) en macroalgen (b.v. zeesla). Deze groepen zijn niet geschikt als voedsel voor schelpdieren. Picoplankton wordt wel gegeten door zakpijpen.

Een analyse van tijdseries van primaire productie, de biomassa van filter-feeders (voornamelijk schelpdieren) en vleesgehalte van mosselen zoals aangeleverd aan de veiling toont een verband tussen vleesgehalte en hoeveelheid grazers in de Oosterschelde. Naarmate er meer grazers aanwezig zijn is het vleesgehalte lager. Oesters worden niet verhandeld via de veiling en daardoor zijn er geen op een systematische wijze verzamelde gegevens over de kwaliteit van oesters beschikbaar. Een analyse met inschattingen van oestergroei aangeleverd door oesterkwekers laat zien dat de beste groei werd gevonden in jaren met een hoge primaire productie en een hoog chlorofyl gehalte. Hierbij valt op dat zeer goede groei werd waargenomen in de periode tot 2000. Na dat jaar zijn zowel de primaire productie als het chlorofylgehalte afgenomen in de Kom.

Vermindering van de totale hoeveelheid grazers in de Kom kan mogelijk plaatsvinden via inperking van het bestand aan wilde oesters. Hoe groot dat effect zal zijn is niet op voorhand vast te stellen, omdat daarvoor de informatie over groei en biomassa van gekweekte oesters, en voedselaanbod op de oesterpercelen ontbreekt. Een proef zal de grootte van het effect moeten vaststellen. De effectiviteit en duurzaamheid van het wegvissen van oesters is echter suboptimaal. De ondergrond zorgt voor onvolledige bevissing van wilde oesterbanken en de verwachte oesterresten zullen ideaal substraat voor nieuw oesterbroed vormen. Hierdoor zal bevissing waarschijnlijk binnen 3 jaar herhaald moeten worden om het eventueel aanwezige effect op groei op de percelen te handhaven.

Uit een analyse met oesterbroedval gegevens aangeleverd door oesterkwekers blijkt een betere broedval in jaren met hogere temperaturen en geen effect van jaren met een verlaagd zoutgehalte. Een relatie met het voorkomen van kleine algen is niet duidelijk. Een laboratoriumexperiment toonde geen effect van zoutgehalte of aanwezigheid van kleine algen op de ontwikkeling van larf naar broed. Mogelijk was het moment dat zoutgehalte of kleine algen effect op de ontwikkeling konden hebben al voorbij.

Vervolgonderzoek aan voedsel voor schelpdieren zal zich richten op het verkrijgen van beter inzicht in de oorzaak van achteruitgang van schelpdierproductie in de Kom van de Oosterschelde door middel van modelberekeningen, veldmetingen en laboratorium experimenten.

1. Inleiding

De processen die behoren bij de Oosterschelde van voor de Deltawerken zijn verstoord. Zoet-zoutovergangen die horen bij de estuariene Deltawateren zijn de laatste tientallen jaren verdwenen en vervangen door harde barrières. De populatie trekvissen, zoals spiering, aal en driedoornige stekelbaars zijn in deze periode sterk achteruit gegaan. Deze soorten zijn beschermde diersoorten en zijn gebaat bij migratiemogelijkheden van zout naar zoet en visa versa. Ook de beschikbaarheid van voedsel voor de schaal- en schelpdieren is afgenomen. De Green Deal Biodiversiteit Oosterschelde bestaat uit een plan om de toevoer van zoet water en nutriënten vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Kom van de Oosterschelde te vergroten door middel van een proefinlaat. De ambitie van de Green Deal is dat deze proefinlaat de kansen voor biodiversiteit en aquacultuur vergroot (Rijksoverheid, 2012). De proefinlaat ontworpen in het kader van de Green Deal moet vergunbaar zijn (o.a. i.r.t. Natura2000 en KRW-doelstellingen) en door middel van monitoring informatie opleveren voor maatregelen ten behoeve van het bereiken van de ambitie c.q. voor het bijstellen van de ambitie.

De Zuidwestelijke Delta is de delta van de 3 Europese rivieren de Rijn, Maas en Schelde en kampt met een aantal structurele ecologische problemen als gevolg van het uitvoeren van de Deltawerken om de veiligheid tegen overstromingen te waarborgen.

De Oosterschelde is één van de meest bijzondere natuurgebieden van Nederland. Het was in het verleden na de Waddenzee het belangrijkste vogelgebied van Nederland. Echter, de Oosterschelde kampt met een aantal serieuze ecologische problemen zoals de zandhonger, uitbreiding van invasieve exoten (Japanse oester en Amerikaanse zwaardschede), het ontbreken van zoet – zout overgangen en het ontbreken van de toevoer van zoet en voedselrijk rivierwater. Het zoutgehalte is met gemiddeld 17/18 g Cl/l (31-32 PSU) onnatuurlijk hoog in de Kom van de Oosterschelde. Door deze problemen gaat de natuurkwaliteit gestaag achteruit, zichtbaar in de karakteristieke deltasoorten Zeegras, Scholekster en diverse vissen.

De Kom van de Oosterschelde is met Yerseke als economisch kernpunt ook van essentieel belang voor de mossel- en oestersector. De gevolgen van de ecologische problemen doen zich ook voelen in deze sector. De Kom van de Oosterschelde is altijd één van de belangrijkste oesterproductiegebieden en een belangrijk mosselopslag/productiegebied geweest. Echter, observaties van schelpdierkwekers geven aan dat de productie in de mossel- en oestersector de laatste jaren achteruit gaat. Voor oesters in de Kom van de Oosterschelde betekent dit bijvoorbeeld dat waar een oester eerst 3 jaar nodig had om te volgroeien, deze nu 6 jaar nodig heeft. De sector heeft de indruk dat de achteruitgang van de productiekwaliteit in sterke mate te maken heeft met de compartimentering van de delta: de toevoer van zoet, voedselrijk rivierwater is zeer gering, er zijn geen zoet – zout overgangen meer aanwezig en de typische dynamiek van een delta is nagenoeg verdwenen.

De voedselomstandigheden voor schelpdieren in de Kom van de Oosterschelde bevinden zich in een complexe situatie. Er zijn aanwijzingen dat er sprake is van overbegrazing (Smaal et al., under review). Sinds 1991 neemt de algenproductie gestaag af (Malkin et al., in prep). Door de hoge graasdruk is de algenbiomassa limiterend. De toevoer van extra nutriënten uit zoet water kan dan minder goed benut worden. De nutriënten gaan mogelijk naar andere planten groepen zoals hele kleine algen (picoplankton) en macroalgen (b.v. zeesla). Deze groepen zijn niet geschikt als voedsel voor schelpdieren (Cranford et al., 2011). Picoplankton wordt wel gegeten door zakpijpen (Randlov & Riisgard, 1979).

In 2006 zijn in de Oosterschelde als proef op vier vakken van 12,5 ha (2 in het litoraal en 2 in het sublitoraal) wilde Japanse oesters weggevist door de Zeeuwse mosselsector met behulp van mosselkorren. De vraagstelling van de proef was (1) hoe effectief kan het oesterbestand op

geselecteerde locaties worden verwijderd d.m.v. toepassing van de mosselkor en kunnen de opgeviste oesters worden hergebruikt, (2) welke milieueffecten brengt dit met zich mee -o.a. effect op draagkracht- en (3) hoe snel herstelt de weggeviste oesterbank zich in termen van oesters, sediment, bodemfauna en vogelgebruik? De twee sublitorale locaties bevonden zich in de Kom: het Marollegat en de Zilverput. Er is 12.5 miljoen kg biomassa Japanse oesters weggevestigd met mosselkorren van natuurlijke litorale en sublitorale oesterbanken in de Oosterschelde. De oesters die tijdens de proef zijn weggevestigd waren verantwoordelijk voor 0,5% van de totale filtratiecapaciteit waardoor het niet aannemelijk is dat de proef heeft bijgedragen aan een verbetering van de draagkracht in de gehele Oosterschelde (Wijsman, et al., 2008).

In 2010 is de proef Natuurlijk Sluisbeheer uitgevoerd bij de Bergse Diepsluis en de Krammersluizen (De Mesel et al., 2010). In het voorjaar is het spuiregime aan de Bergse Diepsluis aangepast om de vismigratie te bevorderen. De schuiven zijn tijdens het schutten langer open gehouden zodat er meer zoetwater vanuit het Zoommeer naar de Oosterschelde kon stromen. Doordat het zoetwater in het Zoommeer nutriëntenrijk is, zou het aangepaste sluisbeheer ook een positief effect kunnen hebben op de primaire productie in de Oosterschelde en daarmee de schelpdiergroei. Bij de Bergse Diepsluis was het debiet 0.85 m³/s en bij de Krammersluizen 11 m³/s. Bij elke sluis zijn in de zoet-zout gradiënt in de Oosterschelde op vier punten mandjes met mosselen en oesters uitgezet. Daarnaast zijn telkens twee referentielocaties geselecteerd die niet onder invloed staan van de zoetwater inlaat. De referentielocaties voor de Krammersluizen zijn Plaat van de Oude Tonge en Zijpe en voor de Bergse Diepsluis Lodijkse Gat en Marollegat. Er zijn duidelijke verschillen in de resultaten per locatie. In het algemeen vertonen de locaties bij de Krammersluizen een betere groei voor de oesters en mosselen dan de Bergsediepsluis. Mogelijk is dit gerelateerd aan een betere voedselvoorziening in de Noordelijke Tak van de Oosterschelde in vergelijking met de Kom. Op de Krammersluizen vertonen de oesters de beste groei in de locaties nabij de sluis, terwijl op de Bergse Diepsluis de oesters en de mosselen de slechtste groei vertonen bij de locaties nabij de sluis. De referentielocaties bij beide sluizen zijn vergelijkbaar. Deze resultaten geven aan dat er voor een positief effect op schelpdiergroei een aanzienlijk debiet nodig is. Het is niet duidelijk of het positieve effect van extra watertoevoer bij de Krammersluizen op schelpdiergroei wordt veroorzaakt door extra algengroei als gevolg van extra nutriënten (groen bemesting) of door aanvoer van dood organisch materiaal als gevolg van afgestorven zoetwater algen uit het Volkerak Zoommeer (bruin bemesting) (De Vries, 2012). Vismigratie door de sluizen is ook onderzocht. Typische diadrome vissen (migratie tussen zoet en zout) zoals Bot, Paling, Glasaal, Dunlipharder en Driedoornige stekelbaars zijn door de openingen in de sluisdeuren en wandmoten van de zoute naar de zoete kant gezwommen. Het totale aantal gevangen vis was aan de lage kant. Het is de vraag in hoeverre er voldoende aanbod is van vissen die door de sluis willen migreren (Proef Natuurlijk Sluisbeheer, 2010).

Naar aanleiding van een slechtere groei van kweekoesters in de Oosterschelde heeft de oestersector de vraag gesteld of het toelaten van nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer (10 m³ sec⁻¹) of het wegvangen van de helft van de wilde oesters in de Kom van de Oosterschelde een positief effect zou kunnen hebben op de kweekoesters in dat gebied. Deze vraag was onderdeel van het project "Mogelijkheden en beperkingen van het ecosysteem voor oesterkweek" van het VIP project "Samen Verduurzamen" waarin de oestersector samenwerkt met IMARES, Deltares en LEI. Door middel van modelberekeningen voor een jaar is bepaald wat de effecten zijn van deze twee scenario's op de groeisnelheid, het vleesgewicht en de economische potentie van de kweekoesters op de percelen (Wijsman et al, 2013). Dit onderzoek laat zien dat er duidelijke verschillen optreden ten opzichte van de situatie waarin geen maatregelen genomen worden. Dit geldt voornamelijk voor het scenario waarbij nutriëntenrijk zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer wordt toegelaten. De effecten van het wegvissen van een deel van de wilde oesters zijn over het algemeen minder sterk. Door een aantal aannamen in de modelberekeningen geven de verkregen resultaten een overschatting van het effect van de maatregelen weer.

2. Kennisvragen

Op 14 juni 2012 heeft een werksessie plaatsgevonden met de Green Deal partners. De kennisinstututen hebben presentaties gegeven waaruit duidelijk werd dat er naast een limitatie aan nutriënten ook andere verklaringen zijn voor een lagere schelpdiergroei in de kom. Tot nu toe is uitgegaan van een nutriënt gelimiteerd systeem. Nutriënten blijken minder sturend te zijn dan werd gedacht. Er zijn aanwijzingen dat er een tekort is aan algenbiomassa die zich kan vermenigvuldigen. Daarnaast zijn in het Volkerak-Zoommeer, in vergelijking met de Oosterschelde, niet veel meer nutriënten aanwezig (De Vries, 2012). De meest plausibele verklaring voor de lage algenbiomassa is dat de algen worden 'weg gegraasd'. De grazers die dit veroorzaken zijn waarschijnlijk voor een groot deel niet commerciële schelpdieren zoals mesheften en wilde Japanse oesters.

