

Ecologisch functioneren.

Wijnhoven, S., Kromkamp, J. (2013).

Hoofdstuk 10 in: Depreiter, D., Cleveringa, J., van der Laan, T., Maris, T., Ysebaert, T., Wijnhoven, S. (eds). T2009 rapportage Schelde estuarium. IMDC, ARCADIS, Universiteit van Antwerpen, IMARES, NIOZ, p. 458-485 +Bijlagen.

Monitor Taskforce Publication Series 2013 – 10.

20 augustus 2013
077185978:A - Definitief
C03041.002718.0400

10

Ecologisch functioneren

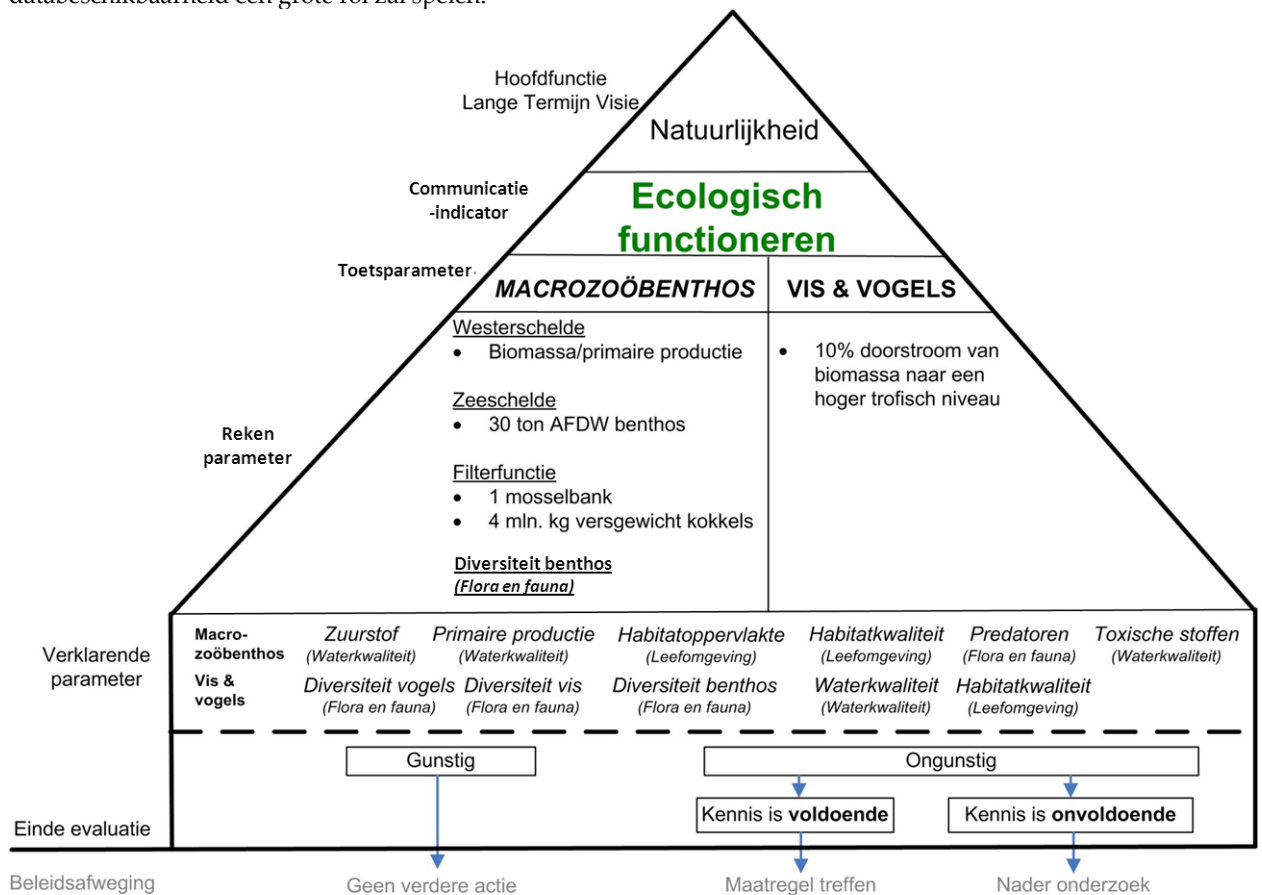
Uit de evaluatie met betrekking tot het Ecologisch functioneren blijkt dat met name de doorstroom van de primaire productie naar de primaire consumenten, met als belangrijkste vertegenwoordigers de algemeen voorkomende tweekleppigen, in diverse jaren niet optimaal verloopt daar succesvolle broedval en uitgroei van schelpdierpopulaties te weinig frequent voorkomt. Dit is tevens zichtbaar in de negatieve beoordeling met betrekking tot de filterfunctie die grotendeels afhangt van dezelfde organismen. De doorstroom van energie naar de secundaire consumenten (met als belangrijkste groep de benthivore en zooplanktivore vissen) lijkt voorlopig wel in balans. Verder worden er grote problemen geconstateerd in de benthische productie in de bovenstroomse delen, die ver achter blijft bij wat er in potentie kan worden verwacht in een goed functionerend systeem. Dit heeft dan ook al zijn weerslag gehad op de op benthos foeragerende vogels (met name de benthivore eenden) in dit deel van het estuarium. Van het feit dat in bepaalde zones de exoten (aantal soorten of biomassa) toenemen dient een waarschuwingssignaal uit te gaan aangezien dit consequenties kan hebben voor de inheemse soortendiversiteit en potentieel een risico is voor de energie doorvoer naar hogere trofische niveaus. Ook is het een fenomeen dat kan worden gerelateerd aan onnatuurlijke verstoringen in het milieu. Een afnemende soortenrijkdom is inderdaad waargenomen in de Zone met een sterke saliniteitsgradient waar (onnatuurlijke) fluctuaties en verschuivingen in gradienten naar verwachting ook het eerst zichtbaar zullen zijn.

10.1 INLEIDING

Het Ecologisch Functioneren is de Communicatie indicator waarin de aspecten van de andere Communicatie indicatoren met betrekking tot de Hoofdfunctie Natuurlijkheid bij elkaar komen. Enerzijds betekent dit dat wanneer de gedefinieerde toetsparameters hier allemaal positief worden beoordeeld, het zeer waarschijnlijk is dat de toetsparameters uit de andere piramides met betrekking tot Natuurlijkheid overwegend positief zullen zijn beoordeeld, en dat er wellicht hoogstens lokale of tijdelijke problemen zullen worden gedetecteerd. Anderzijds zijn er bij een negatieve beoordeling van één of beide toetsparameters wellicht een legio aan mogelijkheden die hier een verklaring voor kunnen geven. Dit wordt ook duidelijk uit het grote aantal Verklarende parameters dat in de weergave van Figuur 10.1.1 worden genoemd. Zodoende kan deze piramide nauwelijks los worden gezien van de overige piramides en is het hier waar de thema's bij elkaar komen.

Het Ecologisch Functioneren is opgedeeld in 2 toetsparameters, waarbij de toetsparameter Vis & vogels werkelijk gaat leiden tot één waarde per te evalueren jaar waarin de energie doorstroom door het gehele systeem in de vorm van biomasa verhoudingen wordt bevat. De toetsparameter Macrozoobenthos bestaat uit 4 rekenparameters die veelal ook weer zijn opgebouwd uit meerdere onderdelen. Met betrekking tot beide toetsparameters geldt dat de toetswaarden welliswaar her en der worden gebruikt in de wetenschappelijke literatuur, maar dat naast de beoordeling van de T2009 aan de hand van de parameters nu ook zal moeten blijken of de gestelde grenzen naar verwachting indicatief zullen zijn en goed gepositioneerd. De huidige toepassing voor het Schelde-systeem is dus ook in belangrijke mate een toetsing van de methodiek (meer nog dan voor de andere piramides). Aanvullend zal het hierbij ook

belangrijk zijn om nu de methodiek goed te documenteren aangezien de Evaluatiemethodiek (Holzhauer et al., 2011) hierin nog aardig wat interpretatiemogelijkheden en keuzes laat, en ook de databeschikbaarheid een grote rol zal spelen.



Figuur 10-1: Weergave Communicatie indicator Ecologisch functioneren met onderliggende toetsparameters, rekenparameters en verklarende parameters (Holzhauer et al., 2011).

10.2 MACROZOÖBENTHOS

10.2.1 MACROBENTHISCHE BIOMASSA - PRIMAIRE PRODUCTIE (WESTERSCHELDE)

10.2.1.1 INLEIDING

De evaluatie van de macrobenthische biomassa ten opzichte van de primaire productie geeft inzicht in de mate van evenwicht tussen productie en begrazing en wordt specifiek voor de Westerschelde uitgewerkt. De methodiek verwijst naar Van Hoey et al. (2007) waar de rekenparameter als onderdeel van de BEQI-index is uitgewerkt. In de huidige beoordelingsmethodiek dient de macrobenthische biomassa (in grammen asvrijdrooggewicht per vierkante meter) zich tot de primaire productie (in grammen koolstof per vierkante meter per jaar) te verhouden als $ADW_{benthos} = 1.5 + 0.105 * PP$. De methodiek (evenals de achterliggende literatuur; Van Hoey et al., 2007 en Herman et al., 1999) is echter niet als een handleiding geschreven en geeft ruimte voor keuze en/of interpretatie mogelijkheden.

10.2.1.2 GEBRUIKTE DATA

Daar het macrobenthos van de Westerschelde met ingang van 2009 enkel nog in het najaar wordt bemonsterd, hebben we er hier voor gekozen om de totale biomassa in het najaar als de gemiddelde macrobenthische biomassaproductie te zien. De gemiddeld waargenomen biomassa is daarvoor berekend per biotoop x OMES-zone en naar oppervlakte ratio gemiddeld voor de gehele Westerschelde (zie Digitale Bijlage 10.2.1.1).

De primaire productie bestaat uit een benthische en een pelagische component. Beiden zullen als gemiddelde voor de gehele Westerschelde dienen te worden berekend om vervolgens te worden opgeteld. De fytoplankton productie is door het NIOZ-Yerseke (voorheen NIOO-CEME) op 4 stations in de Westerschelde meestal maandelijks en in de zomermaanden veelal frequenter bepaald voor de jaren 1991, 2001, 2006, 2007, 2008 en 2009. Hiermee is de databeschikbaarheid voor de pelagische primaire productie beperkend en bepaalt welke jaren er kunnen worden uitgewerkt. De jaargemiddelde pelagisch primaire productie is bepaald. Aangezien de fytoplankton productie in de waterkolom plaats vindt is de jaarproductie vermenigvuldigd met het aandeel aan oppervlak op het totaal dat het sublitorale en de helft van het intertidale uitmaakt (dit laatste omdat bij benadering het intertidale voor de helft van de tijd onder water zal staan).

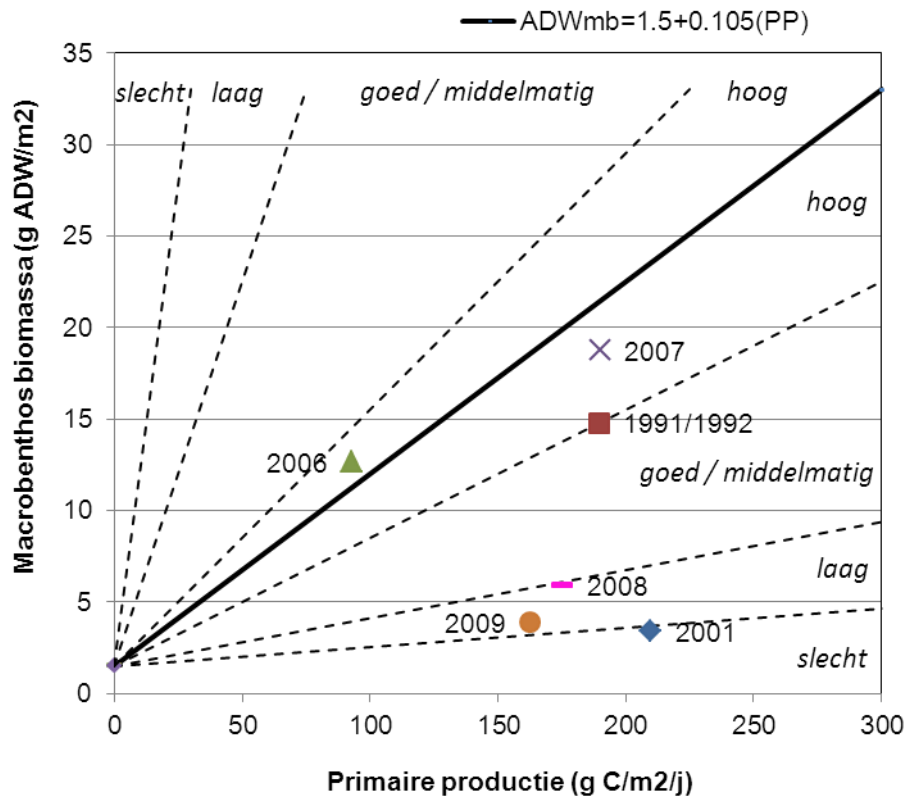
Met betrekking tot het fyto-benthos wordt de primaire productie niet als zodanig in de Westerschelde gemeten, maar is er wel een uitgebreide dataset met chlorofyl-a concentraties. Het betreft hier veelal een groot aantal metingen per maand van chlorofyl-a in microgram per gram sediment voor de bovenste centimeter van het substraat. Met behulp van de door De Jong et al. (1994) bepaalde gemiddelde dichtheid voor sediment voor de Oosterschelde (1.55 g/cm^3) is vanuit de gemiddelde chlorofyl-a concentraties per jaar per gram sediment de biomassa aan chlorofyl-a per m^2 berekend. De jaargemiddelde primaire productie wordt berekend via de formule $PP_{\text{fyto-benthos}} = 1.13 B_{\text{chlorofyl-a}} + 8.23$, met $PP_{\text{fyto-benthos}}$ = de primaire productie in gram koolstof per vierkante meter per jaar, en $B_{\text{chlorofyl-a}}$ = de eerder berekende chlorofyl-a biomassa in milligram per vierkante meter per jaar in de bovenste centimeter van het sediment (De Jong et al., 1994). Aangezien de fyto-benthosproductie hoofdzakelijk plaats vindt in het laagdynamische sublitoraal is de jaarproductie vermenigvuldigd met het aandeel aan oppervlak voor de laagdynamische sublitorale ecotopen op het totaal voor de Westerschelde.

De macrobenthos biomassa (ADW_{mb}) wordt getoetst ten opzichte van de totale gemiddelde primaire productie (PP: fytoplankton + fyto-benthos) waarbij de 2 idealiter zich dienen te verhouden volgens de vergelijking $ADW_{\text{mb}} = 1.5 + 0.105 * PP$. Volgens de beoordelingsmethodiek is er sprake van een positieve beoordeling wanneer de macrobenthos biomassa zich inderdaad volgens deze vergelijking tot de primaire productie verhoudt, of wanneer er meer macrobenthos aanwezig is dan volgens de vergelijking zou kunnen worden verwacht. Er is dan overigens sprake van enige overbegrazing ofwel een dergelijke situatie is waarschijnlijk niet langdurig houdbaar daar het suggereert dat er sprake is van een voedseltekort. Onderbegrazing, hetgeen in feite betekent dat er met betrekking tot het voedselaanbod ruimte is voor met name schelpdierpopulaties om uit te breiden, wordt negatief beoordeeld. Aangezien we niet over macrobenthos biomassa gegevens voor het jaar 1991 beschikken maar wel over waardevolle gegevens met betrekking tot de primaire productie die we graag zouden willen evalueren, worden de PP-waarden voor 1991 met de Macro-benthos gegevens van 1992 gecombineerd en geëvalueerd.