Tijdens deze sessie zijn de oorspronkelijke vragen van de Green Deal herformuleert:

1. Waar kun je het beste wilde Japanse oesters wegvissen? Hoeveel kun je er zinvol wegvangen? Welke mossel en oesterpercelen liggen in de directe invloedssfeer, zodat duidelijk wordt waar de directe invloed meetbaar is en waar monitoring dus op gericht kan worden.
2. Per locatie mogelijkheden en technische oplossingen nagaan voor vispasseerbaarheid. Nagaan welke vissen welke kant op willen en op welke momenten.
3. Vismigratiemonitoringsresultaten van een proef bij Bergsediepsluis nazoeken (zie inleiding van dit rapport).

Gedurende het project werd duidelijk dat er nog veel aanvullende vragen en onduidelijkheden zijn. Daarom is geen definitieve locatie voor de proefinlaat is gekozen. Dientengevolge is geen monitoringsprogramma ontwikkeld en is geen onderbouwing geleverd voor vergunningverlening KRW en N2000 (onderzoekvergunning). In plaats daarvan is een plan voor vervolgonderzoek opgesteld dat in bijlage A van dit rapport is opgenomen.

Het onderzoek dat in het huidige rapport wordt gepresenteerd richt zich op mogelijkheden voor migratie van trekvis bij een toevoer van extra zoet water (en nutriënten) vanuit het Volkerak-Zoommeer naar de Kom van de Oosterschelde en op verklaringen voor verminderde productie van schelpdieren in de Kom van de Oosterschelde.

Op basis van bovengenoemde vragen van de Green Deal zijn de volgende kennisvragen zijn opgesteld:

2.1. Vismigratie

- Wat zijn de migratiemogelijkheden, barrièrewerking en beschikbare migratiealternatieven voor migrerende vis (diadrome soorten) in de Zuidwestelijke delta?
- Wat is de zouttolerantie van vissoorten die voorkomen in het Bathse Spuikanaal?
- Wat is de timing van intrekken en uittrekken van de doelsoorten (m.n. aal/paling, driedoornige stekelbaars en spiering, maar ook andere potentiële migrerende soorten als bot, rivierprik)?
- Welke factoren zijn van belang voor passage van migrerende vissoorten door buizen (diameter, lengte, stromings- en lichtcondities, etc.)?
- Beschrijving visvriendelijk sluisbeheer versus andere migratiemogelijkheden zoals verschillende typen vispassages.
- Beschrijving relatie tussen de eisen die vis-doelsoorten stellen aan migratievoorzieningen specificeren; trekperiode, spuidebiet.

2.2. Voedsel voor schelpdieren

Vindt er overbegrazing door schelpdieren in de Kom van de Oosterschelde plaats? Bij overbegrazing beperkt begrazing de algenpopulatiedichtheid zodanig dat de totale algenproductie verminderd. Dit is onderzocht door een tweetal deelvragen te beantwoorden.

- Is er een verband tussen algenproductie en groei van gekweekte schelpdieren?
- Is er een verband tussen algenbiomassa en groei van gekweekte schelpdieren?

De optie biomassa aan wilde oesters verwijderen is onderzocht aan de hand van onderstaande vragen.

- Hoeveel biomassa (aan wilde oesters) moet verwijderd worden om een effect op de groei van gekweekte oesters te verwachten?
- Welke plekken in de Kom zijn geschikt om biomassa van wilde oesters te verwijderen?
- Hoe vaak moet er biomassa van wilde oesters worden verwijderd om het effect op groei van gekweekte schelpdieren te behouden?

Een lager zoutgehalte en aanwezigheid van kleine algen zou een positief effect kunnen hebben de op broedval van schelpdieren. De kennisvraag is:

- Wat is het effect van een lager zoutgehalte en kleinere algen op de ontwikkeling van oesterlarf naar broed?

3. Methodes

3.1. Vismigratie

Op basis van literatuuronderzoek (screening van zowel internationale wetenschappelijke literatuur als Nederlandse grijze literatuur/rapporten) is een overzicht opgesteld van:

- Migratiemogelijkheden, barrièrewerking en beschikbare migratiealternatieven voor migrerende vis in de Zuidwestelijke delta
- Zouttolerantie van vissoorten die voorkomen in het Bathse Spuikanaal
- Timing van intrekken en uittrekken van de doelsoorten (m.n. aal/paling, driedoornige stekelbaars en spiering, maar ook andere potentiële migreerders als bot, rivierprik etc.)
- Geschiktheid van buizen voor passage van migrerende vissoorten
- Visvriendelijk sluisbeheer versus andere migratiemogelijkheden zoals verschillende typen vispassages

3.2. Voedsel voor schelpdieren

Verbanden tussen algenproductie/biomassa en groei van gekweekte schelpdieren

Voor de analyse van verbanden tussen algenproductie/biomassa en groei van gekweekte schelpdieren is gebruik gemaakt van tijdseries van primaire productie, de biomassa van filter-feeders (voornamelijk schelpdieren) en vleesgehalte van mosselen aangeleverd aan de veiling. Deze tijdseries zijn beschikbaar gekomen uit het door EL&I gefinancierde BO project Meerjarige effect- en productiemetingen aan MZI's in de Westelijke Waddenzee, Oosterschelde en Voordelta (Schellekens et al, in prep; Malkin et al, in prep). Gegeven de aanwezige verbanden kan een oplossingsrichting gezocht worden voor de achterblijvende productie van schelpdieren en het eventuele effect daarvan. Als er een negatief verband gevonden wordt tussen groei van gekweekte schelpdieren en totale schelpdierbiomassa, kan verwijderen van biomassa aan wilde oesters mogelijk een positief effect hebben op de groei van gekweekte schelpdieren. Aan de hand van GIS-kaarten van de verspreiding van wilde oesters in de Kom en GIS-kaarten van het sediment-type op die locaties is ingeschat welke plekken in de Kom geschikt zijn om

biomassa van wilde oesters te verwijderen en hoe vaak er biomassa verwijderd moet worden om het effect op groei van gekweekte schelpdieren te behouden.

Vanwege het ontbreken van gegevens over groei van Japanse oesters op kweekpercelen is door Gijs Doornbusch (student van de Hogeschool Zeeland) een enquête opgesteld voor oesterkwekers (Doornbusch, 2013). De kwekers die zijn geïnterviewd waren H. Lacor & P. Geijssen, Roem van Yerseke; A. Cornelisse, Ye60; K. Prins & R. de Vos, Prins en Dingemanse; L. van Dixhoorn, Primar; J. Bol, Bol & Zn. Het doel van deze enquête was het verkrijgen van informatie over groei over meerdere jaren. Om mogelijke relaties te vinden tussen de oestergroei in de kom van de Oosterschelde en omgevingsfactoren zijn data verzameld van primaire productie (GPP), chlorofyl a, saliniteit en watertemperatuur. Primaire productie is beschikbaar gekomen uit door NIOZ-YE geleverde gegevens aan het MZI-project (Malkin et al, in prep). Chlorofyl a is gedownload uit <http://www.waterbase.nl>. Gegevens over watertemperatuur, locatie Marollegat zijn gedownload uit <http://www.hmcz.nl>.

Verbanden tussen algensoortensamenstelling en zoutgehalte en broedval van gekweekte oesters

Er zijn geen gegevens over broedval van de Japanse oesters en daarom is dit meegenomen in de enquête onder oesterkwekers. Algensoorten (abundantie en soortensamenstelling) in de Oosterschelde, locatie Lodijksegat zijn aangeleverd door B. Wetsteijn van Rijkswaterstaat uit de DONAR database. Van het Volkerak-Zoommeer zijn de gegevens van algensoorten van 1-06-2004 t/m 9-06-2011 van locatie Oesterdam beschikbaar gesteld door B. Wetsteijn. Gegevens over saliniteit, locatie Lodijksegat, zijn gedownload uit <http://www.waterbase.nl>.

Daarnaast is een experiment uitgevoerd waarbij in vijfvoud het effect van een verlaagd zoutgehalte (19 en 25 PSU en controle 29 PSU) en het effect van extra toediening van kleine algen (*Nannochloropsis oculata*) op de broedval van Japanse oesters is getest (Doornbusch, 2013). *Nannochloropsis oculata* en het standaard dieet van *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros calcitrans*, en *Pavlova lutheri* zijn geleverd door de hatchery van de Roem van Yerseke. Zestien dagen oude oesterlarven zijn geleverd door de hatchery SeaSalter Shellfish (Whitstable) Limited. Deze hadden een oogvlek en een voet en waren klaar voor metamorfose van larf naar broed. De larven zijn in bekerglazen vier dagen blootgesteld aan een van zes verschillende behandelingen (drie zoutgehaltes met of zonder extra kleine algen). In ieder bekerglas was een plexiglas plaatje geplaatst voor vestiging van de larven. Na vier dagen werd, als maat voor broedval, het aantal larven dat de metamorfose naar broedje had doorgemaakt geteld. Hierbij was de oogvlek verdwenen en waren kieuwen aanwezig.

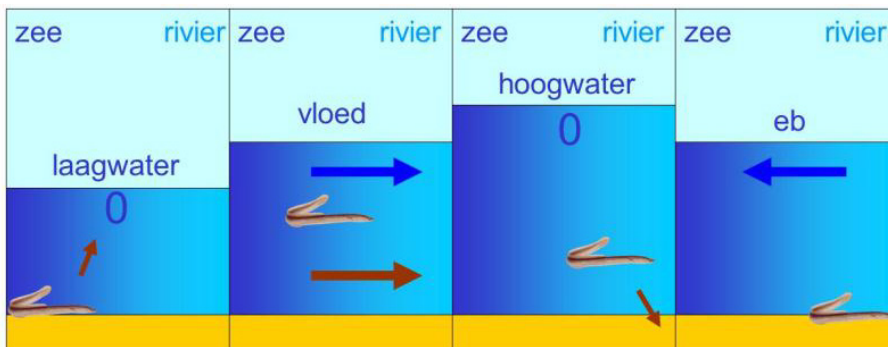
De resultaten zijn statistisch geanalyseerd met behulp van correlaties en variantieanalyses (ANOVA).

4. Resultaten

4.1. Vismigratie

Hoe verplaatsen vissen zich?

Vis die van zee via estuaria een rivier intrekt maakt gebruik van selectief getijdentransport. Hierbij gaat vis bij opkomend water (vloed) hoger in de waterkolom zitten en zwemt met de stroming mee richting rivier. Bij afgaand water (eb) drukt de vis zich tegen de bodem en handhaaft zich zo op dezelfde plaats tijdens de periode dat de stroming richting zee gaat (Fig. 1). Ze maken dus heel selectief gebruik van de getijdenstromingen en kunnen op deze wijze met zo weinig mogelijk energieverlies een riviermonding optrekken. Met name voor zwakke zwemmers zoals glasaal, driedoornige stekelbaars en botlarven is dit selectief getijdentransport van groot belang, maar alle trekvissoorten maken er gebruik van.



Figuur 1. Selectief getijdentransport tijdens de verschillende fasen van het getij.

Prikkels voor vismigratie

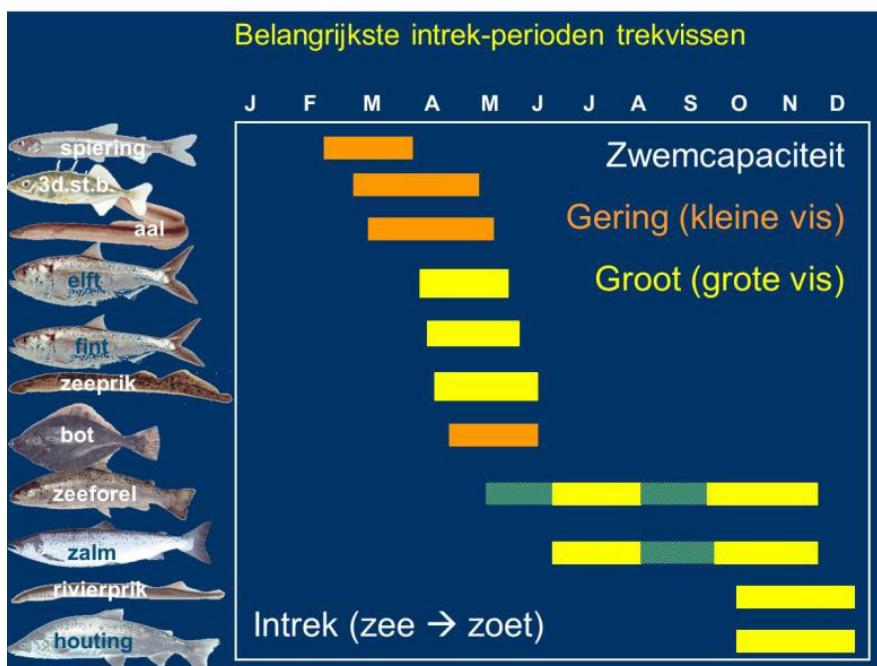
Stromingsrichting is een belangrijke prikkel voor migrerende vis. Deze speelt in selectief getijdentransport een rol en ook bij verdere optrek op de rivier. Daarnaast is zoutgehalte een belangrijke prikkel. Vis die van zee naar een rivier trekt, zal langs een zout-zoet gradiënt trekken en verkiest zoeter water boven zouter. Vis die naar zee migreert vertoont een omgekeerd gedrag. In Nederland zijn vele onnatuurlijke en abrupte zoet-zout overgangen gecreëerd in watersystemen. Hierbij is met name de migratie van zee naar rivier belemmerd en in mindere mate de migratie van rivier naar zee. De timing van de intrekperiode is verschillend voor de diverse diadrome trekvissoorten (Fig. 2).