10.2.1.3 ANALYSE

De resultaten laten zien dat er een grote mate van jaar tot jaar variatie in de rekenparameter op treedt (Figuur 10-2). Voor de gecombineerde evaluatie voor de jaren 1991-1992 blijkt de verhouding enige

onderbegrazing aan te duiden. Dat geldt eigenlijk voor alle geevalueerde jaren met uitzondering van het jaar 2006. Ook het jaar 2007 benadert overigens nog de lijn volgens het evenwicht. De jaren 2008 en 2009 duiden er echter op dat er ruimte is voor met name de schelpdierbestanden om zich uit te breiden (sterke onderbegrazing), en enkele voor het jaar 2001 kan worden gesteld dat de mate van onderbegrazing groter was dan in 2009.



Figuur 10-2: De macrobenthische biomassa – primaire productie verhouding voor te analyseren jaren. Idealiter liggen de jaarwaarden op de dikke lijn volgens de verhouding $ADW_{mb} = 1.5 + 0.105 \cdot PP$. Met de stippellijnen zijn de door Van Hoey et al. (2007) aangeduide ADW_{mb} tot PP relaties weergegeven die een indicatie geven van de mate van evenwicht tussen de twee met in de tekst een aanduiding van de mate van evenwicht.

De reden waarom dat er in 2006 geen sprake van onderbegrazing is geweest zit hem vooral in het feit dat de primaire productie in dat jaar sterk achter bleef. Het fytoplankton heeft het grootste aandeel in het totaal aan primaire productie in de Westerschelde, en het is juist de fytoplankton productie die in dat jaar sterk achter bleef, terwijl de bentische primaire productie juist groter was dan in andere jaren. Waar er verder juist behoorlijke variatie in de macrobenthische biomassa kan worden waargenomen, is de primaire productie in die jaren minder variabel. De ADW_{mb} tot PP verhoudingen zoals met stippellijnen in de figuur weergegeven zijn achtereenvolgens van links naar rechts volgens de verhoudingen 1:1, 1:2.5, 2:15, 1:15, 1:40 en 1:100, zijn volgens de indeling van Van Hoey et al. (2007) en lijken nuttig bij de interpretatie van de resultaten.

10.2.1.4 INTERPRETATIE

Het feit dat er behoorlijke jaar tot jaar verschillen kunnen optreden geeft al aan dat de parameter jaarlijks dient te worden opgevolgd zodat ontwikkelingen kunnen worden waargenomen. De gemiddelde

primaire productie in een systeem is veelal veel stabiel in een systeem dan de macrobenthische biomassa. Eerstgenoemde zal normaliter in een goed gemengd systeem als de Westerschelde enkel substantieel gereduceerd zijn wanneer extremen in debieten optreden waardoor saliniteitszones verschuiven. Een indicatie hiervoor zal onder andere een verschil in de respons van de pelagische en benthische primaire productie zijn.

Daar waar de primaire productie een directe respons zal vertonen op veranderende omstandigheden, zal de respons in de macrobenthische biomassa (afhankelijk van de oorzaak) eerder een vertraging vertonen. Jaar tot jaar fluctuaties kunnen het gevolg zijn van jaren met succesvolle broedval (effect in biomassa ook weer met vertraging) of het uitblijven van broedval van relatief algemene schelpdiersoorten. Een structurele lage biomassa resulterend in structurele onderbegrazing duidt echter op een onbalans in het systeem. Veelal blijft het aandeel filtrerende organismen in de gemeenschappen dan achter bij het aandeel detritivoren; ook wel aangeduid met de term 'verworming'. Verklaringen hiervoor kunnen zijn: slechte zuurstofcondities, lange retentietijd en/of geringe circulatie, maar dat is onwaarschijnlijk in de Westerschelde zoals respectievelijk weergegeven in H 7.2 (Zuurstof) en 7.6.6 (Verblijftijd). Effecten van verontreinigingen zijn niet geheel uit te sluiten. Ondanks dat concentraties voor de meeste stoffen zijn afgenomen, zijn er nog altijd stoffen in potentieel toxische concentraties aanwezig waaronder enkele zware metalen, bestrijdingsmiddelen en cyclische koolwaterstoffen (H 7.5.2 Chemische waterkwaliteit). Zeker zo relevant zijn overigens de bodemconcentraties en de mate van biobeschikbaarheid van de substanties (H7.5.1).

Naast de toxische stoffen en waarschijnlijk belangrijker dan de toxische stoffen is het zwevend stof gehalte (gesuspendeerd materiaal) en het lichtklimaat in de Westerschelde. Ondanks een lichte verbetering van het lichtklimaat in de mesohaliene zone is er sprake van erg slechte zichtcondities in de polyhaliene en de mondingszone (de meest productieve zones met betrekking tot het macrobenthos op basis van de saliniteit) onder andere in 2004. Mogelijk dat zwevende stof gehalten in die tijd uitzonderlijk hoog waren. In ieder geval zorgt het zwevend stof gehalte voor een sterke lichtlimitatie en het is dan ook de vraag of een structureel evenwicht tussen benthische biomassa en primaire productie realistisch is voor de Westerschelde. De sterke onderbegrazing in 2009 (ook al zichtbaar in 2008) is echter reden voor zorg aangezien dramatische effecten van een drastische stijging van de zwevend stof concentraties ten gevolge van verdieping en kanalisatie bekend is van de Eems. Daar is in zeer korte tijd (in enkele jaren rond het jaar 2000) het systeem omgeslagen van acceptabele slibconcentraties (enkele 10- tot 100-tal miligrammen per liter) in de waterkolom van de 'Maximum Turbidity Zone' naar een systeem met een vrijwel met slib verzadigde waterkolom (enkele 100-tal grammen per liter) in het bovensstroomse gedeelte (Spiteri et al., 2011). Dus met name desastreus voor de bovenloop; maar structurele onderbegrazing kan het 'early-warning' signaal zijn.

De sterke terugval in macrobenthische biomassa in 2008 en 2009 is overigens een effect van piekende *Ensis* (Amerikaanse zwaardschede) biomassa in de jaren daarvoor zoals zichtbaar in de piekende exoten biomassa (H 9.6.4.2 Exoten) en een sterke teruggang van de kokkelbestanden (*Cerastoderma*) sinds 2006 (H9.6.5.1 Totale macrobenthos biomassa; H10.2.2.4 Filterfunctie). We dienen hier echter op te merken dat er enige onzekerheden zijn met betrekking tot de aanwezige bestanden van de Amerikaanse zwaardschede. Vanaf 2008 is er namelijk overgegaan op een andere bemonsteringsstrategie binnen MWTL wat er voor heeft gezorgd dat het aantal genomen subtidale monsters per jaar sterk is afgenomen waardoor de mogelijkheid van het missen van de *E. directus* banken is toegenomen. In dat geval zou er toch sprake kunnen zijn van een redelijke balans tussen de primaire productie en de benthische biomassa in 2008 en 2009. We verwachten echter dat het toch om een werkelijke teruggang in de populaties gaat omdat een vergelijkbaar patroon van fluctuaties is waargenomen in de voordelta (De Mesel et al., 2011; NIOZ – Monitor Taakgroep, eigen data).

10.2.1.5 EVALUATIE 2009

In 2009 blijkt er duidelijk geen sprake te zijn van een evenwicht (laag niveau); in potentie zouden de schelpdierbestanden veel groter kunnen zijn (de macrobenthos biomassa is bijna 4x te laag ten opzichte van de primaire productie). Er was sprake van een verslechtering van de situatie ten opzichte van 2008, en zeker ten opzichte van 2007 en 2006, hetgeen een negatieve beoordeling voor deze rekenparameter betekent.

10.2.2 30 TON ADW AAN BENTHOS (ZEESCHELDE)

10.2.2.1 INLEIDING

De evaluatiemethodiek geeft aan dat ter beoordeling van de draagkracht van de Zeeschelde er minimaal 30 ton aan asvrijdrooggewicht aan benthos aanwezig dient te zijn waarbij iedere OMES-zone ook ten minste 2 ton ADW benthos dient te bevatten. De genoemde waarden zijn gebaseerd op situatie rond 1950 die als referentie heeft gediend.

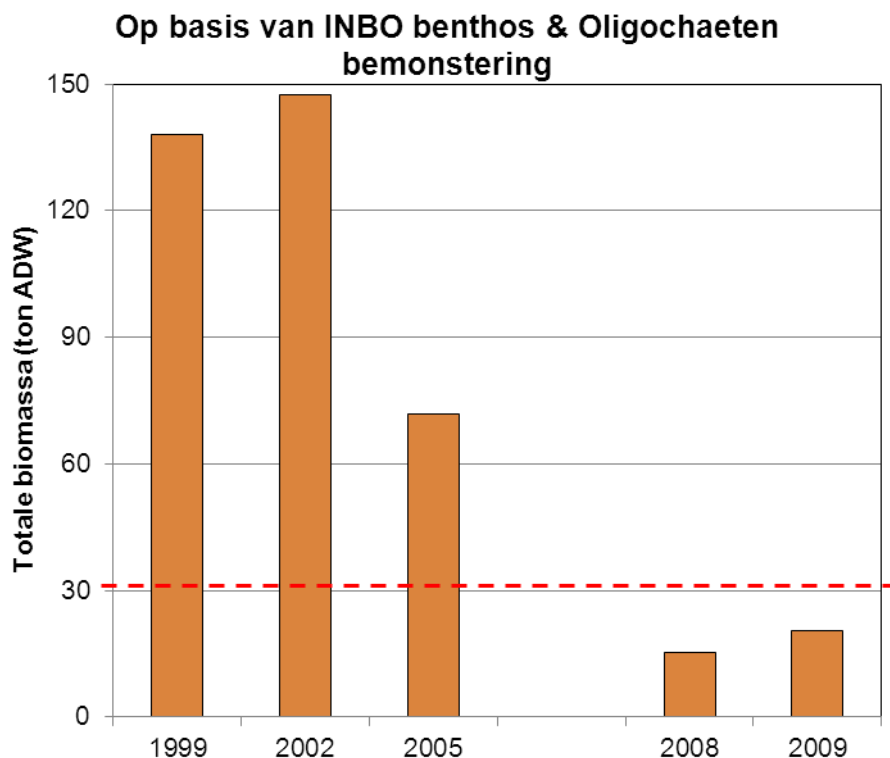
10.2.2.2 GEBRUIKTE DATA

Ter berekening van de totale benthos biomassa zijn beschikbaar de INBO-benthos monsters (=stalen in Vlaanderen) en de INBO-oligochaeten monsters voor de jaren 1999, 2002 en 2005. Tesaamen geven die een beeld van de benthos biomassa die op de 0.25 mm zeef achter blijft (onderscheid benthos en oligochaeten fractie op basis van 1mm zeef. Voor de jaren 2008 en 2009 (zo zal het monitoringsprogramma in de toekomst ook worden voortgezet) is er gebruik gemaakt van een 0.5 mm zeef en is alle benthos inclusief de oligochaeten voor die monsters gewogen (afzonderlijke oligochaeten monsters worden enkel nog gebruikt voor het bepalen van de soortensamenstelling van de oligochaetengemeenschappen). De beschikbare monsters zijn aan de fysiotopen gekoppeld waarbij voor de jaren 1999, 2002 en 2005 de link is gelegd naar de fysiotopenkaart van 2001, en voor de jaren 2008 en 2009 naar de fysiotopenkaart van 2010. Per fysiotop per OMES-zone per te analyseren jaar is de gemiddelde biomassa bepaald. Ontbrekende waarden voor bepaalde fysiotop x zone x jaar combinaties zijn daarbij ingeschat (zie Digitale Bijlage 10.2.1.2) op basis van ontwikkelingen in de andere fysiotopen of op basis van verhoudingen in waarden voor fysiotopen tussen jaren.

Gebruikmakende van het totale aanwezige oppervlak per fysiotop per zone is de totale biomassa per OMES-zone berekend, waaruit de totale systeembiomassa kan worden berekend. Men dient er rekening mee te houden dat er een kleine onderschatting van de biomassa zal zijn voor de jaren 2008 en 2009 (of een overschatting van de jaren 1999, 2002, 2005) omdat de 0.25-0.5 mm zeeffractie ontbreekt. Gedurende de analyse van de rekenparameter hebben we de bevindingen kunnen vergelijken met eigen berekeningen van het INBO (Speybroeck et al., 2012). Aangezien op het moment van berekening/rapportage de INBO studie nog gaande was en het niet geheel duidelijk was of en waar dezelfde data werden gebruikt zijn de berekeningen afzonderlijk uitgevoerd. Uiteraard zal de INBO-studie mogelijk op een andere manier met de hiaten in de dataset zijn omgesprongen. Wel komen de INBO-studie en deze (T2009 evaluatie) studie tot vergelijkbare conclusies en verschilt de berekende biomassa slechts enkele procenten. Wel is ons tegen het einde van het T2009-project vanuit het INBO medegedeeld dat er fouten zaten in de aangeleverde data voor 2009 en zijn er nieuwe biomassa gegevens aangeleverd. (Bij de volgende evaluatie dient gebruik gemaakt te worden van de nieuwe dataset hetgeen waarschijnlijk tot kleine verschillen in de resultaten kan leiden).

10.2.2.3 ANALYSE

De evaluatiemethodiek geeft aan dat ter beoordeling van de draagkracht van de Zeeschelde er minimaal 30 ton aan asvrijdrooggewicht aan benthos aanwezig dient te zijn waarbij iedere OMES-zone ook ten minste 2 ton ADW benthos dient te bevatten. Hierbij is uitgegaan van de ingeschatte productie voor de referentie situatie waarvoor het jaartal 1950 is aangehouden. Sinds 1950 is het meest productieve oppervlak, namelijk het intertidale gebied, afgenomen, maar de primaire productie toegenomen (Adriaensen et al., 2005). Wanneer toe- en afname naar ratio zijn, zal de gewenste 30 ton ADW aan benthos toch kunnen worden gehaald.



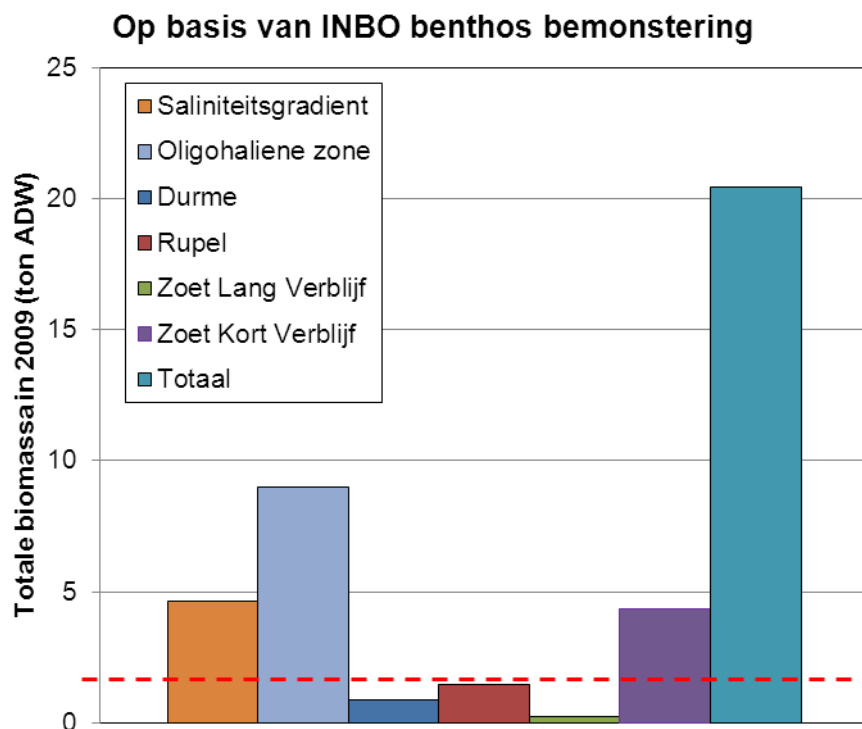
Figuur 10-3: Ontwikkeling in de totale benthos biomassa (ton asvrijdrooggewicht) in de Zeeschelde. De stippellijn geeft de gewenste 30 ton benthos voor een positieve beoordeling weer.

De resultaten laten zien dat in het verleden (1999-2005) de 30 ton ADW aan benthos in de Zeeschelde + zijrivieren ruimschoots werd gehaald (Figuur 10-3). Ondanks dat er een sterke afname van het totale areaal heeft plaats gevonden gedurende de afgelopen 60 jaar (en ook al daarvoor; vanwege de sterke inperking van het systeem; Van Braeckel et al., 2006; H 8.2.3 Leefomgeving, Oppervlak, Zeeschelde en getijrivieren) gepaard gaande met eveneens een achteruitgang van het meest productieve areaal; het intertidale, is de productiviteit van het systeem dusdanig toegenomen dat de benthos productie het verlies overcompenseert. Ook van 2001 naar 2010 neemt het intertidale oppervlak in een deel van het systeem (Zoete zone met korte verblijftijd en de Rupel en de Durme uitgezonderd) nog af. Echter de benthos productie is volledig ingeklapt. Dit blijkt overigens voornamelijk de Oligohaliene zone en de Rupel te betreffen (de zones met de hoogste benthos productiviteit per m²) (H 9.6.5.1 Totale macrobenthos biomassa).

Wel dient er rekening te worden gehouden met een aanpassing van de monitoringmethodiek die er voor zorgt dat de totale biomassa berekend voor de jaren 1999, 2002 en 2005 de fractie die achterblijft op een 0,25 mm zeef bedraagt, terwijl in 2008 en 2009 (evenals in de toekomst) deze ondergrens 0,5 mm bedraagt. Dit verklaart echter niet de grote afname die al zichtbaar in 2005 gaande was. Speybroeck et al. (in prep.)

schat in dat het dichthedenverlies met de verandering van strategie zo'n 10 % bedraagt; aangezien het om de kleinste (= lichtste) individuen gaat, zal het verlies in biomassa niet meer dan een paar procent bedragen.

Naast dat de 30 ton ADW aan benthos in de Zeeschelde + zijrivieren niet wordt gehaald, wordt ook de minimaal vereiste 2 ton ADW aan benthos per OMES-zone niet in iedere zone gehaald. In de Zoete zone met lange verblijftijd en de Durme blijft de benthos biomassa ver van de 2 ton verwijderd (Figuur 10-4). Ook in de Rupel wordt de 2 ton niet gehaald, maar daar is de onzekerheid over de berekende waarde wel groter dan in de andere zones vanwege het ontbreken van monitoringslocaties in 3 van de 6 onderscheiden fysiotopen (wat niet weg neemt dat naar verwachting de benthosbiomassa laag is).



Figuur 10-4: De totale benthos biomassa (in ton asvrijdrooggewicht) in de Zeeschelde in 2009 verdeelt over de OMES-zones. De stippellijn geeft de gewenste 2 ton benthos per zone voor een positieve beoordeling weer.

10.2.2.4 INTERPRETATIE

De verklaring voor de sterke afname in totale benthos biomassa dient werkelijk in het systeemfunctioneren te worden gezocht (verschillen in methodiek verklaren slechts een klein percentage van waargenomen verschillen). Enerzijds heeft de Zeeschelde en de zijrivieren recentelijk een significante kwaliteitsverbetering ondergaan. Met name de zuurstofcondities zijn sterk verbeterd (H 7.2.5 Zuurstof, Trend). Dit kan er voor zorgen dat er een omslag in de benthische gemeenschappen plaats vindt waarbij de vanwege de hoge nutriënten input (met name Stikstof; H 7.3.3 Rekenparameter TDIN) productieve oligochaeten gedomineerde gemeenschappen, geleidelijk worden vervangen door soortenrijkere gemeenschappen met een belangrijkere rol voor macrobenthos soorten als Mollusca en Crustacea. Initieel zal dit een sterke achteruitgang in de biomassa kunnen laten zien, temeer dat tegelijkertijd de begrazing door bijvoorbeeld benthivore vissen toe neemt (Digitale Bijlagen 10.3.2 Vissen en vogels resultaten). De

verwachting is dan echter dat de benthos biomassa op den duur zal gaan toenemen daar met de groei en toename van met name de mollusken populaties de zwaardere soorten talrijker gaan worden en de biomassa gaan bepalen. Dit zou een proces op de korte termijn kunnen zijn, ware het niet dat het lang kan duren voordat de macrobenthische activiteit in voorheen hypoxische bodems werkelijk toe neemt (Van Colen et al., 2008; Wijnhoven et al., 2010). Anderzijds bestaat ook de mogelijkheid dat toxische stoffen nog een rol spelen en de ontwikkeling van de macrobenthische gemeenschappen tegenwerken.

Weliswaar zijn de concentraties van veel toxische stoffen zoals zware metalen in de waterkolom afgenomen en nemen deze ook geleidelijk af in de waterbodems (effect van mixen en verdunnen), maar voor diverse substanties zijn de concentraties nog dusdanig hoog dat effecten niet zijn uit te sluiten. Daar bovenop is met het zuurstofrijker worden van de bodems wellicht ook juist de biobeschikbaarheid van de aanwezige toxische elementen toegenomen, waardoor weliswaar lagere concentraties grotere effecten hebben op het bodemleven (H 7.5 Toxische stoffen; De Lange et al., 2006). De soorten die het nu over zouden moeten nemen van de Oligochaeten (met name de Mollusca) zijn veelal tevens de meest gevoelige soorten voor verontreinigingen. Vanwege de hogere zoutgehaltes en het nimmer problematisch zijn geweest van de zuurstof condities in de Westerschelde speelt dat probleem in zijn geheel niet in dit gedeelte van het estuarium.

Ook de minimaal vereiste 2 ton ADW aan benthos per OMES-zone wordt niet in iedere zone gehaald. De in de methodiek gekozen 2 ton per zone is eerder een lage waarde die, wanneer die niet wordt gehaald, duidt op problemen. Dat de 2 ton ADW in de betreffende zones niet wordt gehaald ligt grotendeels aan de over het algemeen voor de gehele Zeeschelde lage benthos productie. Enkel in de Zoete zone met korte verblijftijd is deze beduidend hoger dan in de andere zones. Dat de benodigde biomassa in de Oligohaliene zone en de Zone met sterke saliniteitsgradient dan toch worden gehaald zit hem vooral in het feit dat die zones qua oppervlak beduidend groter zijn dan de overige zones.

De evaluatiemethodiek (Holzhauer et al., 2011) geeft aan dat in de toekomst nog wel dient te worden nagegaan of de 30 ton ADW aan benthos een geschikte referentiewaarde is. Zo ook is de 2 ton ADW per OMES zone een arbitraire waarde die overigens naar ons idee wel voldoende laag is om aan te kunnen geven dat wanneer deze niet wordt gehaald er problemen in die zone zijn. We raden dan ook aan om in de toekomst nog eens naar de genoemde waarden te kijken. Dit geldt ook voor de 30 ton ADW, die momenteel niet wordt gehaald. Een ontwikkeling in de richting van de 30 ton kan in ieder geval ook nu al als een verbetering in de goede richting worden gezien.

10.2.2.5 EVALUATIE 2009

Het mogen duidelijk zijn dat de 30 ton ADW aan benthos in de Zeeschelde + zijrivieren en de 2 ton ADW aan benthos per OMES zone in 2009 niet worden gehaald. Dit is een trend die al zichtbaar werd in 2005 en die in ieder geval ook in 2008 er voor zorgde dat de genoemde waarden niet werden gehaald. Daarmee staat de draagkracht van het systeem in het Vlaamse deel van het estuarium serieus onder druk waarbij met name voor de hogere trofische niveaus (benthivore vissen en vogels) de situatie zorgelijk is. De huidige bevindingen hoeven echter niet te betekenen dat het nu in zijn geheel de verkeerde kant op gaat, maar zijn ook de eerste tekenen van herstel met name met betrekking tot een verbeterende waterkwaliteit en met name de zuurstof condities en wijzen wellicht op het begin van een successie in de bodemdiergemeenschappen, echter (tijdelijk) tegengewerkt door toxische stoffen grotendeels reeds aanwezig in het systeem. Tot dusver blijft dit echter hypothetisch en het is dan ook van groot belang om te onderzoeken wat de terugval in de benthos biomassa heeft veroorzaakt of wat de natuurlijke successie naar schelpdier gedomineerde gemeenschappen momenteel nog tegen houdt.

10.2.3 FILTERFUNCTIE

10.2.3.1 INLEIDING

Filtrerende macrobenthos soorten zullen in een gezond systeem een groot deel van de macrobenthische biomassa uitmaken en daarmee voor een groot deel het voedselaanbod bepalen voor benthivore vissen en vogels. Anderzijds spelen de organismen een belangrijke rol in de filtering van de waterkolom; begrazing van de primaire productie en het tot op zekere hoogte filteren van anorganisch materiaal uit de waterkolom. Echter wanneer de troebelheid van het systeem toe neemt zal dat zijn weerslag hebben op de populaties aan filtrerende organismen. Van nature zijn de twee dominante filtrerende soorten in het Schelde-estuarium; de kokkel en de mossel.

De evaluatie van de filterfunctie bestaat uit twee onderdelen. a) Ten eerste wordt nagegaan of er ten minste één mosselbank in het Schelde-estuarium op natuurlijk substraat aanwezig is. b) Vervolgens wordt de aanwezige biomassa (in versgewicht) aan kokkels (*Cerastoderma edule*) opgevolgd, en dient er voor een positieve evaluatie ten minste 4 miljoen kg aanwezig te zijn (bij voorkeur ook meer dan 8 miljoen kg). Hiermee moet de filtercapaciteit en de voedselvoorziening in het Schelde-estuarium zijn gewaarborgd.

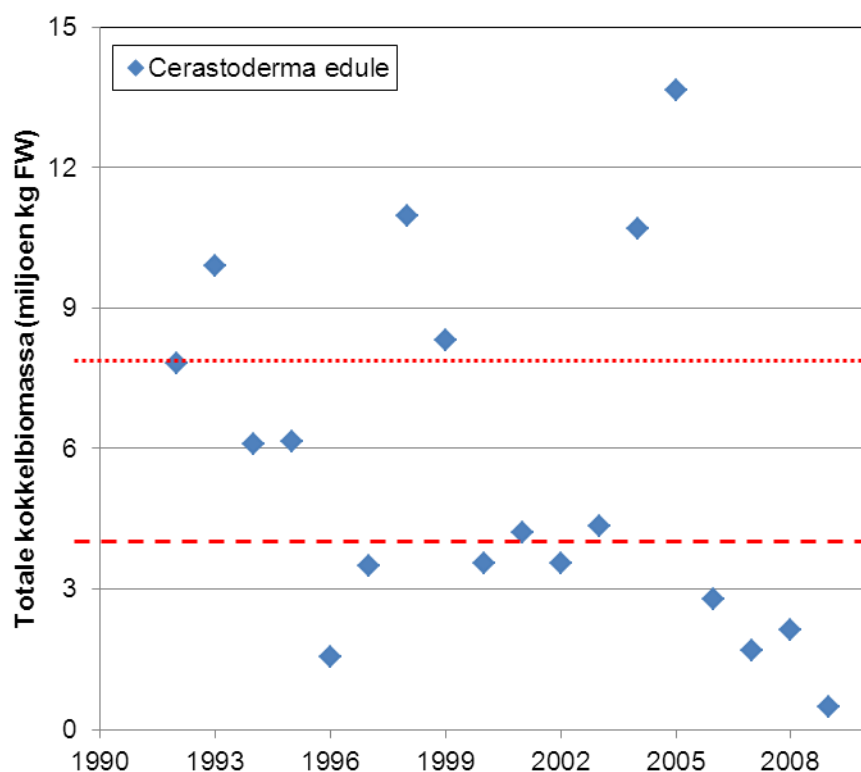
10.2.3.2 GEBRUIKTE DATA

Eenzijds is aan de hand van bestaande literatuur en het informeren bij onderzoekers die frequent het Schelde systeem bezoeken nagegaan of er sprake is van een mosselbank op natuurlijk substraat in de Westerschelde. Anderzijds is gebruik gemaakt van de door Wageningen-IMARES aangeleverde berekende waarden voor de totaal aanwezige biomassa (versgewicht) aan kokkels op basis van de WOT (Wettelijke OnderzoeksTaken) Schelpdierbestand opnames (data van enkele algemene soorten) in de Westerschelde (zie tevens Digitale Bijlagen 10.2.1.5 Filterfunctie).

10.2.3.3 ANALYSE

Onlangs is aan de oostkant van een klein plaatje (nu 'Mosselplaat' gedoopt) gelegen ten zuidoosten van de Lage Springer een aantal mosselbanken met een gezamenlijk oppervlak van ca 4,5 ha aangetroffen (Memo RWS-Zeeland, 2011). Het gaat om volwassen mosselbanken met exemplaren tot 5 a 6 cm lang en goed te traceren op falsecolor luchtfoto's van 2010. Het lijkt er tevens op dat tenminste delen van de banken ook al aanwezig waren in 2008 en 2004 (jaren waarvan luchtfoto's beschikbaar waren).

De grootte van de jaarlijks aangetroffen kokkelbestanden varieert sterk. Voor een positieve beoordeling van dit onderdeel van de Filterfunctie dient minimaal 4 miljoen kg versgewicht aan kokkels in de Westerschelde aanwezig te zijn. Zoals blijkt uit Figuur 10-5 is deze totale biomassa tussen 1992 en 2009 in de jaren 1996, 1997, 2000, 2002, 2006, 2007, 2008 en 2009 niet gehaald. Bij voorkeur zou er volgens de methodiek (Holzhauer et al., 2011) zelfs minimaal 8 miljoen kg versgewicht aan kokkels aanwezig moeten zijn.



Figuur 10-5: Totale biomassa van de in de Westerschelde aanwezige kokkelbestanden in 10^6 kg versgewicht. De minimaal aanwezige hoeveelheid voor een positieve beoordeling bedraagt 4 miljoen kg (bij voorkeur is minimaal 8 miljoen kg aanwezig).

10.2.3.4 INTERPRETATIE

Er zijn indicaties dat een deel van de aangetroffen mosselbanken in het verleden mosselpercelen moeten zijn geweest. Dit wordt mogelijk bevestigd door een rapportage die spreekt over voormalige mosselpercelen in de buurt van het vaarwater langs de Paulinapolder (AquaSense, 2004). Daar echter de percelen al lange tijd niet meer in gebruik zijn en de mosselbanken gevestigd zijn op zacht substraat, is er sprake van de aanwezigheid van mosselbanken op natuurlijk substraat. Men kan echter discussiëren over het aantal en het totale oppervlak aan mosselbanken dat men kan verwachten en dat aanwezig dient te zijn om te spreken over een substantiële bijdrage van mosselen aan de filterfunctie. Het is dan ook aan te bevelen om hier een studie naar uit te voeren, zodat de parameter op dit vlak in de toekomst eventueel kan worden aangescherpt.