Spiering kent een grote standpopulatie op het IJsselmeer, al is deze soort daar de afgelopen decennia wel afgenomen. De trekkende populaties in de Nederlandse benedenstroomse delen van de rivieren zijn sterk in aantal verminderd.

Driedoornige stekelbaars is nog steeds lokaal in Nederland een talrijke soort, waarbij er zowel zoetwater- als trekkende populaties zijn. Historisch waren de trekkende populaties veel talrijker dan tegenwoordig. Paling neemt al decennia lang af en er worden in geheel Europa maatregelen genomen om de palingstand te herstellen. In Nederland is hiertoe het nationale Aalbeheersplan opgesteld.

Rivierprik komt vrij algemeen voor bij zoet-zoutovergangen als Westerschelde, Haringvliet, Noordzeekanaal, Afsluitdijk en Eems Dollard. De paai- en opgroei gebieden zijn minder goed bekend. In een aantal stroomgebieden zoals Drentsche Aa en Roer is paai bewezen, maar er zijn aanwijzingen dat paai en opgroei op veel meer plaatsen in de Nederlandse beken en rivieren plaatsvindt.

Geen van deze soorten staat op de rode lijst.



Figuur 2. Intrekperioden van riviertrekvissoorten en de zwemcapaciteit van het levensstadium tijdens intrek.

Verbetering van intrekkansen

Om de intrekkansen van vis te vergroten zijn er vele mogelijkheden. De beste is uiteraard *herstel van een natuurlijk estuarium*. Daarnaast kunnen de migratiemogelijkheden worden vergroot door bijvoorbeeld: *aangepast sluisbeheer*, bij voorkeur zodanig dat er bij (een deel van de) vloed een naar zoet gaande stroming plaats vindt. Dit sluit goed aan bij het gedrag van selectief getijdentransport. Ook kunnen er *vispassages* worden aangelegd. Bij een zoetwaterdebitlozing via een vispassage is uittrek van trekvis naar de kom van de Oosterschelde via deze vispassage goed mogelijk.

Het succes van een vispassage is afhankelijk van 1) de passeerbaarheid van de vispassage (omstandigheden in de vistrap moeten passeerbaar zijn, 'vis kan passeren'), 2) de acceptatie van de vispassage (omstandigheden in de vistrap worden geaccepteerd om te passeren, 'vis wil passeren') en 3) de vindbaarheid van de ingang van de vispassage (aantrekkende werking van de vispassage).

Over 1) is vrij veel bekend en kunnen we redelijk goed theoretisch inschatten op basis van zwemcapaciteiten, stroomsnelheden over trajecten en watertemperatuur.

Over 2) is minder bekend. Dit moet vaak proefondervindelijk worden vastgesteld en hierbij kunnen versturende factoren als bijvoorbeeld licht, geluid, onnatuurlijke constructies een rol spelen.

Over 3) is met name bekend dat de lokstroom een belangrijke rol speelt. Lokstroom bij zoet-zoutovergangen is een samenspel van stromingssterkte en zoet-zout gradiënt van de 'pluim' uit de ingang van de vispassage in relatie tot 'pluimen' van andere 'doodlopende' routes zoals spuisluisen, scheepssluisen, stuwen etc.

Effect van lokstroom

Lokstroom kan op verschillende ruimtelijke en tijdsschalen worden bekeken en zal van invloed zijn op de verdeling van de trekvis over potentiële intrekpunten ('aanbod' per locatie). Lokstroomprocessen op grotere schaal bepalen met name het aanbod op een locatie. Lokstromen op de kleine locatieschaal, met name vanuit een vispassage ten opzichte van concurrerende lokstromen op dezelfde locatie uit bijvoorbeeld gemalen of scheepssluisen, zijn een belangrijke factor in welk deel van het aanbod succesvol naar zoetwater kan migreren (effectiviteit van een vismigratievoorziening).

Op een groot schaalniveau, zuidwestelijke delta en achterliggende stroomgebieden, zal trekvis die vanuit of via de Noordzee naar rivieren trekt zich oriënteren op de 'lokstroom'-pluimen uit de mondingen van de Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen, Haringvliet en Nieuwe Waterweg komen. De grote achterliggende rivierstroomgebieden zijn de Schelde, Maas en Rijn. Op deze schaal zal het Oosterscheldebekken slechts een zeer geringe rol spelen gezien de verwaarloosbare hoeveelheid zoetwater die via de Oosterschelde uitstroomt ten opzichte van zowel de zuidelijker gelegen Westerschelde als de noordelijker gelegen Haringvliet en Nieuwe Waterweg.

Gevolgen voor de Green Deal

Op het grootste schaalniveau (intrek vanuit de Noordzee naar de Oosterschelde) zal er door de concurrentie in lokstroom pluimen van de Westerschelde en Haringvliet-Nieuwe Waterweg, relatief weinig aantrekkende werking van de Oosterschelde monding uitgaan op riviertrekvis. Dit is met name van belang voor de lange afstand migrerende soorten zalm, zeeprik, elft en steur. De zalm trekt vanuit de bovenlopen van rivieren tot ver op de oceaan op en keert vervolgens terug om te paaien in dezelfde bovenlopen waar deze geboren is. Zeeprik trekt vanuit de bovenlopen van rivieren naar zee, leeft daar als parasiet op grote vis en zeezoogdieren, en trekt rivieren op om te paaien. Elft is nu nog erg zeldzaam, maar er is een herintroductieprogramma gestart in de Rijn. Elft trekt naar de middenlopen van rivieren en groeit met name op op zee om vervolgens weer terug te keren om te paaien op rivieren. De Europese steur die in heel Europa op het randje van uitsterven staat, en waar momenteel een eerste

groep is uitgezet in de Rijn, is nog ver verwijderd van een eventueel herstel. Voor al deze soorten die diep in het stroomgebied paaien zal de Oosterschelde geen route van betekenis zijn en dit in alle verschillende green-deal opties ook niet worden. Voor zeeforel geldt in grote mate hetzelfde, maar de zeeforel trekt niet ver zee op en schuimt kusten en estuaria af. Daardoor kan de zeeforel wel vaker in de Oosterschelde worden aangetroffen, maar waarschijnlijk is dit meer vanuit foerageer dan vanuit intrek motivatie.

Op een kleiner schaalniveau zijn er een aantal riviertrekvissoorten die minder ver stroomgebieden intrekken of kleinere beeksystemen als paaigebied kunnen benutten. De fint trekt niet veel verder naar binnen dan tot in de zoetwatergetijdenzone. Maar deze soort heeft als paai- en opgroei habitat een goed functionerend estuarium nodig en dat zal een green-deal-optie niet kunnen bieden.

Rivierprik en houting paaien in stromende zoete wateren variërend in omvang van kleine beken tot grote rivieren. Houting was uitgestorven in Nederland maar na een herintroductieprogramma in het Rijnstroomgebied is deze soort sinds het einde van de vorige eeuw aan een sterke opmars bezig. Bovendien lijkt de soort het beter te doen in gereguleerde riviersystemen dan vooraf gedacht. De rivierprik leeft als larve circa drie jaar ingegraven in sedimenten van beken en rivieren en trekt vanuit deze beken en middenlopen van rivieren naar zee om daar nog twee verder te groeien. Vervolgens trekken ze weer naar zoetwater om te paaien. De rivierprik heeft in sommige beeksystemen slechts aan een gering areaal hard substraat (dat ook onnatuurlijke stortsteen kan zijn) genoeg om succesvol te paaien. Het zou kunnen zijn dat er in de Brabantse beken die uitmonden in Volkerak-Zoommeer toekomstmogelijkheden voor deze soorten liggen. In de periode 2010-2015 maakt het waterschap 35 barrières in de belangrijkste vismigratieroutes passeerbaar voor vis, met name bij stuwen. In 2015 is daarmee 72% van de knelpunten opgelost, waaronder de belangrijkste knelpunten op de beken die voor rivierprik van belang zouden kunnen zijn. Kroes en Nispen (2006) geven aan dat de bovenlopen van de beken in het Rissebeek, Molenbeek, Chaamse beken, Bovenmark, Bavelse Leij etc. bieden in potentie paai/ en opgroei gebied voor de rivierprik. Maar over het historisch voorkomen van rivierprikken in deze beken is vrijwel niets bekend.

De Green Deal opties zullen met name extra migratiemogelijkheden geven voor de in de Oosterschelde al voorkomende trekvissoorten paling, driedoornige stekelbaars, spiering en bot. Paling en bot planten zich voort in zee, spiering en driedoornige stekelbaars in het zoete water. Jonge paling (glasaal) en botlarven die in de Oosterschelde terecht komen via getijdentransport zullen zich verder verspreiden in de Oosterschelde en gezien het geringe aantal intrekpunten dan wel aantrekkelijke zoetwaterstromen zich waarschijnlijk concentreren in de beide oostelijke takken van de Oosterschelde. Paling maakt deel uit van één grote mixende populatie. Botpopulaties zullen zich op een schaal van de zuidelijke Noordzee bevinden. Voor spiering en driedoornige stekelbaars kunnen zich ook 'nieuwe' of zich uitbreidende lokale populaties vormen in de oostelijke Oosterschelde door extra aanvoer uit het Zoommeer. Het is niet te verwachten dat de populaties spiering en driedoornige stekelbaars in het Volkerak-Zoommeer hierdoor groter zullen worden. De omvang van deze populaties wordt door predatie bepaald.

Locatieafweging in de Green Deal

Bij de keuze van de locatie van een green-deal optie kunnen de volgende overwegingen met betrekking tot vismigratie worden gemaakt:

- 1) invloedssfeer van de extra zoetwaterlozing.
 - 2) effectiviteit van een vispassage (deel van lokale aanbod dat succesvol naar binnen migreert).
- De modelstudies van Deltares laten zien dat de invloedssfeer van een zoetwaterlozing (zelfs een geringe) in de kom een veel grotere verandering ten opzichte van de huidige situatie geeft dan in de noordoostelijke tak bij de Krammersluizen (Nolte et al, 2012). Hier is momenteel al een zoetwateruitstroom via het sluzencomplex (ca. 10 m³/s). De aantrekkende werking op grotere schaal (Oosterschelde niveau) zal met een extra lozing (van bijvoorbeeld 5 m³/s) niet wezenlijk verbeteren. Daarnaast zal een vispassage bij de Krammer moeten 'concurreren' met de aantrekkende werking van de sluzen. Het is vanuit vismigratie-optiek waarschijnlijk beter om hier de intrekvoorzieningen te optimaliseren door het scheepsluisbeheer voor visintrek te optimaliseren in plaats van hier een extra migratievoorziening aan te leggen.

De aantrekkende werking van een zoetwaterlozing in de kom van de Oosterschelde is in de gehele kom merkbaar, maar reikt niet daarbuiten en zal dus geen extra vis de Kom in lokken. Voor glasaal, en ook bot, die in de kom terecht komen zou een nieuw zoetwaterlozingspunt het gebied waarschijnlijk goed kunnen 'ontsluiten'. Aangezien er nauwelijks zoetwaterlozingen in de kom plaatsvinden en er zich volgens het model een relatief stabiele zoet-zout gradiënt op grotere schaal ontstaat (gehele kom), zal de vindbaarheid van de ingang van de vispassage in de kom waarschijnlijk weinig problematisch zijn. Bovendien is er op de locatie zelf geen concurrerende (maar minder goed passeerbare) zoetwaterstroom.

Bij de Bergsediepsluis, waar ook in de huidige situatie een geringe zoetwater uitstroom plaats vindt, kan de sluis als lozingsmiddel worden gebruikt en analoog aan de redenatie voor de Krammersluizen worden gesteld dat hier de visintrek door sluisbeheer-optimalisatie zou kunnen worden vergroot. In de Oesterdam zal een vismigratievoorziening moeten worden aangelegd. Het verdient de voorkeur om het te lozen zoetwaterdebit via de vismigratievoorziening te leiden, dan is de vindbaarheid van de ingang niet problematisch. Bovendien zullen de intrektragemogelijkheden voor glasaal, driedoornige stekelbaars, bot en spiering zeker worden vergroot als er tijdens een deel van de getijdencyclus water terugstroomt vanuit de Oosterschelde via de vispassage. Als door de locatiekeuze vis in het Bathse spuikanaal komt is er een risico dat een deel van de vis de Westerschelde in verdwijnt. Het Zoommeer lijkt daarmee een betere locatie.