Kokkelbestanden vertonen van nature grote fluctuaties (zo ook in de Westerschelde). Dit heeft vooral te maken met jaren met succesvolle broedval die worden opgevolgd door perioden zonder substantiële broedval, en jaren met grote sterfte binnen de populaties. Hoewel veel ook nog onduidelijk is over wat nu zorgt voor een jaar met succesvolle broedval, is het opvallend dat zo'n jaar geregeld volgt op een relatief koude winter. Dit zou te maken kunnen hebben met een verminderde predatiedruk (het hyperbenthos verschijnt later in het jaar) na een koude periode, maar dan hebben we het vooral over overlevingskansen na broedval (Beukema, 1992). Het is ook bekend dat strenge winters grote sterfte onder de populaties kunnen veroorzaken; met name wanneer er ook nog sprake is van ijsgang, en intertidale gebieden in feite mechanisch worden geschoond door het schurende ijs. Na zo'n jaar met grote sterfte is de kans op een succesvolle broedval met goede overlevingskansen en snelle uitgroeimogelijkheden juist weer groter

(Beukema, 1992). Dit heeft wellicht te maken met verminderde competitie om ruimte en voedsel. Sterker nog, uit kokkelvisserij experimenten is gebleken dat de jonge kokkeltjes sneller groeien in éénmalig beviste gebieden dan in de onbeviste gebieden. Naast verminderde concurrentie speelt hier wellicht het meer beschikbaar zijn van voedingsstoffen na omwoeling ook nog een rol (Wijnhoven et al., 2011), een fenomeen wat wellicht ook kan spelen na ijsgang op slikken en platen. Uit laboratorium experimenten is gebleken dat ook de voedselbeschikbaarheid en samenstelling van voedsel het succes van de reproductie kunnen verhogen en het is bekend dat een temperatuursprong de reproductie kan opwekken (Pronker et al., 2013). Kortom de fytoplankton beschikbaarheid en samenstelling in het voorjaar en wellicht ook het temperatuurverloop in zowel de waterkolom als de directe instraatwarmte op de platen en slikken tijdens laag water kunnen bepalend zijn voor een succesvolle broedval. Twee a drie jaar na een succesvolle broedval zou men normaalgesproken de grootste biomassa aan kokkels verwachten.

Uiteraard is dit een deel van het verhaal, aangezien er ook bevissing van de kokkelbestanden plaats vindt en heeft plaats gevonden. De inschatting in het voorjaar van het verwachte versgewicht aan kokkels in het najaar (op basis van de WOT data) is altijd bepalend geweest voor het wel of niet mechanisch bevissen en de mate van bevissing van de bestanden in de Westerschelde. De 4 miljoen kg versgewicht grens wordt daarbij aangehouden (Kesteloo et al., 2009). Het Compendium voor de Leefomgeving (CBS et al., 2012) geeft op basis van data van IMARES een overzicht van de ingeschatte hoeveelheid kokkelvles voor de Westerschelde en de ingeschatte weggeviste hoeveelheid kokkelvles. De gerapporteerde verhouding aanhoudend krijgen we inzicht in het effect van de mechanische visserij op de kokkelbestanden (voor details zie Digitale Bijlagen 10.2.2.4 Filterfunctie). Men zou verwachten dat als er veel wordt opgevisst, dit een jaar later zichtbaar zal worden in het totale bestand. Dit is in een aantal jaren zichtbaar, maar in andere jaren (wellicht volgend op een eerdere succesvolle broedval of met optimale groeicondities) is het effect minder duidelijk zichtbaar of wordt er zelfs in zijn geheel geen afname in de biomassa waargenomen (Figuur 10-6). De laatste 4 jaar heeft er geen mechanische kokkelvisserij meer plaats gevonden, maar de kokkelbestanden hebben zich (nog) niet hersteld; in tegendeel, in 2009 werd voorlopig het dieptepunt van de afgelopen 18 jaar bereikt. Het is overigens niet zo dat er in die jaren helemaal geen kokkels worden geogst, want het handkokkelen (wat ook commercieel met complete teams wordt uitgevoerd) vindt in die jaren wel plaats.

Andere aspecten die nog een rol kunnen spelen bij de resulterende kokkelbiomassa die wordt aangetroffen is de ontwikkeling van geschikt biotoop. In de Westerschelde hebben de kokkels een voorkeur voor slikkige intergetijdgebieden en ondiepe wateren (Daan et al., 2013). Dit betekent dat ze een voorkeur hebben voor enigszins laagdynamische gebieden, maar de dynamiek mag ook weer niet te laag zijn. In de Voordelta worden kokkelbanken veelal op zandige substraten aangetroffen, wat wellicht een indicatie is dat de dynamiek belangrijker is dan het slibgehalte. Ysebaert et al. (2002) geven aan dat de kokkel in de Westerschelde voornamelijk in de Polyhaliene zone en het Mondingsgebied wordt gevonden, namelijk bij een gemiddelde saliniteit van boven de 15 ‰ en ieder geval boven de 10 ‰. Onder de 5 m NAP wordt de soort nog nauwelijks aangetroffen. De trefkans voor de soort is groter dan 10% als de stroomsnelheid in een gebied tussen 0.1 en 0.6 m/s ligt. De grootste trefkans is in gebieden met een maximale eb stroomsnelheid van 0.35 m/s. Ook de korrelgrootte van het sediment speelt een rol. De grootste trefkans voor de soort is bij een mediane korrelgrootte van het sediment tussen de 100 en 150 µm. Maar ook bij veel fijner (in slib) en grover sediment tot een mediane korrelgrootte van boven de 250 µm wordt de soort nog aangetroffen.

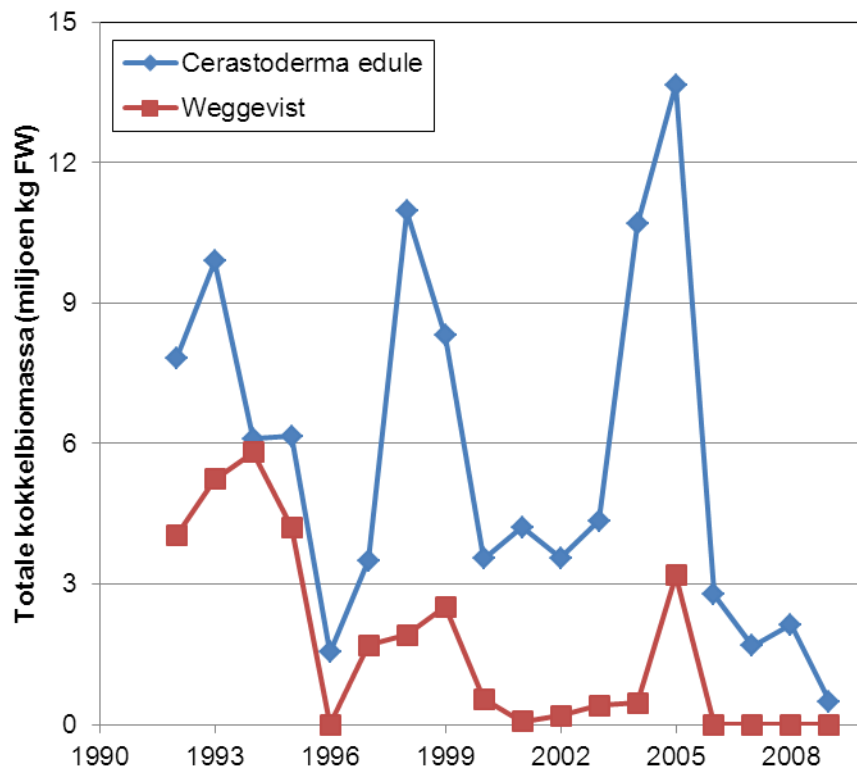
Ondanks de verschillen in de methodiek waarmee de ecotopenkaarten zijn gemaakt (zie voor problematiek H 8 'Leefomgeving' waaruit blijkt dat de ecotopenkaarten van 1996, 2001 en 2004 enerzijds, niet één op één zijn te vergelijken met de ecotopenkaarten van 2008 en 2010 anderzijds) waardoor ecotoopontwikkelingen in de Westerschelde lastig te evalueren zijn kan worden geconcludeerd dat de afgelopen

decennia het oppervlak aan laagdynamische intertidale en laagdynamische ondiep subtidale milieus geleidelijk is afgenomen ten gunste van de hoogdynamische milieus en diepere delen (H 8.2 Oppervlak, onderdeel van Leefomgeving). Dit verlaagt uiteraard de vestigingsmogelijkheden voor kokkels, maar het lijkt er niet op dat dit de reductie van de kokkelbestanden van de laatste jaren kan verklaren. Ook kunnen veranderingen in stromingsrichtingen en stroomsnelheden (die naar verwachting zijn toegenomen) mogelijk de larven distributie van de kokkel tegenwerken.

Een ander aspect is mogelijk toenemende concurrentie van andere schelpdieren zoals de exoot *Ensis directus* (Amerikaanse zwaardschede) die recentelijk massaal is opgekomen in de Westerschelde (zie tevens H 9.6 Benthos, onderdeel van Flora & Fauna). De piekbiomassa werd inderdaad aangetroffen in 2006 en 2007 (is nu weer wat op zijn retour), maar van competitie om ruimte lijkt nauwelijks sprake gezien het overwegend voorkomen van *E. directus* in het subtidaal (Daan et al., 2013), en van *C. edule* toch vooral in het intertidaal. Wel kan er uiteraard competitie om voedsel (met name fytoplankton) plaats vinden. De waargenomen significante afname in fytoplanktoncellen in alle 3 de zones van de Westerschelde zou daar op kunnen wijzen (H 9.7 Fytoplankton, onderdeel van Flora en Fauna). Dan zou ook een eventueel toegenomen predatie op de volwassen schelpen, maar met name op de larven nog parten kunnen spelen.

Met betrekking tot predatie op de volwassen exemplaren is de benthivore en omnivore vogel biomassa in het estuarium inderdaad licht toegenomen. De benthivore en zooplanktivore vissen biomassa in de Westerschelde zet wellicht meer zoden aan de dijk, en ook die vertoont een toenemende trend, juist met een dip rond de laatste piek in de kokkelbiomassa. Trends in krabben (met mogelijk een behoorlijke impact) zijn minder duidelijk (H 10. 3 Vissen & vogels, onderdeel van Ecologisch functioneren). Met betrekking tot de predatie op larven spelen mogelijk het Hyperbenthos (maar zover we er zicht op hebben, is daar geen significante toename in de biomassa; H 10. 3 Vissen & vogels, onderdeel van Ecologisch functioneren) en de filtrerende schelpdieren een rol. Mogelijk dat *E. directus* dan toch een negatieve impact op de nieuwe aanwas van de kokkel heeft.

Wat de impact van filtrerende Amerikaanse zwaardschedes op het voorkomen van larven in de waterkolom is, is onduidelijk, maar experimenten tonen aan dat naast de Japanse oester ook inheemse soorten als de mossel en de kokkel larvifaag zijn en behoorlijke aantallen larven kunnen wegfilteren (Troost et al., 2008); er is geen reden om aan te nemen dat dit voor de Amerikaanse zwaardschede anders zou zijn. Al met al is onduidelijk wat de kokkels zo heeft gedecimeerd, maar het lijkt een combinatie van overbevissing, het uitblijven van succesvolle broedval, een afname van het voedselaanbod en een toename van de predatiedruk en concurrentie.



Figuur 10-6: Totale biomassa van de in de Westerschelde aanwezige kokkelbestanden in 10^6 kg versgewicht met indicatie van de in dat jaar opgeviste biomassa aan kokkels berekent op basis van de data van het Compendium voor de Leefomgeving (CBS et al., 2012).

10.2.3.5 EVALUATIE 2009

Er kan worden geconcludeerd dat er momenteel (T2009) een mosselbank op natuurlijk substraat in de Westerschelde aanwezig is op de 'Mosselplaat', waarmee dit onderdeel van de rekenparameter een positieve beoordeling krijgt.

Met betrekking tot de kokkelbestanden in de Westerschelde mogen het duidelijk zijn dat wanneer het gaat om het voedselaanbod voor hogere trofische niveaus het niet halen van de minimale hoeveelheid van 4 miljoen kg versgewicht gedurende de afgelopen 4 jaar grote gevolgen kan hebben. Er is door de grote jaarlijkse variatie geen significante trend waargenomen waarbij het gemiddeld over de periode 1992-2009 aanwezige kokkelbestand wordt berekend op $5.63 \cdot 10^6$ kg versgewicht. De gewenste biomassa versgewicht aan kokkels is gesteld op 8 miljoen kg; een waarde waar idealiter het gemiddelde voor langere periodes boven zou moeten blijven. Die 8 miljoen kilogram zou eigenlijk moeten waarborgen dat ondanks de natuurlijke fluctuaties in de kokkelbestanden de ondergrens van 4 miljoen kilogram toch jaarlijks wordt gehaald; dit vraagt dan echter om een aanpassing van het huidige kokkelvisserij beleid.

Met het reeds 4 jaar niet halen van de 4 miljoen kg aan kokkels en de ogenschijnlijke neerwaartse trend wordt de rekenparameter Filterfunctie negatief beoordeeld. De resultaten met betrekking tot dit onderdeel van de rekenparameter Filterfunctie zijn dus vooralsnog niet hoopgevend.

10.2.4 DIVERSITEIT BENTHOS

10.2.4.1 INLEIDING

De evaluatiemethodiek geeft aan dat wordt verwacht dat het ecologisch functioneren van het Schelde-estuarium niet in orde kan zijn wanneer er iets schort aan de macrobenthos diversiteit. Deze dient op basis van alle rekenparameters (Intactness, Exoten en eventueel Sleutelsoorten) in zowel de Westerschelde als de Zeeschelde + zijrivieren in orde te zijn.

10.2.4.2 GEBRUIKTE DATA

Voor de gebruikte data en methodiek wordt verwezen naar H9.6 Benthos; onderdeel van de evaluatie Flora en Fauna, waar deze rekenparameter volledig wordt uitgewerkt.

10.2.4.3 ANALYSE

Voor de gedetailleerde analyses en de resultaten wordt verwezen naar H9.6 Benthos; onderdeel van de evaluatie Flora en Fauna, waar deze rekenparameter volledig wordt uitgewerkt. Er zijn geen significante veranderingen in de Occurrence Intactness index waargenomen voor ieder van de OMES zones in zowel Nederland als Vlaanderen. Zowel het aantal exoten soorten per monster (trekkan exoten soorten) als de exoten biomassa is toegenomen in de Polyhaliene zone van de Westerschelde, en het aantal exoten soorten is tevens significant toegenomen in de Zoete zone met korte verblijftijd (Zeeschelde).

10.2.4.4 INTERPRETATIE

Voor de interpretatie en mogelijke verklaringen voor de bevindingen wordt verwezen naar H9.6 Benthos; onderdeel van de evaluatie Flora en Fauna, waar deze rekenparameter volledig wordt uitgewerkt.

10.2.4.5 EVALUATIE 2009

Vanwege de significante toenames in de trekkan op exoten soorten in de Zoete zone met korte verblijftijd en de Polyhaliene zone, de significante toename in de exoten biomassa in laatstgenoemde zone en een significante afname van de Occurrence Intactness index in de Zone met een sterke saliniteitsgradiënt, wordt deze rekenparameter hier negatief beoordeeld. Wel is het de vraag of het Schelde-estuarium niet toch prima zou kunnen functioneren ondanks de aanwezigheid en toename van exoten. Met name wanneer er geen effect wordt gevonden op de intactness en de exoten een vergelijkbare positie in het voedselweb innemen als (andere) inheemse soorten, zou het geen probleem hoeven te geven. Dit laatste is echter wel een cruciaal punt daar exoten veelal wel gebruik maken van de productie in het systeem (en daarom concurreren met andere (inheemse) soorten), maar niet altijd in dezelfde mate worden geconsumeerd door hogere trofische niveaus, en dus de doorstroom van energie naar hogere trofische niveaus wordt belemmerd. Het is veelal een kwestie van tijd vooraleer ook de exoten populaties in vergelijkbare mate worden geconsumeerd als de populaties van inheemse soorten. Dit betekent dus in feite dat er verschil is in recentelijk gevestigde en nog expanderende exoten populaties, en reeds gevestigde exoten soorten waarvan de aantallen niet meer zo hoog liggen als net na de expansie fase (Hummel & Wijnhoven, 2013). In die zin lijkt het detecteren van trends in de trekkan voor exoten soorten en de totale exoten biomassa wel indicatief om juist expanderende exoten aan te tonen. Ondanks dat er nog kan worden gediscussieerd over de referentielijsten met betrekking tot de Occurrence Intactness index (deze worden momenteel aangescherpt in een parallel lopend project; Maris et al., in prep.), en het wellicht

indicatiever is om in de toekomst de Intactness te baseren op de trefkans of abundantie van soorten, is de waargenomen afname van de OI index in de Zone met een sterke saliniteitsgradiënt, zorgelijk te noemen.

10.2.5 EVALUATIE MACROZOOBENTHOS

De toetsparameter Macrozoobenthos is opgebouwd uit een 4-tal rekenparameter die ook nog eens uit verschillende onderdelen bestaan. Enerzijds wordt met deze toetsparameter de doorstroom in het voedselweb van de primaire productie naar de hogere trofische niveaus getoetst voor de Westerschelde, wat op basis van oppervlak en volume wellicht ook het belangrijkste gedeelte van het estuarium is om de hogere trofische niveaus te voeden. Door het toetsen van de totale biomassa aan benthos voor de Zeeschelde, wordt daar ook getest of er voldoende draagkracht is voor de hogere trofische niveaus, waarbij de belangrijkste energie stroom (die via het benthos) in kaart wordt gebracht. Door specifiek de biomassa te beoordelen, en de verwachting dat schelpdieren het meeste zullen bijdragen aan de biomassa in een gezond systeem, wordt tevens de link gelegd naar de filtrerende capaciteit. Deze wordt voor de Westerschelde weer specifiek geanalyseerd door de 2 van nature meest abundante soorten van het systeem op te volgen (mosselen en kokkels). Dus naast de toetsing van de belangrijkste primaire consumenten in dit deel van het systeem waarmee de potentiële energiedoorstroom kan worden opgevolgd, wordt ook de belangrijke functie van het filtrerende vermogen in het systeem getest. Door specifiek te kiezen voor de 2 dominante inheemse tweekleppigen wordt er in feite al aangegeven dat vervanging van inheemse soorten door exoten in feite als niet van dezelfde kwaliteit wordt gezien (en initieel is dat ook zeker waar daar exoten niet direct volledig alle functies en rollen invullen; ze worden bijvoorbeeld in eerste instantie minder gegeten). Exoten worden echter ook nog eens specifiek geëvalueerd als onderdeel van de evaluatie van de diversiteit. De opkomst en eventuele dominantie door exoten kan zich reflecteren in de diversiteit van de macrobenthos gemeenschappen, maar deze kan ook gereduceerd zijn door een slechte kwaliteit van diverse omgevingsfactoren. Daarmee is dit cirkeltje rond aangezien algemeen wordt aangenomen dat bij een lage diversiteit de doorstroom van energie vanuit de primaire productie naar de hogere trofische niveaus serieus wordt bedreigd. (De tweede toetsparameter richt zich vervolgens op de doorstroom van energie van het niveau van de primaire consumenten naar de secundaire consumenten; zie H 10.3 Vogels & vissen).

Tabel 10-1: Overzicht evaluatie Macrozoobenthos tbv Ecologisch functioneren

Macrozoobenthos evaluatie	Rekenparameters								
	Macrobenthische biomassa – primaire productie (WS)			30 ton ADW aan benthos (ZS)			Diversiteit benthos		
	T2009	trend	evaluatie	T2009	trend	evaluatie	T2009	trend	evaluatie
Zeeschelde				20.5		-	(zie H 9.6)		-
Westerschelde	0.024		-				(zie H 9.6)		-
Macrozoobenthos evaluatie	Rekenparameters								
	Filterfunctie (WS)								
	T2009			trend	evaluatie				
Westerschelde (mosselbank)	1 locatie 4,5 ha				+				
Westerschelde (kokkelbestanden)	0.48 (gem. 5.63)				-				

Zoals aangegeven zijn er diverse relaties tussen de rekenparameters onderling. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het niet één rekenparameter is die slecht scoort, maar dat in feite alle rekenparameters een onvoldoende halen.

Het lijkt dat er momenteel sprake is van substantiële onderbegrazing van de primaire productie (in ieder geval in de Westerschelde), waarbij dient te worden aangetekend dat de begrazing momenteel vrijwel volledig afhankelijk is van succesvolle broedval onder de dominante schelpdieren populaties. In het recente verleden was de begrazing wel in evenwicht met de productie door florerende Gewone kokkel dan wel Amerikaanse zwaardschede populaties. Nu fluctueert deze parameter met de schelpdierbestanden. Het is wellicht aan te raden om in de toekomst bijvoorbeeld een 3-jaarlijks gemiddelde rond de evenwichtssituatie te evalueren. Een ander aspect waarom de parameter ook kritisch dient te worden bekeken is dat de potentiële energie doorstroom niet direct een lineair verband vertoont met de biomassa daar deze mede wordt bepaald door de grootte en turn-over van de organismen die de biomassa uitmaken.

In feite speelt het zelfde verhaal (substantiële onderbegrazing) ook in de Zeeschelde en de zijrivieren waar de gewenste/benodigde biomassa niet wordt gehaald. Hier kan het echter ook een eerste teken van herstel zijn en een reflectie van een verbetering van enkele waterkwaliteitsparameters (met name de zuurstof condities). Negatief bij-effect is dat toxische stoffen tijdelijk een probleem kunnen worden (ondanks dat de totaal concentraties zelf niet stijgen). Hier is echter aanvullend onderzoek nodig om inzicht te krijgen in wat de terugval van de oligochaeten populaties, en daarmee de benthos biomassa, heeft veroorzaakt en/of wat de natuurlijke successie naar schelpdier-gedomineerde gemeenschappen belemmert. Hoewel de diversiteit, nu uitgedrukt in de vorm van een Occurrence Intactness index op basis van de aan- en afwezigheid van soorten, in de meeste zones stabiel is of zelfs stijgt, neemt deze in de Zone met een sterke saliniteitsgradiënt significant af. Het is de verwachting dat de Occurrence Intactness index in de toekomst in alle zones nog wel wat zal moeten kunnen stijgen. Eigenlijk zou hiervoor in de toekomst de OI index op basis van trefkansen of abundanties moeten worden ingezet, want dan zal waarschijnlijk echt blijken dat de diversiteit nog behoorlijk laag is. Dan wordt wellicht ook een eventuele negatieve impact van exoten zichtbaar, die nu overigens reeds voor een negatieve score zorgen in bepaalde zones van zowel de Zeeschelde als de Westerschelde door toenemende soorten aantallen en biomassa's.

In de negatieve score van de filtercapaciteit (een belangrijke factor die juist een eventuele verdere vertroebeling van het systeem zou kunnen tegengaan en de voedselvoorziening zou moeten waarborgen) komen enkele negatieve tendensen in het systeem samen (achteruitgang van de laagdynamische intertidale en ondiepe subtidale gebieden, concurrentie van exoten) met exploitatie van de restanten van de populaties door de mens. Daar bovenop kunnen zelfs positieve ontwikkelingen (zoals toenames van diverse groepen op hogere trofische niveaus) een negatieve weerslag hebben omdat daarmee de predatiedruk ook toeneemt. Wanneer de kokkelpopulaties voorlopig door de mens worden ontzien, is het echter niet ondenkbaar dat een jaar met optimale condities voor een succesvolle broedval de rekenparameter Filterfunctie nog een positieve draai weten te geven (temeer daar er ook aan compensatie van de achteruitgang van de gewenste ecotopen wordt gewerkt).

10.3 VISSSEN EN VOGELS

10.3.1 ENERGIE DOORSTROOM VOEDSELWEB

10.3.1.1 INLEIDING

De toetsparameter 'Vissen en vogels' bestaat uit 1 rekenparameter; 'Energie doorstroom voedselweb' Hier wordt in feite geëvalueerd of er sprake is van een juiste balans tussen primaire consumenten en secundaire consumenten in het voedselweb van het gehele Schelde estuarium. Daarbij worden de gegevens met betrekking tot diverse diergroepen opgeschaald naar het systeemniveau en samengevoegd en opgeteld.

Daarbij wordt voor de energie doorvoer de afgeleide factor biomassa gebruikt, waarbij er vanuit wordt gegaan dat er een balans is in voedselaanbod en predatiedruk wanneer de biomassa-verhouding tussen de twee rond de 10% ligt (zie o.a. Pauly & Christensen, 1995). Problematisch is echter dat enerzijds niet alle soorten generalisten zijn (en foerageren op alle voedselgroepen), maar het anderzijds ook niet eenvoudig is om soorten in te delen in trofische groep (omdat diverse soorten schakelmogelijkheden hebben en facultatief kunnen voeden op bepaalde groepen), en dat aspecten als predatie binnen de groep der secundaire consumenten (of zelfs canibalisme) de verhouding enigszins kunnen vertroebelen. Ook is biomassa een afgeleide van de energiedoorstroom, maar komen aspecten als warmte productie en actieve mobiliteit hier niet in terug, en zal de grootte en de turn-over van de desbetreffende organismen een rol spelen. Het is dus zaak om een behoorlijke bandbreedte in de verhouding aan te houden waarbinnen er nog sprake is van enige balans. De methodiek geeft aan dat een biomassa-verhouding tussen de 1 en de 20% acceptabel is, en dat een waarde onder de 1% duidt op onderbegrazing en een waarde boven de 20% op overbegrazing. Verder mag de verhouding voor een goede beoordeling niet afnemen. Cruciaal bij de evaluatie van deze parameter is echter dat dezelfde groepen in de berekeningen voor de te evalueren jaren worden meegenomen. De methodiek geeft aan dat de groep der primaire consumenten bestaat uit het benthos, het hyperbenthos en het zooplankton, en dat de groep der secundaire consumenten bestaat uit de benthivore en zooplanktivore vissen, de benthivore en omnivore vogels en de krabben. Er zullen voor het samenstellen van de totale biomassa per consumenten groep diverse keuzes dienen te worden gemaakt (die eventueel ook anders hadden kunnen worden gemaakt) en her en der zullen data ontbreken; dat is echter geen probleem zolang dit maar consequent wordt toegepast.

10.3.1.2 GEBRUIKTE DATA

Vooruitlopend op de databeschikbaarheid per diergroep waarvoor biomassa's dienen te worden berekend, kunnen we hier al aangeven dat die sterk varieert van aanwezige tijdreeksen vanaf de jaren 70 tot op heden (bv voor de Vogels; H 9.3 Niet-broedvogels), tot groepen waarvoor we slechts data hebben van enkele jaren (bv voor het Benthos van de Zeeschelde + zijrivieren; H9.6 Benthos) of groepen waarvoor informatie zelfs in zijn geheel ontbreekt, en we aangewezen zijn op literatuur (bv Zooplankton in de Westerschelde uit de jaren 90). De databeschikbaarheid overziende hebben we er voor gekozen om deze rekenparameter voor ieder jaar gedurende de periode 1992–2009 te berekenen, waarbij we dan voor diverse groepen de biomassa voor bepaalde jaren zullen moeten schatten. Indien de biomassa niet te berekenen was, hebben we er voor gekozen om voor dat jaar en die groep het gemiddelde van het voorafgaande en het opvolgende jaar te nemen, dan wel bij het ontbreken van oudere data de waarde van het eerste bekende jaar aan te houden. Verder dient er ook een keuze gemaakt te worden in hoe de biomassa wordt uitgedrukt. Deze is namelijk voor de verschillende groepen hetzij als drooggewicht (DW) of asvrijdrooggewicht (ADW) of als natgewicht (WW) in de datasets aangeleverd, of in verschillende hoofdstukken in die eenheden vanuit aanwezige aantallen berekend. We hebben er hier voor gekozen om overal het gewicht indien nodig om te rekenen naar natgewicht.

De totale biomassa aan benthos voor de Zeeschelde + zijrivieren is reeds berekend als rekenparameter in dit hoofdstuk (Ecologisch functioneren), gebruik makende van Benthos en Oligochaeten data en berekening van de totale biomassa via gemiddelde waarden per OMES zone en fysiotoop, naar oppervlakte ratio gebruikmakende van de ecotopenkaarten (zie H 10.2.2 30 ton ADW aan benthos en Digitale Bijlagen 9.6.1 Benthos). Totale biomassa's zijn bepaald voor de jaren 1999, 2002, 2005, 2008 en 2009; de overige jaren zijn op de eerder omschreven standaard wijze ingevuld. Het asvrijdrooggewicht is daarbij via een voor benthos gemiddelde conversiefactor ($ADW/WW = 0.116$, naar Escaravage et al., 2011) omgerekend in natgewicht (Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

De gemiddelde biomassa aan macrobenthos is met betrekking tot de Westerschelde reeds als Verklarende parameter onder Flora en fauna (H 9.6 Benthos) berekend per OMES zone, waarbij eerst gemiddelden zijn berekend per jaar en per ecotoop, die vervolgens naar oppervlakte ratio van de ecotopen (gebruikmakende van de voor het berekende jaar meest relevante ecotopenkaart) zijn uitgemiddeld naar de volledige zone (zie Digitale Bijlagen 9.6.1 Benthos). Deze data kunnen naar oppervlakte ratio van de OMES zones worden opgeschaald naar de totale biomassa voor de Westerschelde (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels). Ook hier is het ADW via een standaardconversie (zelfde factor als voor de Zeeschelde + zijrivieren) omgerekend naar WW. De biomassa is te berekenen voor alle jaren behorende tot de periode 1992–2009. Met betrekking tot de totale biomassa aan hyperbenthos voor de Zeeschelde + zijrivieren zijn geen data aangeleverd, hoewel er naar verluid waarnemingen van aas- en steurgarnalen in de fuikvangsten worden bijgehouden. Aangezien de omrekening van garnaalvangsten in fuiken sowieso moeizaam zal zijn (momenteel wordt ook de ankerkuil ingezet voor monitoring zodat voor de toekomst beter te kwantificeren gegevens aanwezig zullen zijn) en de biomassa verhouding gezien de meer dan factor 10 verschil in volume ten opzichte van de Westerschelde, verwaarloosbaar zal zijn, wordt de totale hyperbenthos biomassa van de Zeeschelde + zijrivieren hier buiten beschouwing gelaten (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

Ook met betrekking tot de Westerschelde is er geen compleet overzicht van het hyperbenthos, maar wordt wel de dominante soort; *Crangon crangon* (de Grijsje garnaal) met de garnalenkor (Demersal fish survey) gemonitord waardoor de aantallen per hectare per millimeter lengteklasse bekend zijn. Wederom worden de data naar het totale oppervlak van de Westerschelde (aan de hand van ecotopenkaarten waarbij het sublitoraal en de helft van het litoraal als effectief habitat is genomen) opgeschaald. De aantallen zijn via een soortspecifieke lengte-gewicht regressie omgerekend naar asvrijdrooggewicht en vervolgens via een soortspecifieke conversiefactor omgerekend naar natgewicht (beschikbaar vanuit NIOZ-data, gerapporteerd in Escaravage et al., 2011). Data zijn beschikbaar voor de gehele periode 1992-2009 (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