Overzicht van technologie voor vispassages

Vispassage technologie is wereldwijd met name beschikbaar voor permanent stromende wateren (beken, rivieren etc.). Bij onnatuurlijke zoet-zout overgangen is de situatie door het getijde en wisselende waterniveauverschil veel complexer. Op een aantal locaties met spuisluzen wordt geëxperimenteerd met een visvriendelijk spuibeheer om vistrek te bevorderen. De meest grootschalige experimenten worden met uitvoering van het Kierbesluit bij de Haringvlietsluizen uitgevoerd, maar ook op een aantal zoet-zout overgangen in het beheersgebied van Waterschap Hunze en Aa's wordt visvriendelijk spuibeheer uitgevoerd. Bij de Afsluitdijk worden die als optie meegenomen maar hier is nog geen besluitvorming over genomen. Hierbij wordt tijdens een deel van het getij onder vrij verval water geloosd, waarbij het indringen van zout water vaak de beperkende factor is hoelang deze sluzen open kunnen blijven staan. Met name aan het begin en einde van een spuiperiode, c.q. migratievenster voor intrek, zijn de omstandigheden om te passeren het grootst.

Om zoet-zout overgangen in Nederland passeerbaar te maken zijn daarnaast verschillende type vispassages ontworpen zoals aalgoten, kleine pomp-hevelpassages, grotere hevelpassages of buisconstructies met afsluiters. Alleen voor aalgoten (werken selectief voor glasaal) en kleine pomp-hevelpassages (werken selectief voor driedoornige stekelbaars) is vrij veel ervaring en zijn hoeveelheden vis die passeren op diverse plaatsen gemonitord (Wintermans 1999, Brenninkmeijer et al. 2005). Maar zelfs bij deze langer bestaande technieken is weinig inzicht in de effectiviteit (welk deel van het aanbod wordt bediend) van vispassages, al is het vermoeden dat deze niet heel groot is. Langs de Nederlandse kust worden op een aantal locaties momenteel nieuwe ontwerpen gebouwd en uitgetest die voor een grotere range aan soorten passeerbaar zouden moeten zijn: bijvoorbeeld bij gemaal Poppekinderen (ten noorden van Middelburg is in 2007 een bypass aangelegd naast het gemaal. Vissen uit het Kanaal door Walcheren kunnen hier naar het binnenwater trekken, Waterschap Scheldestromen 2012) en gemaal Maelstede aan de Westerschelde in Zuid-Beveland (buisconstructie met opvangbassins, Waterschap Scheldestromen 2012). Er is nog weinig in de literatuur beschikbaar over de ontwerpen, werking en effectiviteit van deze oplossingen. De weinige kennis op dit gebied zit voornamelijk bij lokale waterbeheerders of is in ontwikkeling. In het voor- en najaar van 2012 heeft Waterschap Scheldestromen onderzoek uitgevoerd naar de intrek en uittrek via de vispassage Maelstede. Dit onderzoek zal in 2013 worden voortgezet (pers. com. Marius van Wingerden). De eisen voor de Green Deal zijn gelijk als bij het systeem Maelstede, waarbij vis tegen de stroom inzwemt (langzame stroomsnelheden 10 cm/s), en de doorlaat heeft betrekking op dezelfde doelsoorten. Een continue stroom heeft dan eerder effect dan incidenteel doorlaten (vrij verval).

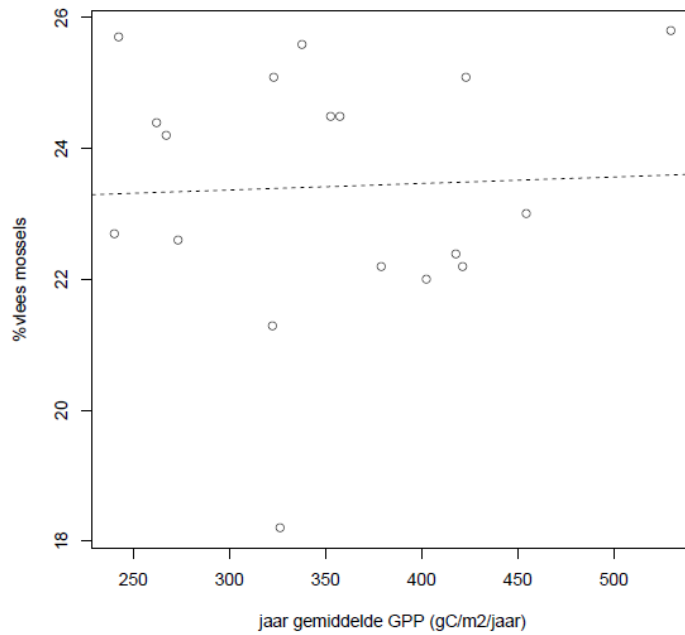
Over passage van vis bij zoet-zout overgangen via buizen is relatief weinig bekend. Het is daardoor moeilijk te voorspellen welke lengte, stromings- en lichtcondities en diameter zal leiden tot een effectieve passage van vis via buizen. Ervaringen met duikers (bijvoorbeeld MacDonald & Davies 2007) en recentelijk ook met een tweetal De Wit-sluisvispassages in het beheersgebied van de Stichtse Rijnlanden (Hop 2011, Godschalk 2011) laten zien dat een leiding van 60 cm in principe een breed scala aan vissoorten laat passeren. De 60 cm leiding lijkt voor de meeste soorten vis en formaten acceptabel. Kleinere diameters zullen voor kleinere vis als driedoornige stekelbaars en glasaal geen probleem zijn, maar voor grotere vissen zeer waarschijnlijk wel. In deze (relatief beperkte) monitoringsstudies werd alleen in stroomopwaartse richting gemeten, maar het lijkt aannemelijk dat in stroomafwaartse richting een leiding minstens even acceptabel is om als migratieroute te fungeren. De grootste geteste lengte van de leidingen in de De Wit sluisvispassages was 25 m.

4.2. Voedsel voor schelpdieren

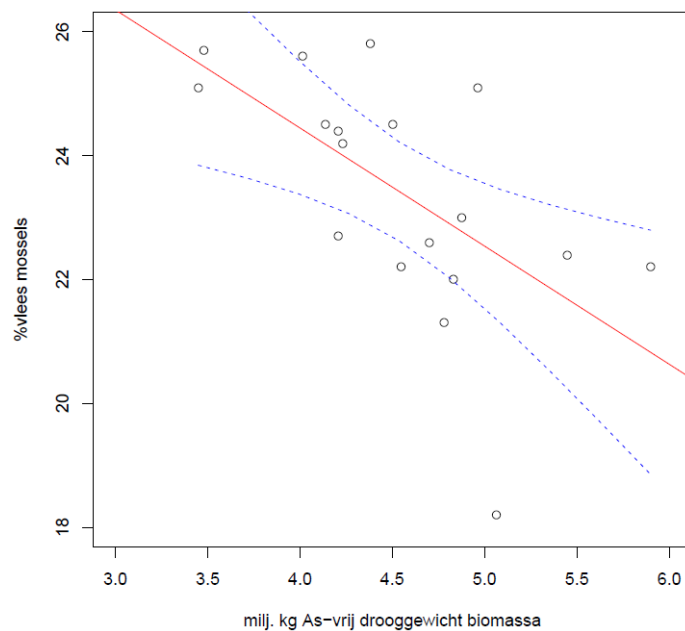
Algenproductie/biomassa en groei van gekweekte schelpdieren

De centrale vraag is of er meer groei van kweekschelpdieren verwacht kan worden door het verhogen van de nutriënten toevoer of door het verlagen van de concurrentie onder schelpdieren. Indien groei gelimiteerd wordt door algenproductie kan een nutriënten toevoer zorgen voor een toename in groei. Indien concurrentie tussen grazers algenproductie limiteert kan dit ook een limiterend effect hebben op de groei. Limiterende factoren zouden zichtbaar moeten zijn in verbanden (correlaties) tussen algenproductie en groei. Bij het bestuderen van deze correlaties is voor groei van kweekschelpdieren het vleespercentage van mosselen aangeleverd van de in de Oosterschelde percelen aan de veiling als maat voor groei van mosselen gebruikt. Deze dataset uit het MZI project wordt gepresenteerd in Schellekens et al (in prep). In het MZI-project is er ook een tijdserie van de hoeveelheid schelpdieren bepaald voor deelgebieden als ook voor de gehele Oosterschelde (Schellekens et al, in prep). Algenproductie is in het zelfde project berekend en bepaald (Malkin et al, in prep).

Gezien vanaf het niveau van de Oosterschelde of een deelgebied daarvan zijn geen aanwijzingen dat het vleespercentage van mosselen afhangt van de hoogte van algenproductie (Fig. 3). Er zijn wel aanwijzingen dat het afhangt van de hoeveelheid algeneters (grazers), zowel wild als gekweekt, dat wil zeggen oesters, mosselen en kokkels (Fig. 4). De huidige hypothese is daarom dat de hoeveelheid aanwezige grazers de algenconcentratie zodanig verlaagt dat algenproductie wordt beperkt, waardoor groei van schelpdieren ook wordt beperkt. Oftewel, als voedselconcurrentie hoog is, is de groei van schelpdieren laag.



Figuur 3. Correlatie tussen vleespercentage van mosselen en jaargemiddelde algenproductie (GPP) in de Oosterschelde. Stippel-lijn: niet-significante relatie.



Figuur 4. Correlatie tussen vleespercentage van mosselen en hoeveelheid wilde oesters, mosselen en kokkels in de Oosterschelde. Rood: significante relatie ($p < 0.01$), met in blauwe stippellijnen het betrouwbaarheidsinterval.

Biomassa aan wilde oesters verwijderen

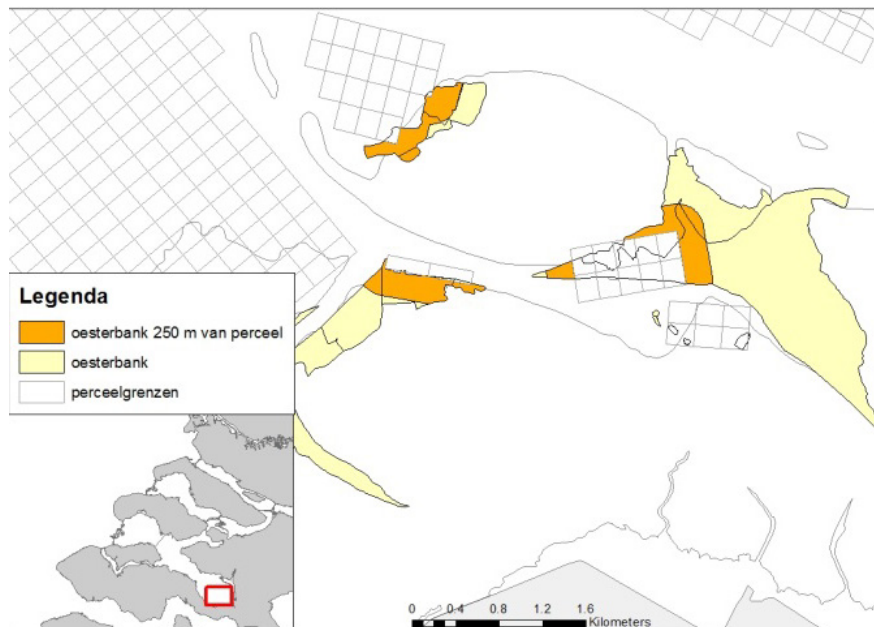
Er zijn tenminste drie kanttekeningen te plaatsen bij deze relatie en de vertaling naar het effect van het weghalen van grazers op het vleespercentage. Een is dat het deelgebied de kleinste ruimtelijke schaal is waarop we deze relatie kunnen onderzoeken door het gebrek aan ruimtelijk meer specifieke data. Er zijn geen mosselpercelen in de Kom. De ander is de mate van ruis om de verklarende relatie tussen vleespercentage en hoeveelheid grazers. Het is daardoor niet duidelijk of de mate waarin hoeveelheid grazers een effect heeft op vleespercentage overal in een deelgebied hetzelfde is. Mogelijk zijn er percelen waar het verwijderen van grazers meer effect heeft dan in andere percelen. Een derde kanttekening is dat dit geen oorzakelijk maar slechts een correlatief verband weergeeft tussen vleespercentage en hoeveelheid grazers. Ook is er een functionele reden waarom wegvissen niet direct hoeft te leiden tot een verhoging van het vleespercentage, namelijk dat er een intermediaire stap noodzakelijk is: verbetering van het voedselaanbod voor kweek. Als er andere grazers zijn die het voedselaanbod eerder kunnen consumeren zal het effect niet meetbaar zijn in het vleesgewicht op de percelen.