De ontwikkeling in zoöplankton biomassa per zone in de Zeeschelde + zijrivieren is reeds berekend als verklarende parameter in H 9.8 Zoöplankton. Daarbij is de gemiddelde biomassa per kubieke meter in drooggewicht reeds berekend en beschikbaar voor de jaren 1995-2009 (enkel voor de Rupel en de Durme zijn de data voor 1995-2000 overgenomen van het jaar 2001 en voor 2007-2008 geïnterpoleerd vanuit de jaren 2006 en 2009) en de jaren voor 1995 zijn ingevuld met de waarden van 1995. Wederom zijn de drooggewichten omgerekend in natgewichten gebruikmakende van de best aansluitende conversiefactor uit Escaravage et al. (2010). Opschaling dient te geschieden aan de hand van volume eenheden per zone. Vanwege het ontbreken van dergelijke volume berekeningen vanuit de huidige methodiek hebben we bruikbare getallen uit de literatuur betrokken en hebben we de door Hellings et al. (2001) gegeven waarden voor alle jaren gebruikt waarbij we voor de zoete zones en zijrivieren enige aannames hebben moeten doen (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

De zoöplankton monitoring in de Westerschelde is pas recentelijk opgestart (data zullen bij volgende evaluaties dus wel beschikbaar zijn), waardoor we hier afhankelijk zijn van literatuurgegevens. Escaravage & Soetaert (1995) geven de gemiddelde biomassa aan *Eurytemora affinis* en *Acartia tonsa* (de 2 dominante soorten in de Westerschelde) die we hier voor alle jaren hebben overgenomen en hebben omgerekend naar de biomassa voor de gehele Westerschelde via het volume gegeven door Hellings et al. (2001) (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

Vanuit de groep der vissen dienen enkel de benthivoren en de zoöplanktivoren meegewogen te worden. De methodiek geeft reeds een indeling van de soorten in voedingswijzes, echter deze verschillen voor juvenielen en adulten en soorten kunnen foerageren op meerdere voedselgroepen. We hebben dit opgelost

door het aanwezige gewicht per soort te delen door het aantal voedingswijzes, en enkel de benthivore en zoöplanktivore fracties mee te tellen (we zijn voor de Zeeschelde tevens uitgegaan van een vergelijkbare aanwezigheid van juveniele biomassa ten opzichte van adulte biomassa per soort (voor gedetailleerde beschrijving, indeling en omrekening zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels). De aangeleverde data bevatten totale biomassa per soort in versgewicht per fuikdag. Het omrekenen van fuikdagvangsten naar biomassa dichtheden is een lastige exercitie waarover naar ons weten weinig tot niets is gepubliceerd. Uiteraard is dit een gevolg van de soortafhankelijk vangst-afstand van fuiken en de heersende abiotische omstandigheden. We hebben hier besloten te werken met een default waarde van 25 ha als gemiddelde trap-range voor 1 fuikdag. Dat betekent dat gemiddeld de vissen in een gebied van 500 bij 500 meter worden gevangen met een fuik die 1 dag is uitgezet. Het feit dat daarmee de berekende biomassa dichtheid in 2009 in de zelfde orde van grootte ligt als in de Westerschelde (zie Digitale Bijlagen 10.3.2 Vissen en vogels) ondersteunt de bruikbaarheid van de waarde. Er zijn data beschikbaar voor de jaren 2003-2006 en 2008 en 2009. De berekende biomassa's per hectare worden opgeschaald naar systeemniveau aan de hand van het beschikbare sublitorale en de helft van het litorale oppervlak per zone (gebruikmakende van de ecotopenkaarten (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels).

De methodiek met betrekking tot de vissen biomassa van de Westerschelde volgt de hierboven beschreven methodiek voor de Zeeschelde + zijrivieren. De gegevens voor de Westerschelde zijn afkomstig uit de Demersal Fish Survey data (methodiek garnalenkor) en zijn aangeleverd in biomassa per soort per lengte (cm) klasse per hectare. Zodoende kon naast onderscheid in voedingswijzes ook onderscheid worden gemaakt tussen juvenielen en adulten op basis van de lengte zoals geëxtraheerd uit de Fishbase-database (www.fishbase.org) waarbij de meest representatieve gegevens zijn gebruikt (data bij voorkeur afkomstig uit estuaria in Nederland of België, anders andere wateren in West-Europa). Zie details berekeningen in Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels. Ook hier weer verdere doorrekening naar het systeem (Westerschelde) niveau aan de hand van de ecotopenkaarten en het beschikbare subtidale en de helft van het intertidale oppervlak per zone.

Voor de vogels werd conform de methodiek voor de vissen onderscheid gemaakt in de voedingswijzes waarbij deze reeds zijn verwerkt in een tabel in de methodiek. De vogeldata zijn als gemiddelde aantallen voor het gehele Schelde-estuarium aangeleverd vanuit H 9.3 Niet-broedvogels (Flora en fauna). Aantallen dienden te worden omgerekend naar biomassa (aan de hand van het gemiddelde gewicht voor volwassen exemplaren per soort) waarvoor diverse vogel- en natuur-websites zijn gebruikt (zie Digitale Bijlagen 10.3.1 Vissen en vogels voor een overzicht). In een laat stadium van de T2009 bleek dat er vogeldata van enkele soorten ontbraken. Zodoende zijn hier de aantallen/biomassa's van de Tafeleend, de Kuifeend, de Krombekstrandloper, de Kempmaan en de Watersnip nog niet in de berekeningen meegenomen. De verwachting is echter dat dit zeer weinig invloed op de berekende vogel biomassa zal hebben (gezien de verwachte lage aantallen danwel het lage soortelijke gewicht); en nog minder invloed op de uitkomst van deze rekenparameter (zie Digitale Bijlagen 10.3.2 Vissen en vogels). Voor alle te evalueren jaren met uitzondering van 2009 waren vogelgegevens voor het gehele systeem beschikbaar; voor 2009 is het totaal van 2008 overgenomen.

De laatste mee te wegen groep is de groep der krabben. Hoewel een klein aantal soorten voor de Zeeschelde en de zijrivieren wordt genoemd in de niet-kwantitatieve bemonstering van de VMM, kwamen er geen krabben voor in de INBO bemonstering. Uiteraard is een monitoring met steekbuizen ook niet ideaal voor de opvolging van krabbenpopulaties. Naar verwachting is er één soort die een substantiële biomassa in de bovenstroomse delen kan vertegenwoordigen; namelijk de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*). Echter in verhouding tot de Westerschelde (rekening houdende met het 10x zo grote oppervlak) is de verwachting dat het missen van de krabben in de Zeeschelde + zijrivieren minimale invloed zal hebben op de einduitkomst. In de Westerschelde worden 5 soorten krabben frequent in de

monitoringsmonsters aangetroffen; *Carcinus maenas*, *Liocarcinus arcuatus*, *Macropodia parva*, *Pisidia longicornis* en *Portumnus latipes*. De biomassa voor deze soorten is conform die voor het overige macrobenthos doorberekend naar de gehele Westerschelde (zie Digitale Bijlagen 10.3.2 Vissen en vogels). Ook hier dient te worden opgemerkt dat een bemonstering met boxcorer en steekbuizen niet ideaal is om zicht te krijgen op de populaties. Doorrekening van dergelijke monitoringresultaten kan resulteren in behoorlijke fluctuaties in de berekende totale biomassa die niet noodzakelijkerwijs ook aanwezig hoeft te zijn.

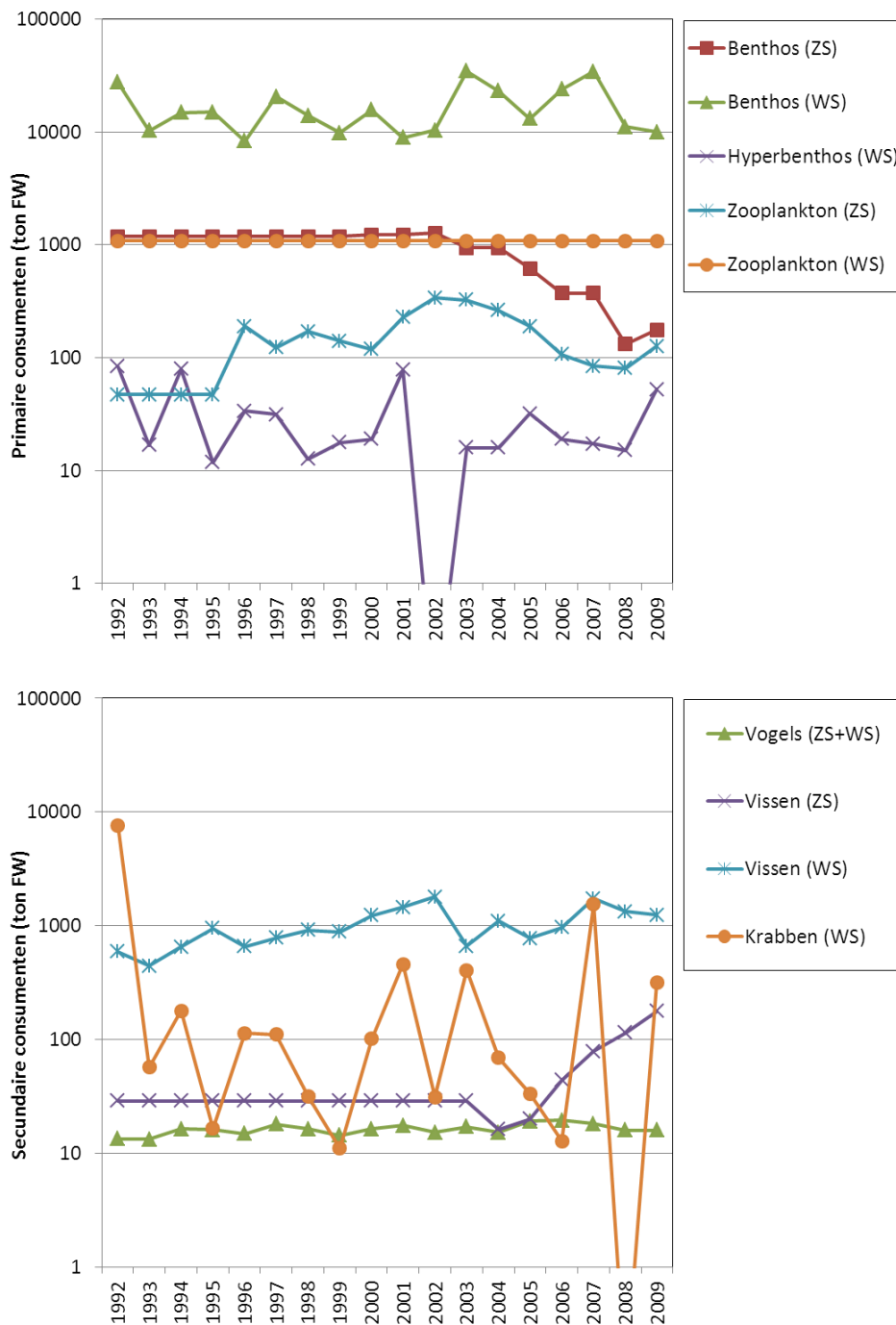
10.3.1.3 ANALYSE

De resultaten laten zien dat de beschikbare totale biomassa grotendeels wordt bepaald door de aanwezige benthos biomassa in de Westerschelde. Zelfs in het verleden toen de biomassa dichtheid in de Zeeschelde hoog was, lag deze nog altijd meer dan een factor 10 hoger in de Westerschelde dan in de Zeeschelde. De benthos biomassa in de Westerschelde laat grote jaar tot jaar fluctuaties zien, die veelal een patroon vertonen van 2 jaar toenemend gevolgd door 2 jaar afnemend, etcetera (Figuur 10-7). In de Zeeschelde is de laatste jaren de biomassa volledig weggezakt (zie tevens H 9.6 Benthos). Daarmee komt de ingeschatte totale biomassa uit onder die van het zoöplankton in de Westerschelde.

Met betrekking tot de ontwikkelingen in het zoöplankton in de Westerschelde is echter niets bekend en geeft de grafiek enkel de orde van grootte weer, die overigens naar alle waarschijnlijkheid een onderschatting is, gezien het feit dat deze enkel is gebaseerd op de 2 in biomassa dominante soorten, maar er diverse andere soorten aanwezig zijn die door hun aantallen ook behoorlijk kunnen doorwegen. Voor zoöplankton wel weer het zelfde beeld met grofweg een factor 10 lagere totale biomassa in de Zeeschelde dan in de Westerschelde. Er is overigens wel een serieuze evolutie in het zoöplankton van de Zeeschelde zichtbaar zodat de verschillen tussen bijvoorbeeld begin jaren 90 en het begin van deze eeuw, ook wel een factor 10 uit elkaar lopen.

Het hyperbenthos van de Westerschelde, hier ook wel weer onderschat vanwege het slechts meewegen van 1 enkele soort, speelt in het geheel nauwelijks een rol, en er wordt verwacht dat het ontbreken van hyperbenthos data voor de Zeeschelde nauwelijks effect zal hebben op het eindresultaat; ook daarvoor kan wellicht een factor 10 verschil met de Zeeschelde in acht worden genomen.

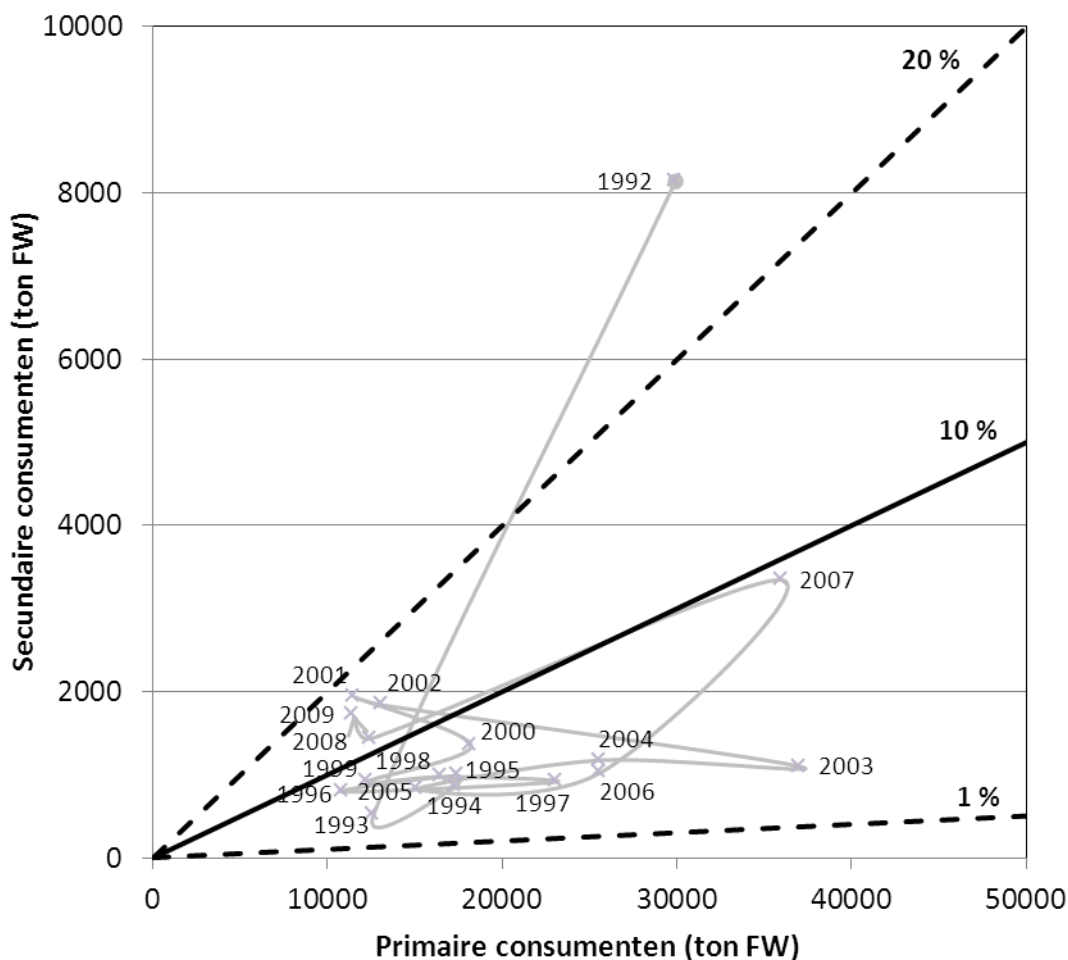
Met betrekking tot de secundaire consumenten kan worden gesignaleerd dat deze voornamelijk wordt bepaald door de vissen en dan met name die van de Westerschelde. De benthivore en zoöplanktivore vissen vertonen daar een gestage toename gedurende de laatste 20 jaar. Voor de Zeeschelde weten we weinig over de historische situatie (jaren 90), maar de vissenpopulaties (in ieder geval het benthivore en zoöplanktivore aandeel) zijn daar wel duidelijk aan het uitbreiden. Wel is het moeilijk in te schatten wat het huidige niveau van de biomassa dichtheid is in de Zeeschelde ten opzichte van de Westerschelde.



Figuur 10-7: Overzicht van de door de jaren heen gemeten, berekende en geïnterpoleerde biomassa aan a) primaire – en b) secundaire consumenten in de Zeeschelde + zijrivieren (ZS) en de Westerschelde (WS) waarbij het aandeel van de groepen (grafieken met logaritmische schaal op Y-as) in het eindresultaat in perspectief kan worden gezien.

Naast de vissen spelen de krabben wellicht een aanzienlijke rol in de biomassa van de secundaire consumenten in het systeem. Door de gebruikte monitoringsmethodiek vertonen de krabben populaties enorme fluctuaties die in sommige jaren boven de vissenbiomassa uit komen. Die pieken, evenals de dalen, zijn misschien niet reëel, waardoor er vooral naar het gemiddelde niveau of de trend dient te worden gekeken. Dan blijkt de krabben biomassa redelijk constant en op een niveau van meer dan een

factor 10 lager dan de vissenbiomassa in de Westerschelde te blijven. De benthivore en omnivore vogels vertegenwoordigen slechts een fractie van de totale biomassa aan secundaire consumenten in het Schelde-estuarium.

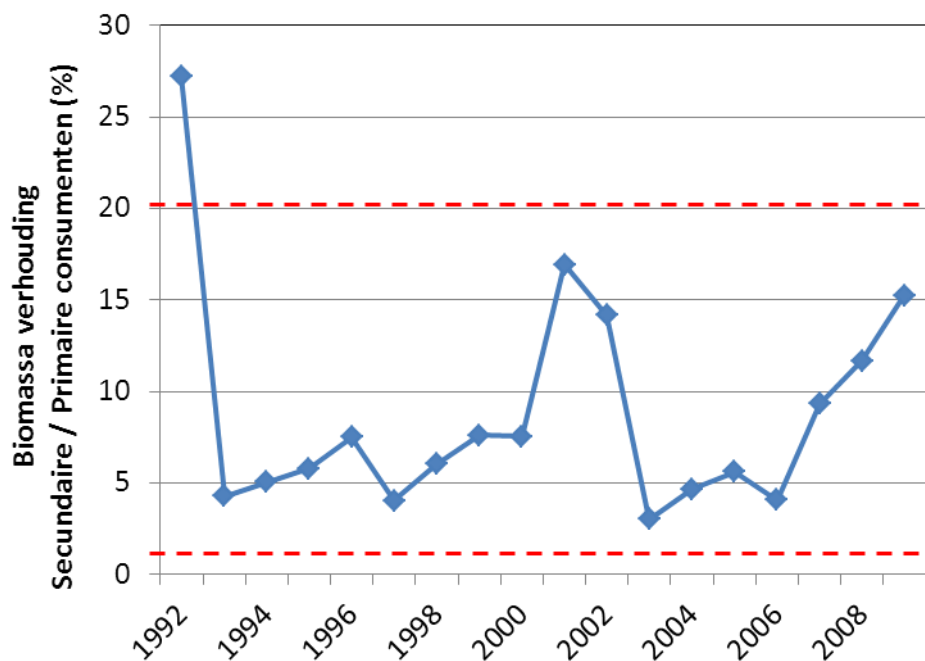


Figuur 10-8: De biomassa verhouding Secundaire consumenten (zijnde de benthivore en omnivore vogel fractie, de benthivore en zoöplanktivore vissen fractie en de krabben) ten opzichte van de Primaire consumenten (zijnde het macrobenthos, het hyperbenthos en het zoöplankton) voor het gehele Schelde-estuarium. Idealiter verhouden de secundaire consumenten zich tot de primaire consumenten als 1:10 (10 % energie doorstrom). Onder de 1% is er mogelijk sprake van ernstige onderpredatie, boven de 20 % mogelijk ernstige overpredatie.

De berekende biomassa's voor de twee niveaus in het voedselweb leiden tot een verhouding die gedurende de jaren 90 consequent onder de 10 % lijkt te liggen, met uitzondering van het jaar 1992 dat ver boven de 20 % uit schiet. Daarmee is 1992 het enige jaar met volgens de berekeningen substantiële overbegrazing. De jaren 90 neigen dus naar enige onderbegrazing, maar deze bevindt zich binnen de marges, die gezien de onzekerheden in de basis gegevens zeker dient te worden aangehouden. Het jaar 2007 wordt gekenmerkt door een hoge biomassa aan primaire consumenten, maar ook de secundaire consumenten biomassa van dat jaar blijkt hoog te zijn, wat leidt tot een positionering rond de 10 % lijn. Daarna (2008 en 2009) wanneer de primaire consumenten biomassa weer behoorlijk lager is, is ook de secundaire consumenten biomassa weer wat lager, maar neigt de ontwikkeling naar een lichte overbegrazing (wel weer ruim binnen de gestelde marges). We dienen hier echter op te merken dat er enige onzekerheden zijn met betrekking tot de aanwezige bestanden van de Amerikaanse zwaardschede,

die in 2008 en 2009 volgens de data een terugval in de biomassa laten zien. Vanaf 2008 is er ook overgegaan op een andere bemonsteringsstrategie binnen MWTL wat er voor heeft gezorgd dat het aantal genomen subtidale monsters per jaar sterk is afgenomen waardoor de mogelijkheid van het missen van de *E. directus* banken is toegenomen. In dat geval zou er werkelijk sprake kunnen zijn van overbegrazing in 2008 en 2009. We verwachten echter dat het mogelijk toch om een werkelijke teruggang in de populaties gaat omdat een vergelijkbaar patroon van fluctuaties is waargenomen in de voordelta (De Mesel et al., 2011; NIOZ – Monitor Taakgroep, eigen data).

Voor een positieve beoordeling mag de parameter niet afnemen. Voor de gehele periode met databeschikbaarheid (1992-2009) worden er geen significante trends waargenomen, maar het is duidelijk in Figuur 10-9 te zien dat er reeds enkele jaren sprake van een toename is.



Figuur 10-9: De biomassa verhouding Secundaire consumenten ten opzichte van de Primaire consumenten in procenten voor het gehele Schelde-estuarium. Idealiter verhouden de secundaire consumenten zich tot de primaire consumenten als 1:10 (10 % energie doorstroom). Onder de 1% is er mogelijk sprake van ernstige onderpredatie, boven de 20 % mogelijk ernstige overpredatie.

10.3.1.4 INTERPRETATIE

De verhouding tussen de primaire en secundaire consumenten lijkt een waardevolle parameter, ondanks dat het resultaat afhankelijk is van een goede databeschikbaarheid. Ondanks dat de datavoorziening op sommige punten iets zou kunnen verbeteren (en daar wordt ook aan gewerkt in het huidige monitoring programma) zijn op dit moment de grote lijnen in de ontwikkelingen reeds zeer indicatief. Daarbij dient te worden bedacht dat de verhouding ook indien die behoorlijk in evenwicht is niet altijd op de 10 % uit zal komen, omdat het niet onwaarschijnlijk is dat de secundaire consumenten het niveau van de primaire consumenten zullen volgen (echter met enige vertraging) en dat een toename van het secundaire niveau weer kan leiden tot een afname van het primaire niveau, etcetera.

Het is opvallend dat veelal een factor 10 verschil in de totale biomassa van de Westerschelde en de Zeeschelde naar boven komt, wat ook weer niet zo verrassend is gezien het feit dat er ook sprake is van

een factor 10 verschil in oppervlakte van de systemen. Daardoor wordt deze parameter primair met name bepaald door de ontwikkelingen in de biomassa in de Westerschelde, maar het moge duidelijk zijn dat veranderingen in de Zeeschelde wel een groot effect kunnen hebben op de biomassa's in de Westerschelde; denk aan de nutriënten input en recyclage en de primaire productie. De huidige verhouding (of die van de afgelopen kleine 20 jaar) wordt vrijwel geheel bepaald door de benthivore en zoöplanktivore vissen biomassa ten opzichte van de benthos biomassa en dan met name in de Westerschelde. Dit kan betekenen dat voor een vervolg van de toenemende trend in de benthivore en zoöplanktivore vissen het cruciaal zou kunnen zijn dat er de komende jaren weer sprake zal zijn van succesvolle broedval; want de benthos biomassa wordt over het algemeen volledig bepaald door enkele dominante schelpdieren. Jaren met hoge biomassa aan primaire consumenten zijn dan ook terug te voeren op pieken in soorten als *Ensis directus* (2007) en *Crassostrea gigas* (2003). Een behoorlijke onzekerheid is wel de rol van de krabben in het geheel. De uitschieter naar de overbegrazing wordt volledig veroorzaakt door een zeer hoge berekende krabben biomassa voor dat jaar, waarbij het de vraag is of de vangstresultaten de werkelijke dichtheden reflecteren.

Mogelijk dat met betrekking tot de krabben maar ook het hyperbenthos een aantal aanvullende schaaftrekken (benthische slede monsters) in het monitoringsprogramma kunnen worden overwogen. Verder is een goede inschatting van de aanwezige zoöplankton biomassa in de toekomst ook noodzakelijk omdat wanneer die bijvoorbeeld een factor 10 hoger blijkt te liggen en behoorlijk fluctueert, het beeld toch anders kan worden. Vooralsnog lijkt er in ieder geval sprake van een balans in de biomassa's en kan worden geconcludeerd dat het nog goed zit met de energiedoorstroom. Zo lijkt de overvloed aan biomassa ten gevolge van massale Amerikaanse zwaardschede broedval en succesvolle vestiging wel ten goede te komen aan met name de vissen (waar daar wellicht toch twijfel over zou kunnen bestaan daar het om een exoot gaat). Problemen met de waterkwaliteit in het verleden (de jaren 90) lijken daar, ondanks waarneembare effecten op de primaire consumenten als het zoöplankton, vooral effecten te hebben gehad op de secundaire consumenten.

De bovenstroomse gebieden lijken in deze ook cruciaal te zijn voor met name de visstand in de Westerschelde. Wel is het de vraag wat het zegt wanneer waarden binnen een dergelijk grote bandbreedte van 1 tot 20% vallen. Het is wellicht zinvoller om in de toekomst verschillen tussen 6-jarige periodes te evalueren en dan met name de ontwikkelingen ten opzichte van de periode 2004-2009 (T2009) en met name te focussen op trends en of eventuele ontwikkelingen inderdaad in de richting van een evenwichtige verdeling (ongeveer 10%) gaan. In Figuur 10-9 is te zien dat er sinds 2003 sprake is van een toename van de verhouding Secundaire/Primaire consumenten. Dit betekent dat er zeker geen sprake is van een afname waarmee de laatste jaren (T2009) positief wordt beoordeeld.

10.3.1.5 EVALUATIE 2009

Er kan worden geconcludeerd dat de energiedoorstroom doorheen het voedselweb op basis van de biomassa verhouding tussen primaire en secundaire consumenten in balans is. Over de gehele geëvalueerde periode van 1992 tot en met 2009 wordt geen significante ontwikkeling gevonden (Tabel 10-2), en bevinden alle jaren zich binnen de bandbreedte van tussen de 1 tot 20 % biomassa doorstroom, met uitzondering van het jaar 1992 wat wellicht eerder een artefact is ten gevolge van de monitoringstrategie.

Vanaf 2003 is er wel een significante toename in de biomassa verhouding waar te nemen, die het resultaat is een fluctuerende biomassa van met name het benthos in de Westerschelde rond een gemiddelde waarde, maar een toename in de benthivore en zoöplanktivore vis biomassa. Wanneer deze trend zich voortzet en succesvolle broedval van één van de dominante schelpdiersoorten (momenteel de Kokkel en de Amerikaanse zwaardschede) uit blijft kan er uiteindelijk sprake zijn van overbegrazing. Het is echter

aannemelijker dat dan de stijging in de benthivore en zoöplanktivore vissenbiomassa zal stagneren en de populaties weer zullen afnemen.

10.3.2 EVALUATIE VISSSEN EN VOGELS

De evaluatie van Vogels en vissen bestaat enkel uit de evaluatie van de rekenparameter 'Energiedoorstroom voedselweb'. De evaluatie T2009 van deze rekenparameter wordt hier dan ook weer aangehaald; H10.3.1.5.

Tabel 10-2: Overzicht evaluatie Vissen en vogels tbv Ecologisch Functioneren

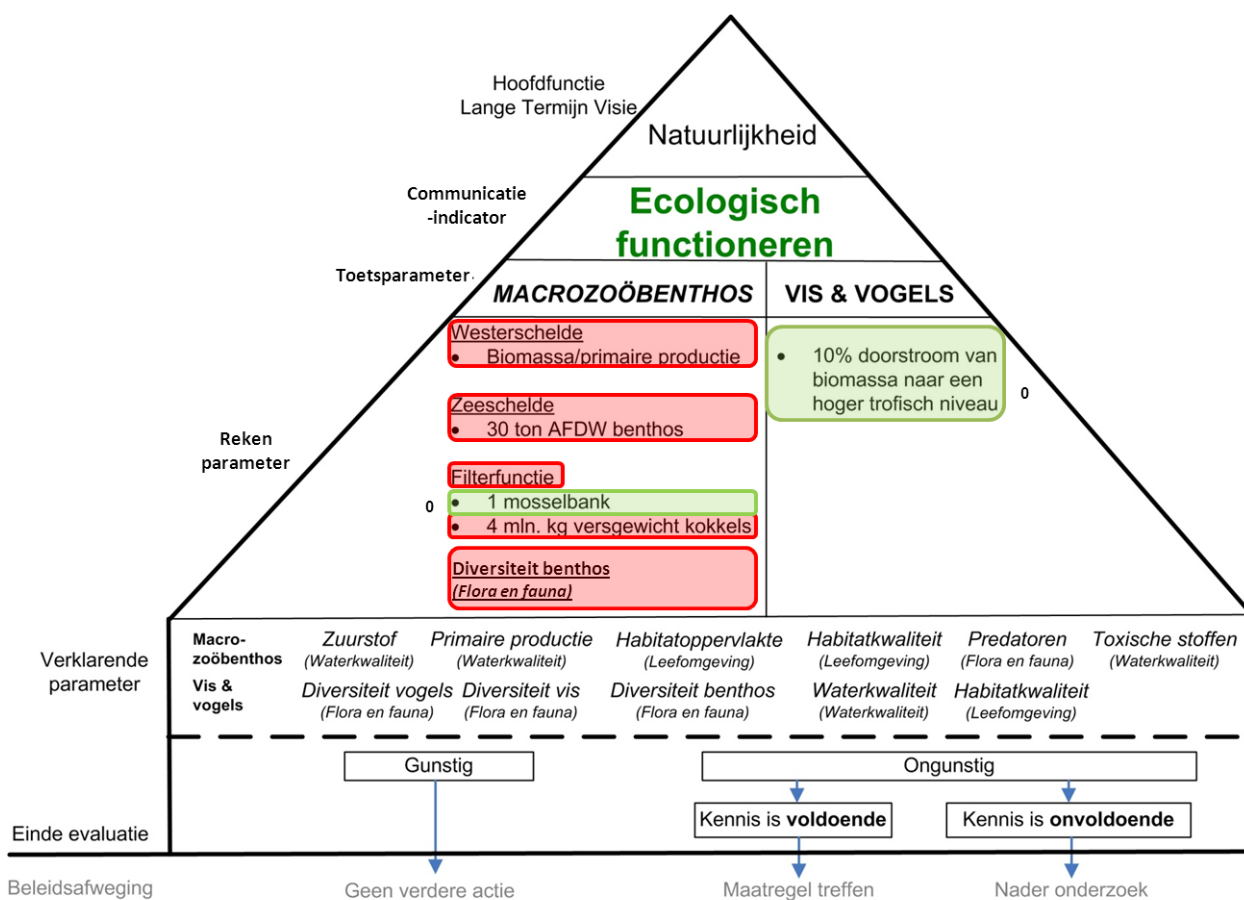
Vissen en vogels evaluatie	Rekenparameters		
	Energiedoorstroom voedselweb		
	T2009	trend	evaluatie
Schelde-estuarium	15.3 %		+

10.4 EVALUATIE T2009 ECOLOGISCH FUNCTIONEREN

De T2009 evaluatie laat zien dat er sprake is van een behoorlijke onderbegrazing van de primaire productie door het macrobenthos in de Westerschelde in 2009. Dit levert een negatieve beoordeling op wat betreft de rekenparameter 'Macrobenthische biomassa – Primaire productie'. Er dient echter wel te worden opgemerkt dat de parameter behoorlijke variatie vertoont van jaar tot jaar die voornamelijk samenhangt met succesvolle broedval en vestiging van één van de dominante tweekleppigen (nu vooral de Amerikaanse zwaardschede en/of de Kokkel) in voorgaande jaren. In 2006 en 2007 (jaren met hoge benthische biomassa) was de verhouding dan ook wel in balans en het is de verwachting wanneer er in de nabije toekomst weer massale broedval plaats vindt, dit 1 á 2 jaar later weer voor een balans situatie zal zorgen. Men zou kunnen stellen dat er een overmaat aan primaire productie door het systeem wordt gevoerd die enkel in jaren met hoge benthische biomassa optimaal wordt benut.