Naar alle waarschijnlijkheid zal het effect van het wegvissen van wilde oesters op een bepaalde locatie het beste te meten zijn nabij diezelfde locatie, omdat andere grazers dan minder kans krijgen om te profiteren van de toegenomen algen beschikbaarheid. Hoe geconcentreerder het wegvissen van wilde oesterbanken plaatsvindt hoe geconcentreerder het effect zal zijn en dus hoe makkelijker te meten. De verblijftijd van het water in de kom is groot (meer dan 150 dagen). Hierdoor is de menging gering en wordt eerder een effect verwacht dan in andere delen van de Oosterschelde. We stellen daarom voor om wilde oesterbanken zo dicht mogelijk bij percelen weg te vissen waar kweek heeft plaatsgevonden in recente jaren (om een beginsituatie te kunnen bepalen uit recente jaren). Uit de wegvisproef van 2006 in de Zandkreek en de Vondelingelaat (Wijsman et al, 2008) blijkt dat het substraat en de accentuering van de ondergrond waar de oesterbank zich heeft gevestigd grotendeels de kosten en effectiviteit van wegvissen bepaald. Zo is een zandige niet vlakke ondergrond (Vondelingelaat) moeilijker van oesters schoon te maken dan een vlakke slibbige ondergrond (Zandkreek) (Fig. 5). Dit zal ook gevolgen hebben voor rekolonisatie door oesters, daar achtergebleven oesters ideale broedvallocaties zijn voor oesterbroed. De snelheid van herkolonisatie door oesters heeft weer invloed op de noodzaak voor herbevissing op die locatie om de positieve effecten op groei op de oesterpercelen te behouden.



Figuur 5 Na wegvisproef 2006 Vondelingelaat (links) en Zandkreek (rechts). Links is te zien dat na wegvissen nog aanzienlijke hoeveelheden van resten van oesters blijven liggen die ideale ondergrond zijn voor broedval. (Foto's: J. Schot)

Uit analyse van de meest recente oesterkaart (2012) en de perceelkaart blijkt dat er mogelijkheden bestaan om naast of op percelen oesters weg te vangen (Fig. 6). Het gaat om 18-25 ha per perceelblok, geschat op 0.38-0.52 milj. kg vers gewicht levende oesters. Maar alle banken in de Kom nabij percelen zijn op zandige niet vlakke ondergrond gesitueerd.



Figuur 6. Oesterbanken (geel) in nabijheid van percelen (vakken) in de Kom

Indien er een wegvisproef start om het effect op groei te meten zijn er enkele voorwaarden van belang.

- Een nulmeting moet vaststellen wat de groei was op het perceel zonder het wegvisseren van wilde oesters.
- Er moet genoeg levende oesterbank aanwezig zijn om weg te vissen voor de proef.

Het is echter niet duidelijk of er groeigegevens zijn van de betreffende percelen uit recente jaren. Als dat niet het geval is, is het noodzakelijk een nulmeting uit te voeren door zelf voordat er weggevist wordt groei te meten. Ook is het de vraag hoeveel van de oesterbanken al weggevist zijn in de recente periode, omdat gezien de sporen verschillende kwekers en/of vissers hiermee bezig lijken te zijn geweest. Als er inderdaad al is weggevist rijst de vraag of er nog wel genoeg ligt om in een proef weg te vissen.

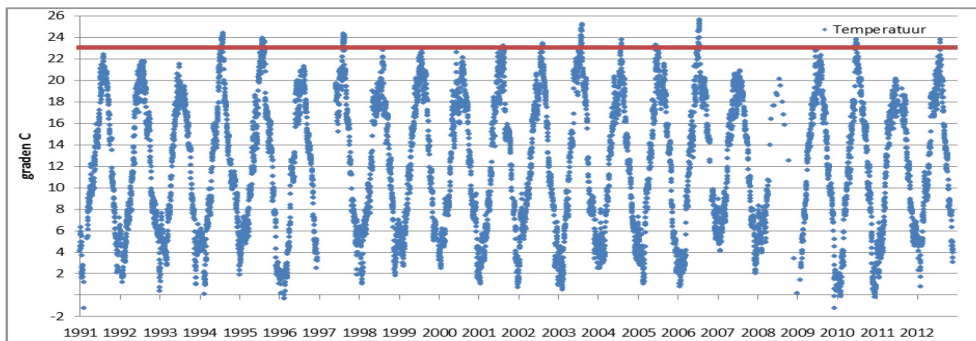
Algenproductie/biomassa en groei van gekweekte Japanse oesters en algensoortensamenstelling /zoutgehalte en broedval van gekweekte oesters

Uit een inschatting van oesterkweker Aard Cornelisse is een overzicht van broedval en groei van oesters samengesteld over de periode 1997 t/m 2012 (Tabel 1). De jaren zijn ingedeeld in klassen: slecht of goed voor broedval en zeer slecht, slecht, goed of zeer goed voor groei. Deze gegevens zijn gekoppeld aan gegevens over zoutgehalte, temperatuur, primaire productie en chlorofyl (Fig. 7). De broedval was significant beter bij een hogere temperatuur (Fig. 8A, ANOVA $P=0.000$), maar werd niet beïnvloed door het zoutgehalte (Fig. 8B, ANOVA $P=0.842$). De groei was significant beter bij hoge primaire productie (Fig. 8C). De jaren waarin zeer goede groei werd geobserveerd (klasse 4) verschillen significant van de andere jaren (klasse 1,2,3) (ANOVA $P=0.000$) en de jaren met de slechtste groei (klasse 1) verschillen daarnaast nog van de jaren met slechte groei en goede groei (klasse 2 en 3) (ANOVA $P=0.037$). Er werd ook effect van chlorofyl gevonden (Fig. 8D). De jaren met zeer goede groei verschillen significant van de andere jaren (ANOVA $P=0.000-0.042$).

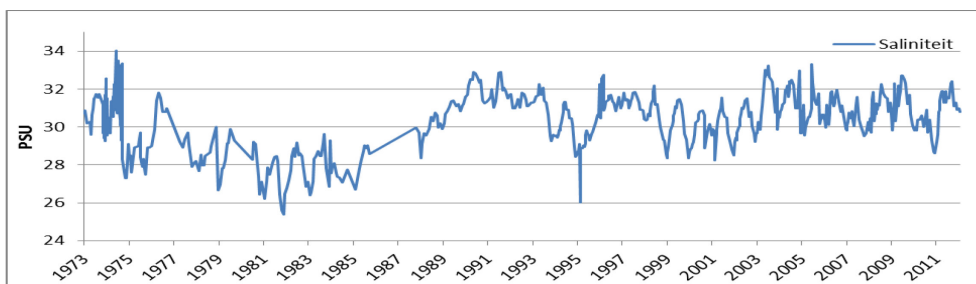
Tabel 1. Broedval en groei van oesters uit de enquêtegegevens van oesterkweker Aard Cornelisse, slecht (1) of goed (2) voor broedval en zeer slecht (1), slecht (2), goed (3) of zeer goed (4) voor groei, n.b. is niet bekend (Uit Doornbusch, 2013).

Jaar	broedval	Groei
1991	n.b.	4
1992	n.b.	4
1993	n.b.	4
1994	n.b.	4
1995	n.b.	4
1996	n.b.	4
1997	2	4
1998	1	4
1999	1	4
2000	1	4
2001	1	2
2002	1	2
2003	2	2
2004	1	2
2005	1	2
2006	2	2
2007	2	1
2008	1	1
2009	1	3
2010	2	3
2011	n.b.	3
2012	n.b.	3