In de Zeeschelde en de zijrivieren is er sprake van een recentelijk inzakken van de benthos productie tot ver onder de gevraagde 30 ton asvrijdrooggewicht. Daar waar zo'n 10 jaar geleden massaal zeer hoge dichtheden (en dus ook biomassa) aan Oligochaeten konden worden aangetroffen, met name in de Oligohaliene zone en de Rupel, zijn die dichtheden dramatisch afgenomen terwijl er nauwelijks andere soorten voor in de plaats zijn gekomen. Dit levert een negatieve beoordeling wat betreft deze rekenparameter '30 ton ADW benthos' op. Te meer daar in 2009 ook de gevraagde 2 ton ADW per zone niet is gehaald in de Zoete zone met lange verblijftijd, de Rupel en de Durme. Het is niet eenvoudig om hier een verklaring voor te vinden gezien de recentelijke verbeteringen in de waterkwaliteit in dit gedeelte van het estuarium. Mogelijk dat de nutriënten input is afgenomen, maar het lijkt er niet op dat die nu limiterend is. Mogelijk dat verhoogde zuurstofconcentraties en een afgenomen organische input er voor zorgen dat reeds geruime tijd in het sediment aanwezige verontreinigingen nu biologisch beschikbaar zijn en dat de ontwikkelingen het resultaat zijn van toxische effecten. Het is opvallend dat zoöplankton en vissen (de pelagische voedselketen) daar nauwelijks last van lijkt te hebben, maar de op het benthos foeragerende vogels uiteraard wel (die zijn vertrokken vanwege afgenomen voedselbeschikbaarheid). Ook kan toegenomen predatiedruk door bijvoorbeeld vissen, of een verschuiving van het benthische naar het pelagische voedselweb waarbij hyperbenthos de rol van dominante primaire consument kan hebben overgenomen van de oligochaeten, een rol spelen. Er is in ieder geval aanvullend onderzoek nodig om inzicht te krijgen in wat er rond deze drastische verschuivingen in de benthische gemeenschappen heeft afgespeeld.

In de Westerschelde zijn van oorsprong de Kokkel en de Mossel de belangrijkste filtrerende tweekleppigen die voor een goed draaiende filterfunctie zorgen, maar uiteraard ook belangrijk zullen zijn in de voedselvoorziening. De gevraagde mosselbank op natuurlijk substraat blijkt inderdaad al minimaal enkele jaren aanwezig te zijn en de 4,5 hectare lijkt groot genoeg om te mogen aannemen dat de bank normaliter ook nog wel enige tijd aanwezig zal blijven. Dit gedeelte van de 'Filterfunctie' wordt dus positief beoordeeld. De gevraagde 4 miljoen kilogram versgewicht aan kokkels is echter in 2009 al 4 jaar niet meer aanwezig en bereikt in 2009 het laagste niveau sinds een kleine 20 jaar. De kokkelpopulaties zijn sterk afhankelijk van een jaar met succesvolle broedval, hetgeen reeds enige jaren is uitgebleven en er op kan duiden dat de kwaliteit en beschikbaarheid van met name de laagdynamische intertidale habitats achteruit is gegaan. Ook kan de bevissingsdruk in het verleden net te veel zijn geweest en moet een effect van massaal aanwezig Amerikaanse zwaardschede populaties, die mogelijk aanwezige Kokkel larven wegfiltreren, niet worden uitgesloten. Daarmee krijgt de rekenparameter 'Filterfunctie' een negatieve beoordeling voor de T2009.



Cursief = parameter is gekoppeld aan een andere communicatie-indicator

Figuur 10-9: Overzicht beoordeling van de piramide Ecologisch functioneren. Per rekenparameter is aangegeven of deze positief (groen) danwel negatief (rood) is beoordeeld voor de T2009. Eventueel aanwezige trends voor de geëvalueerde periode zijn aangeduid met '+', significant toenemende trend, '- significant afnemende trend en '0' geen significante trend aanwezig.

De diversiteit van het benthos is geëvalueerd onder de Communicatie Indicator 'Flora en fauna' en krijgt daar een negatieve beoordeling omdat in de Polyhaliene zone en de Zoete zone met korte verblijftijd de exoten soorten dichtheid (het aantal exoten soorten per monster) significant toe neemt, en ook de exoten biomassa in de Polyhaliene zone toeneemt. Dergelijke ontwikkelingen kunnen enerzijds hun weerslag hebben op de diversiteit van de gemeenschappen en ten kosten gaan van inheemse soorten in het

bijzonder. Ook is het mogelijk dat met een sterke opkomst van exoten de energie doorstroom in het voedselweb wordt belemmerd. Daar komt bij dat een toename van de exoten biomassa over het algemeen duidt op een systeem dat onderhevig is aan onnatuurlijke verstoringen. Verder scoort ook de Occurrence Intactness index negatief (significante afname) in de Zone met een sterke saliniteitsgradiënt, wat betekent dat de inheemse soortenrijkdom in die zone achteruit gaat. Verklaringen dienen te worden gezocht in frequenter optredende onnatuurlijke verschuivingen en variaties in zoutgehalte, debiet, dynamiek en gehalte zwevende stof.

De beoordeling van 'Vissen en vogels' wat in de vorm van de biomassa verhouding tussen de primaire en de secundaire consumenten in het systeem de energie doorvoer in het voedselweb in kaart brengt, valt positief uit. Over de afgelopen kleine 20 jaar is er geen sprake van een significante trend, hoewel er sinds 2003 een significante toename van de biomassa verhouding wordt gedetecteerd, waarbij de waarden altijd binnen de 1 tot 20 % marges vallen. Daar waar we hebben gezien dat de doorvoer van de primaire productie naar de primaire consumenten (voornamelijk vertegenwoordigd door het benthos van de Westerschelde) niet optimaal is, is de doorstroom naar de secundaire consumenten (de vissen van de Westerschelde in het bijzonder) wel in balans te noemen. Wel blijft het systeem afhankelijk van een frequente succesvolle broedval en vestiging van tweekleppigen en dus de aanwezigheid van florerende schelpdier populaties.

Bijlage 1.6 Ecologisch functioneren

Adriaensen, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Van Hove, D., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertenms, W., Nachtergale, L., Struyf, E., Van Braeckel, A., Meire, P. (2005).

Instandhoudingsdoelstellingen Schelde-estuarium. Report Ecosystem Management Research Group ECOBE, 05-R82, Universiteit Antwerpen, Antwerpen, België, 249 pp.

AquaSense (2004). Macrozoöbenthos in de Westerschelde. Een historisch overzicht (1965-2002). In opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee. AquaSense, Amsterdam, Rapportnummer 2422rap, 19 pp.

Beukema, J.J. (1992). Dynamics of juvenile shrimp *Crangon crangon* in a tidal-flat nursery of the Wadden Sea after mild and cold winters. *Marine Ecology Progress Series* 83, 157-165.

CBS, PBL, Wageningen UR (2012). Kokkels in Waddenzee en Zeeuwse Delta, 1990-2012 (indicator 1239, versie 05, 22 augustus 2012). www.compendiumvoordeleefomgeving.nl. CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.

Colijn, F., De Jonge, V.N. (1984). Primary production of microphytobenthos in the Ems-Dollard Estuary. *Marine Ecology Progress Series* 14, 185-196.

Daan, R., De Bruyne, R., Wijnhoven, S., Kuijper, W., Faasse, M., Van Moorsel, G., Gmelig Meyling, A., Van Leeuwen, S. (2013). Tweekleppigen – Bivalvia, Hoofdstuk 7 van: De Bruyne, R.H., Van Leeuwen, S.J., Gmelig Meyling, A.W., Daan, R. (eds.), Schelpdieren van het Nederlandse Noordzeegebied. Ecologische atlas van de mariene weekdieren (Mollusca). Uitgeverij Tirion, Utrecht, p. 47-174.

De Jong, D.J., Nienhuis, P.H., Kater, B.J. (1994). Microphytobenthos in the Oosterschelde estuary (The Netherlands), 1981-1990; consequences of a changed tidal regime. *Hydrobiologia* 282/283, 183-195.

De Lange, H.J., De Wit, C.C.F., Harmsen, J., Koelmans, A.A. (2006). Nalevering van verontreinigende stoffen uit waterbodems, deelrapport A. Een literatuurstudie naar processen. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1404, 56 pp.

De Mesel, I., Craeymeersch, J., Jansen, J., Van Zweeden, C. (2011). Biodiversiteit, verspreiding en ontwikkeling van macrofauna soorten in de Nederlandse kustwateren. IMARES Wageningen UR Rapportnummer C022/11, Yerseke, 56 pp.

Escaravage, V., Hummel, H., Blok, D., Dekker, A., Engelberts, A., Van Hoesel, O., Kleine Schaars, L., Markusse, R., Meliefste, T., Siermans, W., Wijnhoven, S. (2011). Macrozoöbenthosonderzoek MWTL in de Delta, 2010. Waterlichamen: Grevelingenmeer en Veerse Meer (voor en najaar), Oosterschelde en Westerschelde (najaar). NIOO-CEME rapportage, Monitor Taskforce Publication Series 2011 – 09, 110 pp.

Escaravage, V., Soetaert, K. (1995). Secondary production of the brackish copepod communities and their contribution to the carbon fluxes in the Westerschelde estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia* 311, 103-114.

Hellings, L., Dehairs, F., Van Damme, S., Baeyens, W. (2001). Dissolved inorganic carbon in a highly polluted estuary (the Scheldt). *Limnology and Oceanography* 46, 1406-1414.

- Herman, P.M.J., Middelburg, J.J., Van de Koppel, J., Heip, C.H.R. (1999). Ecology of estuarine macrobenthos. *Advances in Ecological Research* 29, 195-240.
- Holzhauser, H., Maris, T., Meire, P., van Damme, S., Nolte, A., Kuijper, K., Taal, M., Jeuken, C., Kromkamp, J., van Wesenbeeck, B., Van Ryckegem, G., Van den Bergh, E., Wijnhoven, S. (2011). Evaluatiemethodiek Schelde-estuarium Fase 2. Universiteit Antwerpen, ECOBE rapport 011-R148, Antwerpen, pp. 262.
- Hummel, H., Wijnhoven, S. (2013). Long-term patterns in the establishment, expansion and decline of invading macrozoobenthic species in the brackish and marine waters of southwest Netherlands. *Marine Ecology* (in press; doi: 10.1111/maec.12085).
- Kesteloo, J.J., Van Zweeden, C., Poelman, M., Jansen, J.M. (2009). Het kokkelbestand in de Nederlandse kustwateren in 2009. Rapport C087/09, Wageningen-IMARES, pp. 46.
- Memo RWS-Zeeland (2011). Memo Mosselbanken Westerschelde. Memo 29 juni 2011, Rijkswaterstaat Zeeland, Middelburg, 8 pp.
- Pauly, D., Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374, 255-257
- Pronker, A.E., Peene, F., Donner, S., Wijnhoven, S., Geijssen, P., Nevejan, N.M. (2013). Hatchery cultivation of the common cockle (*Cerastoderma edule* L.): from conditioning to grow-out. *Aquaculture Research* (in press; doi: 10.1111/are.12178).
- Speybroeck, J., De Regge, N., Soors, J., Terrie, T., Van Ryckegem, G., Van den Bergh, E. (in prep.). Systeemmonitoring van het macrobenthos van de Zeeschelde en haar getij-onderhevige zijrivieren; 1999-2002-2005, 2008-2009-2010. INBO rapport INBO.R.2012.xx, Brussel, xx pp.
- Spiteri, C., Riegman, R., Winterwerp, H., Brinkman, B., Stolte, W., Jak, R., Van Maren, B. (2011). Mud dynamics in the Eems-Dollard, research phase 1; literature review mud and primary production. Deltareport 1204891-000-ZKS-0012, 84 pp.
- Steenbergen, J., Baars, J.M.D.D., Kesteloo, J.J., Jol, J., Van Stralen, M.R., Craeymeersch, J.A. (2005). Het mosselbestand en het areaal aan mosselbanken op de droogvallende platen in de Waddenzee in het voorjaar van 2005. RIVO-rapport nummer C065/05, Ilmuiden / Yerseke, 20 pp.
- Troost, K., Kamermans, P., Wolff, W.J. (2008). Larviphagy in native bivalves and an introduced oyster. *Journal of Sea Research* 60, 157-163.
- Van Braeckel, A., Piesschaert, F., Van den Bergh, E. (2006). Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren. 19^e eeuw tot heden. INBO rapport INBO.R.2006.29, Brussel, 178 pp.
- Van Colen, C., Montserrat, F., Vincx, M., Herman, P.M.J., Ysebaert, T., Degraer, S. (2008). Macrobenthic recovery from hypoxia in an estuarine tidal mudflat. *Marine Ecology Progress Series* 372, 31-42.
- Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T., Herman, P. (2007). The Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI), intercalibration and assessment of dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive. NIOO rapport 2007-02, Yerseke, 242 pp.

Wijnhoven, S., Escaravage, V., Daemen, E., Hummel, H. (2010). The decline and restoration of a coastal lagoon (Lake Veere) in the Dutch delta. *Estuaries and Coasts* 33, 1261-1278.

Wijnhoven, S., Escaravage, V., Herman, P.M.J., Smaal, A.C., Hummel, H. (2011). Short and mid-long term effects of cockle-dredging on non-target macrobenthic species: a before-after-control-impact experiment on a tidal mudflat in the Oosterschelde (The Netherlands). *Marine Ecology* 32 (Suppl. 1), 117-129.

Ysebaert, T., Meire, P., Herman, P.M.J., Verbeek, H. (2002). Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. *Marine Ecology Progress Series* 225, 79-95.