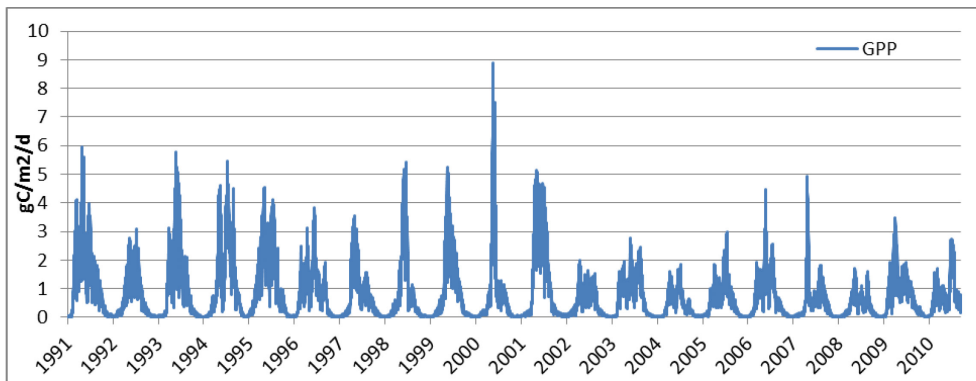
a



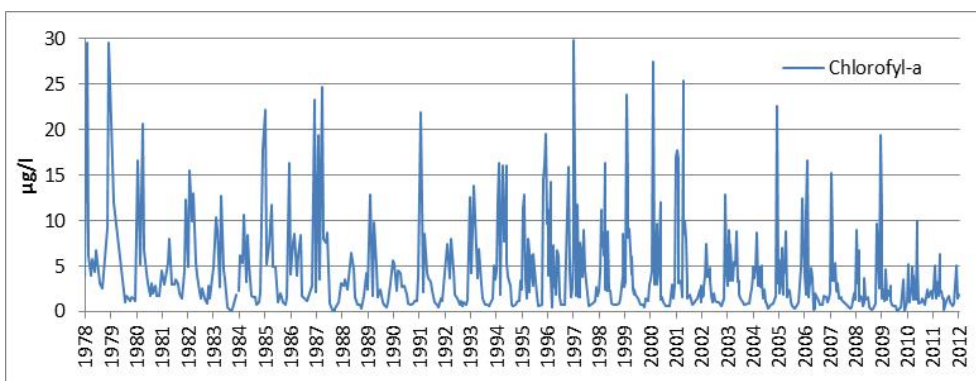
b



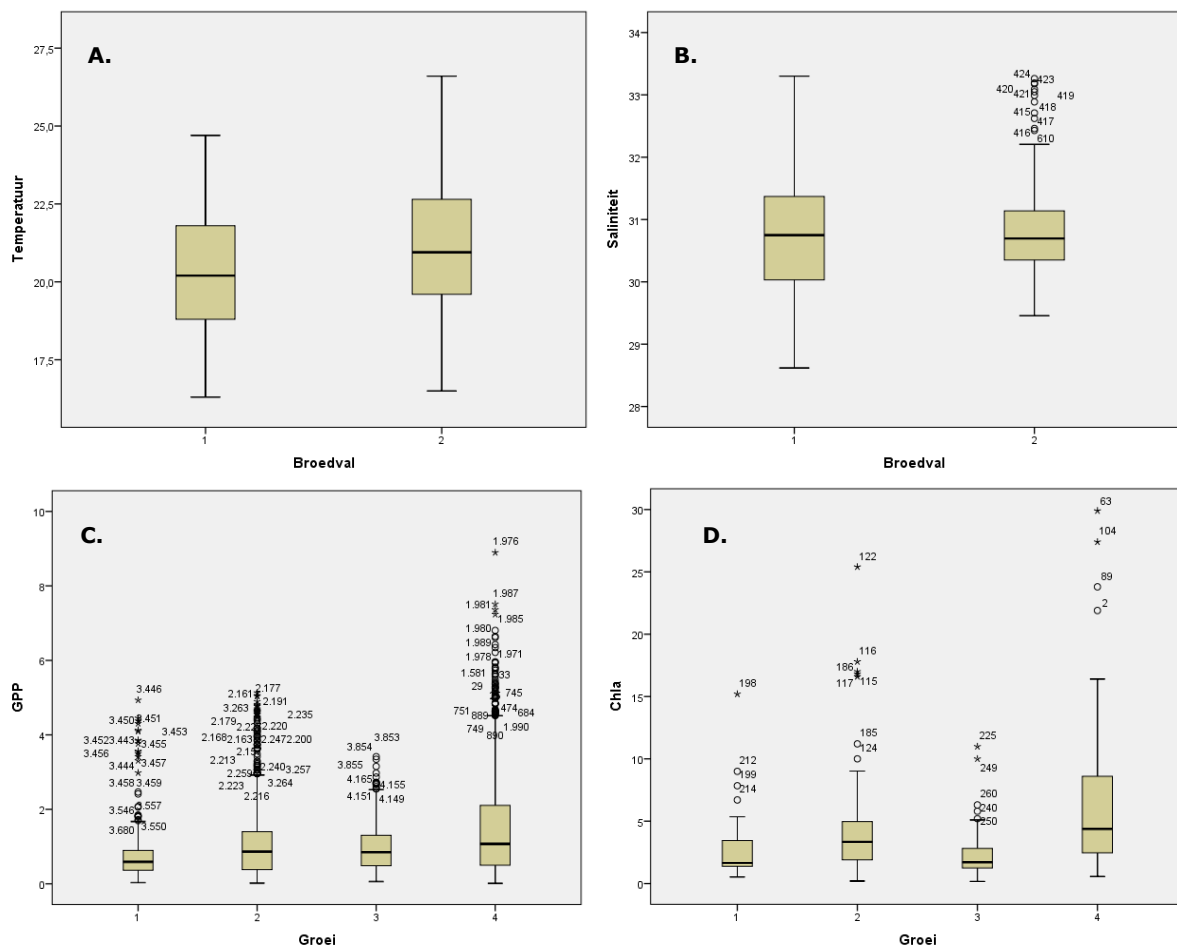
c



d

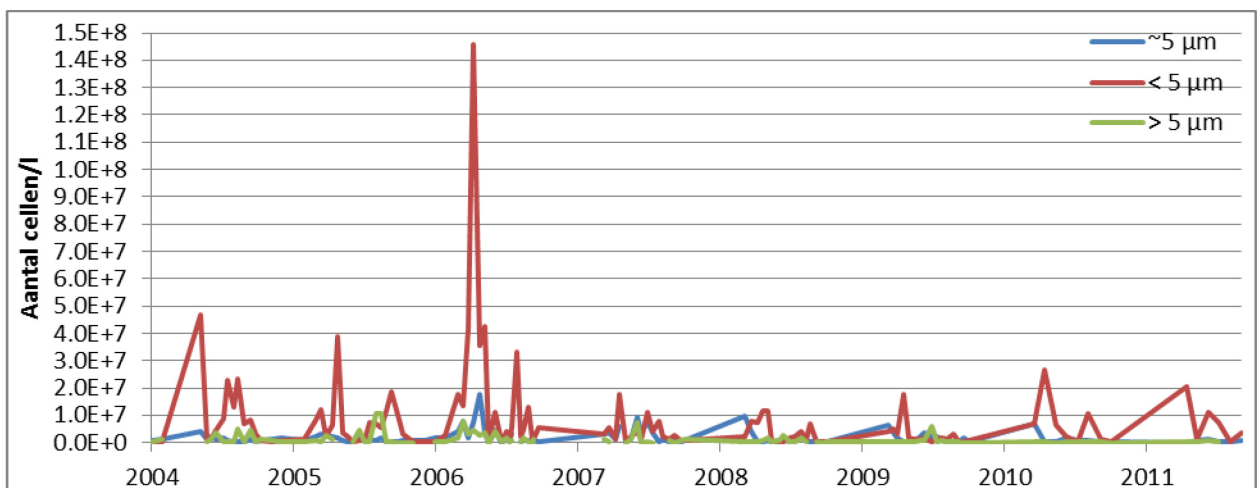
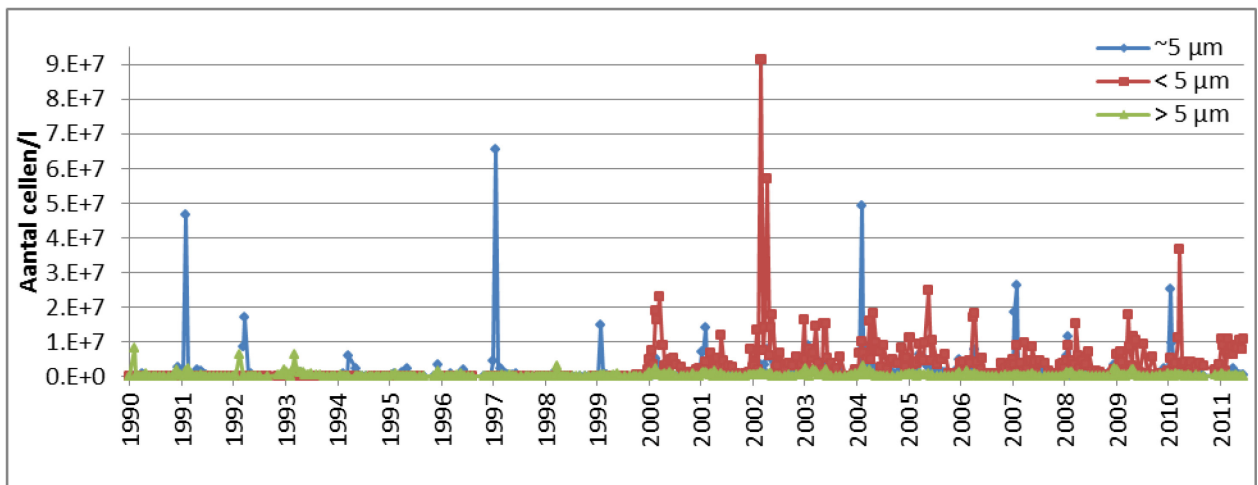


Figuur 7. (a) watertemperatuur (23°C aangegeven met rode lijn) Marollegat van 01-01-1991 t/m 31-12-2012 (HMCZ). Voor het jaar 2008 zijn ontbrekende gegevens aangevuld met tweewekelijkse meting van RWS locatie Lodijksegat (Waterbase), (b) de saliniteit van locatie Lodijksegat van 29-03-1973 t/m 18-04-2012. Saliniteit is uitgedrukt in PSU (Waterbase), (c) primaire productie (GPP in $\text{gC/m}^2/\text{d}$) in de Kom van de Oosterschelde, locatie Lodijksegat (MZI project-NIOZ-YE), (d) chlorofyl a (in $\mu\text{g/l}$) meetlocatie Lodijksegat in de periode van 1978 t/m 2012 (Waterbase).



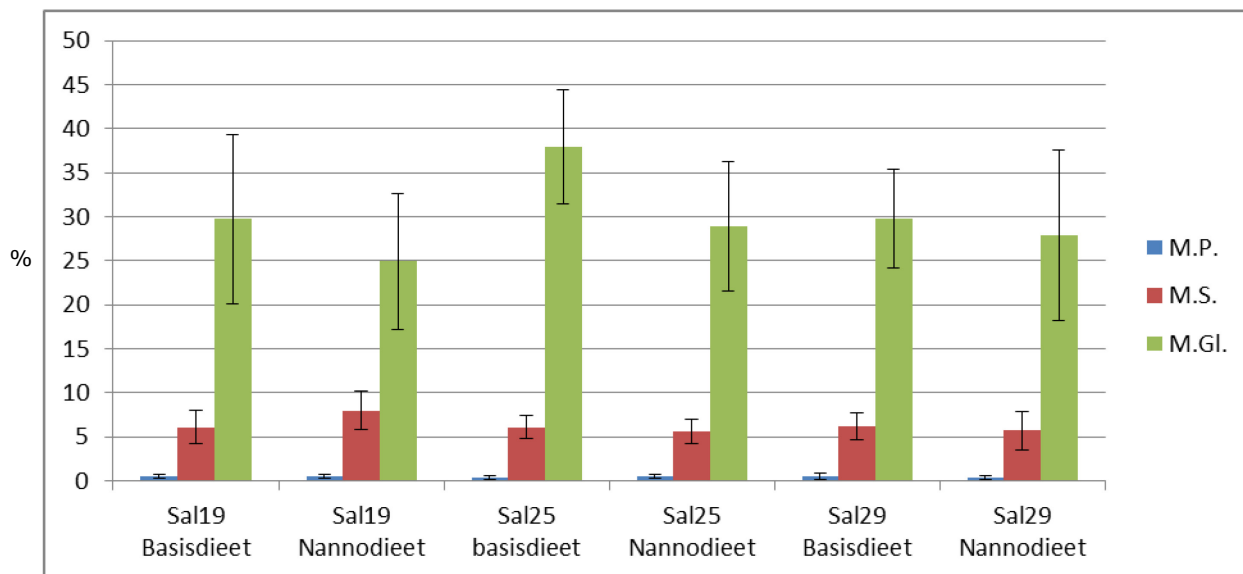
Figuur 8. A: relatie broedval (1=slecht, 2=goed) en temperatuur om 12.00 uur in broedvalperiode 10 juni t/m 20 augustus ($^{\circ}\text{C}$). B: relatie broedval (1=slecht, 2=goed) en saliniteit in broedvalperiode 10 juni t/m 20 augustus (PSU). C: relatie groei (1=zeer slecht, 2=slecht, 3= goed, 4=zeer goed) en primaire productie in groeiperiode april t/m oktober (GPP $\text{gC}/\text{m}^2/\text{d}$). D: relatie groei (1=zeer slecht, 2=slecht, 3= goed, 4=zeer goed) en chlorofyl a gehalte in groeiperiode april t/m oktober ($\mu\text{g}/\text{l}$). Uit: Doornbusch (2013).

Het voorkomen van kleine algen in de Kom van de Oosterschelde en in het Volkerak-Zoommeer is weergegeven in figuur 9. De jaren 1997, 2003, 2006, 2007 en 2010 zijn aangemerkt als jaren met een goede broedval. In 1997 werd in de Oosterschelde veel algen van ongeveer $5\ \mu\text{m}$ geobserveerd en in 2006 in het Volkerak-Zoommeer veel algen kleiner dan $5\ \mu\text{m}$. De andere jaren kenmerkten zich niet als jaren met veel kleine algen. Over het algemeen werden niet meer kleine algen in het Volkerak-Zoommeer aangetroffen dan in de Oosterschelde.



Figuur 9. Fytoplanktonconcentratie in aantal cellen per liter (a) Oosterschelde (Lodijksegat) in de periode 1990-2011 en (b) Volkerak-Zoommeer (Oesterdam) in de periode 2004-2011, ingedeeld in grootteklassen (geen kolonie vormende algen) (DONAR RWS).

De larven in het laboratoriumexperiment waren 16 dagen oud. Ze zwommen niet meer rond, maar kropen over de bodem en vertoonden zoekgedrag met de voet. Er werd geen significant effect gevonden van het verlagen van het zoutgehalte (ANOVA $P=0.457$) of het toedienen van kleine algen (ANOVA $P=0.094$) op de metamorfose van Japanse oester larven naar broed (Fig. 10). De meeste broedjes werden aangetroffen op de glazen wand van de bekken. Verder waren ook veel larven ontwikkeld tot broed zonder zich te vestigen. Het kleinste percentage werd gevonden op de plexiglas plaatjes. Het percentage metamorfose was iets lager bij toediening van *Nannochloopsis*, maar dit was niet significant.



Figuur 10. Gemetamorfoseerde oesterlarven als percentage van het totaal aantal toegediende larven in de verschillende behandelingen met standaarddeviatie ($n=5$). M.P. zijn de gemetamorfoseerde larven op een plexiglas plaatje, M.S. zijn de gemetamorfoseerde larven in suspensie en M.Gl. zijn de gemetamorfoseerde larven op glas. Uit: Doornbusch (2013).

5. Conclusies

5.1. Vismigratie

Migratiemogelijkheden voor migrerende vis in de Zuid-Westelijke Delta

Het huidige Oosterscheldebekken speelt slechts een zeer geringe rol voor vismigratie gezien de aanwezige barrières en de verwaarloosbare hoeveelheid zoetwater die via de Oosterschelde uitstroomt ten opzichte van zowel de zuidelijker gelegen Westerschelde als de noordelijker gelegen Haringvliet en Nieuwe Waterweg. De Green Deal opties zullen met name extra migratiemogelijkheden geven voor de in de Oosterschelde al voorkomende trekvissoorten paling, driedoornige stekelbaars, spiering en bot. De intrekperiode voor deze soorten loopt van februari tot mei.

Een belangrijke bottleneck voor een succesvolle intrek, namelijk de vindbaarheid van de vispassage in concurrerende zoetwaterstromen is op voorhand geen groot obstakel. Dit komt door het unieke karakter van de Green Deal optie: zoetwater spuien waar nog nauwelijks zoetwater wordt gespuid, tegenover passeerbaar maken van zoetwaterstromen vanuit gemalen of spuisluizen. Hierdoor kan de focus voornamelijk op de passeerbaarheid van de vispassage zelf worden gelegd. De passeerbaarheid van de

vispassage van de Kom naar het Zoommeer zal kunnen plaatsvinden doordat vis tegen de stroom inzwemt (langzame stroomsnelheden 10 cm/s). Continuestroom heeft dan eerder effect dan incidenteel (vrij verval). De passeerbaarheid van de vispassage met de stroming mee van het Zoommeer naar de Kom van de Oosterschelde zal geen probleem zijn. De vindbaarheid van de uitstroomopening voor vis die uit wil trekken kan gezien het geringe debiet wel beperkend zijn. Een groter debiet kan de vindbaarheid vergroten. Of het realiseren van een merkbare zoet-zout gradiënt aan de binnenzijde, maar dit zal vanuit waterbeheersoptiek niet wenselijk zijn.

Geschiktheid van buizen voor passage van migrerende vissoorten

Vanuit vispassages gebouwd in zoetwater is gezien dat zowel buisconstructies (bijvoorbeeld de Wit passage van 60 cm in doorsnede) als hevelconstructies (bijvoorbeeld FishFlowInnovations) succesvol verschillende vissoorten en lengtes kan laten passeren. Daarnaast kan kennis uit lopende projecten, zoals bijvoorbeeld bij gemaal Maelstede in het beheersgebied van Waterschap Scheldestromen, worden gebruikt in het verdere Green Deal traject.

Visvriendelijk sluisbeheer versus ander migratiemogelijkheden zoals verschillende typen vispassages

Vanuit de biologie van de belangrijkste doelsoorten (paling, driedoornige stekelbaars, bot en spiering) en het belang van selectief getijdentransport heeft een variant waarbij niet alleen zoetwater naar de Oosterschelde stroomt maar ook een deel van het getij water vanuit de Oosterschelde naar binnen stroomt de voorkeur. De uitstroomopening zou zo kunnen worden ontworpen dat er vooral net gespuid zoetwater/licht brak water naar binnen stroomt om de zoutlast te minimaliseren (hierbij kan aansluiting worden gezocht bij ontwikkelingen rond vismigratierivier bij Afsluitdijk).

Door selectief getijden transport kan migrerende vis in de Kom terecht komen, of zelfs ophopen. De hoeveelheid is moeilijk te voorspellen, omdat we niet weten wat voor soort vis en hoeveel vis nu door de andere migratiemogelijkheden passeert: zijnde met name Krammersluizen en Bergse diep Sluis. Het is onbekend of een vispassage in de Oesterdam tot het (gedeeltelijk) herstel van afgenomen vispopulaties zal leiden. Ten eerst zijn populatiegroottes in de Oosterschelde nu niet bekend. Daarnaast kunnen er nog andere bottlenecks zijn die de populatiegrootte limiteren (omvang paaigebied of opgroeigebied, habitatkwaliteit, andere migratiebarrières). Het vergroten van migratiemogelijkheden kan leiden tot een toename of herstel in populaties, maar of dit ook werkelijk optreedt hangt van veel factoren af en het vraagt veel kennis en beschikbare onderzoekgegevens om dit op voorhand te kunnen voorspellen.

Vervolgonderzoek m.b.t. vismigratie

IMARES heeft gewerkt aan een voorstel voor vervolg onderzoek aan vismigratie (Bijlage A).

Vooronderzoek:

- Modelstudie naar de verspreiding van glasaal en botlarven via selectief getijden transport. Deltares-IMARES heeft dit in het verleden reeds voor de Nederlandse kustwateren uitgevoerd en dit model zou kunnen worden toegepast voor de Oosterschelde op kleiner schaalniveau. De resultaten hiervan kunnen gebruikt worden bij de locatiekeuze, door deze af te stemmen op het voorkomen van de grootste concentratie trekvis, bijvoorbeeld in de kom. Onbekend is echter hoeveel en op welke schaal er herverdeling plaats vindt van glasaal en botlarven als deze via selectief getijdentransport 'doodlopen'.

- Ontwerpen van kandidaat-vispassages plus het modelleren van stroomsnelheden in elk van de trajectdelen. Deze stroomsnelheden kunnen dan voor de diverse vissoorten op fysieke passeerbaarheid worden geëvalueerd.
- Pilot-studie: veldtest voor kritische onderdelen in ontwerp (in voorjaar), bijvoorbeeld met een pomp om de lokale lokkende werking te simuleren.

Na uitvoering:

- Monitoring vispassage (netvangsten),
- Aanbod bepaling (netvangsten in combinatie met merk-terugvangst technieken).

5.2. Voedsel voor schelpdieren

Verbanden tussen algenproductie/biomassa en groei van gekweekte schelpdieren

Er zijn geen aanwijzingen dat het vleespercentage van mosselen aangeleverd aan de veiling afhangt van de hoogte van algenproductie. Er is wel een correlatie gevonden tussen het vleespercentage van mosselen die worden aangeleverd aan de veiling en de hoeveelheid wilde oesters, mosselen en kokkels in de Oosterschelde. Naarmate er meer grazers aanwezig zijn is het vleesgehalte van de mosselen lager. Omdat er geen kweekpercelen voor mosselen aanwezig zijn in de Kom is met deze gegevens geen specifieke uitspraak te doen voor de Kom. Hiervoor zijn gegevens over groei van kweekoesters nodig. Oesters worden niet verhandeld via de veiling en daardoor zijn er geen op een systematische wijze verzamelde gegevens over de kwaliteit van oesters beschikbaar. Er zijn daarnaast geen systematische monitoring programma's naar de groei van oesters.

Vermindering van de totale hoeveelheid grazers in de Kom kan mogelijk plaatsvinden via inperking van het bestand aan wilde oesters. Er zijn oesterpercelen in de Kom van de Oosterschelde die in de nabijheid van wilde oesterbanken liggen. De oppervlakte wilde oesterbank is zodanig dat bij het wegvissen daarvan een effect op de groei van oesters op oesterpercelen te verwachten is. Hoe groot dat effect zal zijn is niet op voorhand vast te stellen, omdat daarvoor de informatie over groei en biomassa van gekweekte oesters, en voedselaanbod op de oesterpercelen ontbreekt. Een proef zal de grootte van het effect moeten vaststellen. In het onderzoeksplan dat is opgenomen in bijlage A wordt beschreven hoe een dergelijke proef gemonitord kan worden. De effectiviteit en duurzaamheid van het wegvissen van oesters is echter suboptimaal. De ondergrond (ongelijk en zandig) zorgen voor een moeizame (kostbare) en onvolledige bevissing van wilde oesterbanken en de verwachtte oesterresten zullen ideaal substraat voor nieuw oesterbroed vormen. Hierdoor zal bevissing waarschijnlijk binnen 3 jaar herhaald moeten worden om het eventueel aanwezige effect op groei op de percelen te handhaven.

De analyse met enquêtegegevens over groei van oesters laat zien dat de beste groei werd gevonden in jaren met een hoge primaire productie en chlorofyl gehalte. Hierbij valt op dat zeer goede groei werd waargenomen in de periode tot 2000. Na dat jaar zijn zowel de primaire productie als het chlorofylgehalte afgenomen in de Kom.

Verbanden tussen algensoortensamenstelling/zoutgehalte en broedval van gekweekte oesters

Uit de analyse met enquêtegegevens over broedval blijkt een betere broedval in jaren met een hogere (gemiddelde) temperaturen en geen effect van een verlaagd zoutgehalte. Een relatie met het voorkomen van kleine algen is niet duidelijk. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de opdeling van het fytoplankton in grootte klassen slechts voor 69% van het totaal aantal cellen in de Oosterschelde mogelijk was. De resterende 31% van de algencellen in de lijst was niet op soort gebracht, en daarmee ook niet ingedeeld in grootteklassen. Voor het Volkerak-Zoommeer kon 23 % niet worden ingedeeld. Dit betekent dat het

overzicht niet volledig is en er mogelijk meer kleine algen aanwezig waren. Vooral kleine algen zijn moeilijk op soort te brengen.

Het laboratoriumexperiment toonde geen effect van zoutgehalte of aanwezigheid van kleine algen op de metamorfose van larf naar broed. De oesterlarven zijn in transport van Engeland naar Yerseke door een staking een dag langer onderweg geweest. De larven waren bij verzending 14 dagen oud en waren allen voorzien van een oogvlek en voet. Dit geeft aan dat de larven in een ver gevorderd stadium van de metamorfose waren. Ze zwommen niet meer rond, maar kropen over de bodem en vertoonden zoekgedrag met de voet. Mogelijk was het moment dat zoutgehalte of kleine algen effect konden hebben op de metamorfose al voorbij.

Een alternatieve verklaring voor een positief effect van een verlaagd zoutgehalte op de broedval is het ontbreken van predatoren. Deze kunnen zich mogelijk niet handhaven bij lage zoutgehaltenes, terwijl het broed dat wel kan overleven en zo kan groeien tot een formaat dat minder gevoelig is voor predatie. Als gekeken wordt naar de voeding lijkt de metamorfose iets slechter bij aanwezigheid van *Nannochloropsis oculata*. Er is geen eenduidig effect van deze algensoort beschreven. Uit experimenten blijkt dat als mossellarven voor de metamorfose aan een kleine alg (*Nannochloropsis*) worden blootgesteld dit resulteert in een grotere broedval (Tremblay, 2012). Ronquillo et al. (2012) vonden dat *Nannochloropsis oculata* en *Pavlova lutheri* de beste mix vormen voor groei en qua hoge PUFA waarde voor juveniele *Ostrea edulis* oesterlarven. O'Connor et al. (2013) beschrijven dat *Isochrysis* sp. met *Pavlova lutheri* of *Nannochloropsis oculata* de beste diëten waren voor maximale larvale groei snelheid van *Ostrea angasi*, ontwikkeling en overleving 24 uur post metamorfose. Numaguchi (2000) heeft vijf algensoorten getest op gemetamorfoseerde Japanse pareloester larven *Pinctada fucata martensii* en vond dat *Nannochloropsis oculata* nauwelijks groei induceerde bij de larven. Voor *Crassostrea gigas* is geen literatuur gevonden. Hierdoor is onduidelijk of *Nannochloropsis* de beste algensoort is geweest om het effect van kleine algen op de metamorfose te testen.

Vervolgonderzoek m.b.t. voedsel voor schelpdieren

IMARES heeft gewerkt aan een voorstel voor vervolg onderzoek aan voedsel voor schelpdieren (Bijlage A). Dit zal zich richten op het verkrijgen van beter inzicht in de oorzaak van achteruitgang van schelpdierproductie in de Kom van de Oosterschelde door middel van modelberekeningen, veldmetingen en laboratorium experimenten. Deltares heeft in oktober 2012 een memo geschreven waarin zij een voorstel doen voor een integrale verkenning van het systeemgedrag van de Kom van de Oosterschelde (Nolte, 2012). Hierbij wordt modelmatig het effect bepaald van aanvoer van nutriënten en oogst van schelpdieren op de verdeling van biomassa in verschillende pools zoals eetbare algen, oneetbare algen en schelpdieren. In dit voorstel is input van IMARES voorzien wat betreft het inschatten van individuele groei en kwaliteit van schelpdieren. Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke verdeling en het seizoenale patroon van groei en ontwikkeling van de oesters zullen er op verschillende locaties in de Kom van de Oosterschelde oesters worden uitgezet in kooien op, of in de nabijheid van kweekpercelen. De groei van deze oesters en het voedselaanbod wordt bepaald. Met deze informatie kunnen verbanden worden gelegd tussen omgevingsfactoren en schelpdiergroei en kan het effect van de aanwezigheid van wilde oesterbanken op de groei worden bepaald. Het effect van zoutgehalte en het effect van aanwezigheid van kleine algen op broedval van oesters en mosselen wordt bestudeerd met laboratorium experimenten. De proefopzet is zodanig dat het effect van de twee factoren (zoutgehalte en kleine algen), die in het veld niet van elkaar onderscheiden kunnen worden, apart worden getest. Dit verschaft inzicht in het mechanisme achter de relatie zoetwater toevoer en schelpdierbroedval.

6. Kwaliteitsborging

IMARES beschikt over een ISO 9001:2008 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem (certificaatnummer: 57846-2009-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 27 maart 2013 en is voor het eerst verleend op 27 maart 1997; deze accreditatie is verleend door de Raad voor Accreditatie.

Dankwoord

Graag bedanken wij de oesterkwekers voor hun deelname aan de enquête en Rolf Ruks , Leo Adriaanse, Tjeerd Blauw, Frank van den Ende, Eddy Lammens en Tom Ysebaert voor commentaar op concept versies van dit rapport.

Referenties

- Brennikmeijer A, Wymenga E, van Dullemen D., 2005. Monitoring vispassages Roptazijl en Terschelling 2002-2004. Eindrapportage. Altenburg & Wymenga Rapport 53.
- Cranford, P.J, Ward, E., Shumway, S.E (2011) Bivalve filter feeding: variability and limits of the aquaculture biofilter. In: Shellfish aquaculture and the environment. S.E. Shumway ed. Wiley-Blackwell, pp 81-124.
- Doornbusch, G.J. (2013) Effect van inlaat van zoet voedselrijk water uit het Volkerak-Zoommeer in Oosterschelde op groei en broedval van *Crassostrea gigas* in de Kom van de Oosterschelde. IMARES studentenrapport 13.002.
- Godschalk, G.I., 2011. Monitoring vispassages Caspargouw. ATKB Rapport 20110926/rap001.
- Herk, J. van, H. Wanningen, T. Ysebaert, I. de Mesel, M. Dubbeldam, 2010. Proef Natuurlijk Sluisbeheer. De resultaten, conclusies en aanbevelingen.
- Hop, J., 2011. Vismigratie Smidsdijk en Caspargouw. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Rapport 20110377/01.
- Jager, Z. 2010. Ontwerpstudie en praktijkproef Zoutlekbepierking Volkeraksluizen. Evaluatie Vismigratie Volkeraksluizen. Ziltwater Rapport i.o.v. RWS Waterdienst 1201226-005-ZKS-0005.
- Kroes, M.J., & J. R. van Nispen, 2006. Beleidsvisie voor vissen. VisAdvies BV, Utrecht. Rapport VA2006_13.
- MacDonald, J.I. & P.E. Davies, 2007. Improving the upstream passage of two galaxiid fish species through a pipe culvert. Fisheries Management and Ecology 14: 221-230.
- Malkin SY, JC Kromkamp & PM Herman (In preparation) "Two decades of phytoplankton primary production declines in the Eastern Scheldt coastal system" (working title). Authors are myself, Jacco, and Peter Herman.
- Mesel I De, T Ysebaert, E Brummelhuis, J Jol. (2010) Proef natuurlijk sluisbeheer Impact op groei van mosselen en oesters. IMARES Rapport C107/10.
- Nolte A. (2012). Overzicht van kennisbijdrage Deltares in de Green Deal. Deltares Rapport.
- Numaguchi, K (2000). Evaluation of five microalgal species for the growth of early spat of the Japanese pearl oyster *Pinctada fucata martensii* JOURNAL OF SHELLFISH RESEARCH 19: 153-157.
- Proef Natuurlijk Sluisbeheer. De resultaten, conclusies en aanbevelingen (2010).
- Randlov A & HU Riisgard (1979) Efficiency of particle retention and filtration rate in four species of ascidians. Mar. Ecol. Prog. Ser. 1: 55-59.
- Ronquillo J.D., J. Fraser, A-J McConkey (2012) Effect of mixed microalgal diets on growth and polyunsaturated fatty acid profile of European oyster (*Ostrea edulis*) juveniles. Aquaculture 360-361: 64-68.
- Rijksoverheid (2012). Green Deal Biodiversiteit Oosterschelde partnership en Rijksoverheid. 2012.
- Schellekens T, M van Stralen, J Kesteloo-Hendrikse, A Smaal (In preparation) Analyse historische data Oosterschelde en Waddenzee. IMARES Rapport Cxxx/13
- Smaal, A.C., T. Schellekens, M.R. van Stralen & J.C. Kromkamp (Under review) Decrease of the carrying capacity of the Oosterschelde estuary (SW Delta, NL) for bivalve filter feeders due to overgrazing?
- Tremblay, R. (2012). Advantage of picoplankton for recruitment success of blue mussel. Santiago de Compostella: PhysioMar Presentation, 2012.
- O'Connor S, N Moltschaniwsky, CJS Bolch & W O'Connor (2012). Dietary influence on growth and development of flat oyster, *Ostrea angasi* (Sowerby, 1871), larvae. Aquaculture Research 43: 1317-1327.
- Vries, I. de (2012). Groen- en bruinbemesting vanuit VZM. Deltares Memo 5 oktober 2012.
- Waterschap Scheldestromen, 2012. Impressie vispassage Maelstede.
http://www.scheldestromen.nl/het_waterschap/waterschapstaken/vismigratie/vispassages

- Wijsman, J.W.M.; Dubbeldam, M.; Kluijver, M.J. de; Zanten, E. van; Smaal, A.C. (2008) Wegvisproef
Japanse oesters in de Oosterschelde : eindrapportage. IMARES Rapport C063/08 - p. 95.
- Wijsman, J.W.M., M. Poelman, A. Blanco, T. Troost, T. Schellekens, W.J. Strietman en K. Hamon (2013)
Verkenning van de effecten van toelaten nutriënten en verwijderen van wilde oesters op de
productie van Kweekoesters in de Kom van de Oosterschelde. IMARES Rapport C010/13.
- Wintermans, G.J.M. 1999. Een hevelpassage op Texel. De Levende Natuur 100: 14-18.

Verantwoording

Rapport C022/13

Projectnummer: 4303104101

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

Akkoord: Marnix Poelman
onderzoeker



Handtekening:

Datum: 1 februari 2013

Akkoord: Birgit Dauwe
Afdelingshoofd Delta



Handtekening:

Datum: 1 februari 2013

Bijlage A. Onderzoeksplan IMARES voor Green Deal 2.0

Doelstelling

Doelstelling van het huidige onderzoeksplan is het opvullen van de kennisleemtes die in 2012 duidelijk zijn geworden. Voor vismigratie betreft dat onderzoek naar de ruimtelijke verspreiding van migrerende vissen in de Kom van de Oosterschelde en een evaluatie van de resultaten van de proef bij Maelstede. Het onderzoek naar voedsel voor schelpdieren zal zich richten op het verkrijgen van beter inzicht in de oorzaak van achteruitgang van schelpdierproductie in de Kom van de Oosterschelde door middel van modelberekeningen, veldmetingen en laboratorium experimenten.

Activiteiten

Vismigratie

Model/aanbodstudie Deltares/IMARES (2013)

Met behulp van hydrodynamische modellen en gedragsregels voor vis kan de verspreiding van vis die gebruik maken van Selectief Getijden Transport worden voorspeld (Bolle et al. 2005, 2009). Dit is voor de Nederlandse kustzone uitgevoerd om te onderzoeken waar vislarven zich concentreren in opgroeigebieden. Dit kan ook in de Oosterschelde worden toegepast om te onderzoeken waar vissoorten die zich via selectief getijden transport verplaatsen, zoals bijvoorbeeld glasaal, botlarven en waarschijnlijk ook driedoornige stekelbaars, zich concentreren. Als een intrekpunt dicht bij dergelijke concentraties wordt gekozen zal het aanbod en de effectiviteit van deze vispassage optimaal zijn.

Verifiëren via veldwerk (vj 2014)

Om de uitkomsten van het vis-transport model te verifiëren en een indruk te krijgen van dichtheden van bepaalde doelsoorten in een 'hotspot' die goed aansluit bij beoogde locaties voor een Green Deal vispassage versus andere beoogde locaties waar geringere concentraties vis zijn voorspeld, wordt voorgesteld om steekproefsgewijs in het migratie seizoen van glasaal, driedoornige stekelbaars, spiering en bot (8 meetdagen gedurende maart-juni) bemonsteringen uit te voeren. De locaties zullen worden geselecteerd uit een vergelijking tussen beoogde locaties en de modeluitkomsten van bovengenoemd onderzoek.

Evaluatie gegevens Maelstede (2013)

Om tot aanbevelingen voor een optimaal ontwerp en beheersplan te komen voor de te bouwen vispassage worden de gegevens uit de onderzoeken naar de vispassage in voorjaar 2012 en 2013 en najaar 2012 bij Maelstede geëvalueerd en aangevuld met andere kennis en gegevens uit de literatuur. Er wordt een deskstudie gerapporteerd met aanbevelingen voor een ontwerp en beheers scenario voor de vispassage.

Pomp proef en ruimtelijke verspreiding van vis inventariseren (vj 2014)

In het voorjaar van 2014 kan een pompproef worden uitgevoerd, waarbij zoetwater in de Oosterschelde wordt gepompt op de locatie waar de vispassage is gepland. Hiermee kan worden getest of het beoogde debiet (of een tweetal debietsvarianten) voldoende aantrekkingskracht uitoefent op trekvis. Hiertoe wordt de ruimtelijke verspreiding van vis in het belangrijkste migratie seizoen voor glasaal, driedoornige stekelbaars, spiering en bot (maart-juni) met behulp van DIDSON (akoestische camera) en kruisnetbemonsteringen onderzocht, alsmede een 'val' bij de uitstroomopening van de pomp. Naast gegevens over het aanbod levert dit ook belangrijke gegevens op over te voeren beheers scenario's, bijvoorbeeld de noodzaak van water inlaten via de vispassage en de duur van de aangeboden migratievensters.

Voedsel voor schelpdieren

Modelaanpak om beter inzicht te verkrijgen in oorzaak achteruitgang schelpdierproductie in Kom

Deltares heeft in oktober 2012 een memo geschreven waarin zij een voorstel doen voor een integrale verkenning van het systeemgedrag van de Kom van de Oosterschelde (Nolte, 2012). Hierbij wordt het effect bepaald van aanvoer van nutriënten en oogst van schelpdieren op de verdeling van biomassa in verschillende pools zoals eetbare algen, oneetbare algen en schelpdieren. Effecten van ingrepen op verschillende momenten in het seizoen en van toevoer van verschillende hoeveelheden nutriënten kunnen worden bepaald. In dit voorstel is input van IMARES voorzien wat betreft het inschatten van individuele groei en kwaliteit van schelpdieren (oesters, kokkels en mosselen). Hiertoe wordt gebruik gemaakt van Dynamic Energy Budget (DEB) modellen (Kooijman, 2010). In deze DEB modellen wordt individuele groei berekend aan de hand van voedselbeschikbaarheid op bepaalde locaties. De modellen kunnen worden toegepast op verschillende locaties in de Oosterschelde op verschillende afstanden van een inlaat van zoet water uit het Volkerak-Zoommeer. De veranderingen in zout en algenconcentraties (voedselbeschikbaarheid) in de Oosterschelde zijn door Deltares in het kader van dit project in 2012 berekend met het Delft-3D instrumentarium (Nolte et al, in prep). Essentieel voor de bruikbaarheid van de resultaten van dit onderdeel (DEB-modellering) is dat de data waarop onze berekeningen zijn gebaseerd zo realistisch mogelijk zijn. De hydrodynamiek van de Oosterschelde verandert door de inlaat van water uit het Volkerak-Zoommeer. Zonder deze veranderingen expliciet mee te nemen kijkt men eigenlijk alleen naar de verandering in nutriënten- en zoutgeheldynamiek. Hierdoor kunnen belangrijke zaken zoals verandering in verblijftijd van het water over het hoofd gezien worden. Afhankelijk van het type inlaat dat verondersteld wordt zal de inlaat van water uit het Volkerak-Zoommeer ook effect hebben op de nutriëntendynamiek in het Volkerak-Zoommeer en dus op de hoeveelheid nutriënten dat ingelaten wordt per kubieke meter in de Oosterschelde. Het DEB model berekent de groei en kwaliteit van individuele schelpdieren op basis van de door Deltares aangeleverde ruimtelijke informatie over algenproductie en zoutgehalte. Het Deltakennis model van Deltares berekent de populatiedynamica, de competitie tussen de verschillende schelpdierpopulaties. Hieruit komt informatie over de totale stocks.

Veldmetingen ten behoeve van verbanden tussen omgevingsfactoren en schelpdiergroei

In 2012 zijn verbanden onderzocht tussen omgevingsfactoren en schelpdiergroei. Hierbij werd duidelijk dat er geen groeigegevens beschikbaar zijn voor oesters op de percelen in de Kom. Om inzicht te krijgen in de ruimtelijke verdeling van het seizoenale patroon van groei en ontwikkeling van de oesters zullen er op verschillende locaties in de Kom van de Oosterschelde oesters worden uitgezet in kooien op, of in de nabijheid van kweekpercelen. Ook zullen kooien in op verschillende afstanden van een wilde oesterbank worden geplaatst om de lokale invloed van de wilde oesters te kwantificeren. De oesters zullen in de periode april tot en met oktober maandelijks worden bemonsterd om te worden geanalyseerd in het lab (schelplengte, vers gewicht en drooggewicht en as-vrij drooggewicht van het vlees). De groei en ontwikkeling zal worden gerelateerd aan waterkwaliteit en voedsel. Hiertoe zullen watermonsters worden genomen voor chlorofyl en deeltjes grootte analyses, het NIOZ zal worden gevraagd primaire productie te meten en er zal gebruik gemaakt worden van metingen van Rijkswaterstaat. Deze gegevens kunnen tevens dienen als nulmeting voorafgaand aan het in gebruik nemen van een doorlaatmiddel of het wegvissen van wilde Japanse oesters.

Laboratorium experimenten voor inzicht in het mechanisme achter de relatie zoetwater toevoer en schelpdierbroedval

In 2012 is een laboratorium experiment uitgevoerd door een stagiair bij IMARES (Doornbusch, 2013). Het effect van zoutgehalte en het effect van aanwezigheid van kleine algen op de metamorfose van larf naar broedje is bestudeerd bij oesterlarven. De proefopzet was zodanig dat het effect van de twee factoren (zoutgehalte en kleine algen), die in het veld niet van elkaar onderscheiden kunnen worden, apart zijn getest. De resultaten zijn onder paragraaf 4.2 opgenomen in dit rapport.

De volgende vragen zijn nog onbeantwoord:

- In welke levensfase is de invloed van zoet water belangrijk (larvale fase, tijdens de metamorfose of direct daarna)?
- Zijn er specifieke algensoorten die de broedval bevorderen?
- Wat is het effect van zoutgehalte en het effect van aanwezigheid van kleine algen op de broedval van mosselen?

Deze vragen kunnen met behulp van laboratorium experimenten worden bestudeerd.

Referenties

- Bolle LJ, Dickey-Collas M, Erftemeijer PLA, van Beek JKL, Jansen HM, Asjes J, Rijnsdorp AD, Los HJ (2005) Transport of fish larvae in the southern North Sea. Impacts of Maasvlakte 2 on the Wadden Sea and North Sea coastal zone (track 1, part IV: fish larvae) & baseline study MEP Maasvlakte 2 (lot3b: fish larvae). RIVO Report C072/05, 144 pp.
- Bolle LJ, Dickey-Collas M, van Beek JKL, Erftemeijer PLA, Witte IJ, van der Veer HW, Rijnsdorp AD (2009) Variability in transport of fish eggs and larvae. III. Effects of hydrodynamics and larval behaviour on recruitment in plaice. Marine Ecology Progress Series 390: 195-211.
- Doornbusch, G. J. 2013. Effecten van inlaat zoet voedselrijk water uit het Volkerak Zoommeer in Oosterschelde op groei en broedval van *Crassostrea gigas* in de Kom van de Oosterschelde. IMARES studentenrapport 13.002.
- Kooijman, 2010 Dynamic Energy Budget theory for metabolic organisation, 3rd edition, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nolte (2012). Integrale verkenning systeemgedrag Kom Oosterschelde. Deltares Memo 12 oktober 2012.