

Ecologisch Functioneren en Diversiteit Soorten

Rapportage in het kader van het project

‘Ontwikkeling Evaluatiemethodiek MONEOS’

en hoofdstuk 6 van het eindrapport

‘Evaluatiemethodiek systeemmonitoring
Schelde-estuarium’



Sander Wijnhoven¹, Jacco Kromkamp², Gunther Van
Ryckegem³, Erika Van den Bergh³, Jeroen Speybroeck³

¹Monitor Taakgroep, Nederlands Instituut voor Ecologie, Centrum voor Estuariene en
Mariene Ecologie (NIOO-CEME), Korringaweg 7, Postbus 140, NL-4401 NT, Yerseke,
Nederland

²Werkgroep Mariene Microbiologie, Nederlands Instituut voor Ecologie, Centrum voor
Estuariene en Mariene Ecologie (NIOO-CEME), Korringaweg 7, Postbus 140, NL-4401 NT,
Yerseke, Nederland

³Onderzoeksgroep Ecosysteemdiversiteit, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO),
Kliniekstraat 25, B-1070, Brussel, België

Dankwoord

Graag willen we de volgende mensen bedanken voor hun bijdrage aan deze rapportage. Ten eerste de collega's binnen het consortium (de Kerngroep Evaluatiemethodiek) die betrokken zijn geweest bij de ontwikkeling van de Evaluatiemethodiek MONEOS en voornamelijk verantwoordelijk waren voor de uitwerking van de overige hoofdstukken van de eindrapportage 'Evaluatiemethodiek systeemmonitoring Schelde-estuarium'. Zonder het regelmatige overleg, de discussies, de becommentariëring van teksten en de samenwerking met hen zou dit hoofdstuk niet tot stand hebben kunnen komen. In het bijzonder willen we hier vernoemen Patrick Meire, Tom Maris, Stefan van Damme en Lotte Oosterlee namens de Universiteit van Antwerpen (en speciale dank vanuit het NIOO-CEME dat we in dit project als subcontractant van de UA hebben kunnen opereren), Ankie Bruens namens Deltares, Klaas Deneudt en Nancy Fockedey namens het VLIZ, en niet in de laatste plaats Bert van Eck (Deltares) die als coördinator van het project ook nog eens de uitwerking van het project in goede banen heeft geleid. Dank aan Jan Breine, Eric Stienen, Alexander Van Braeckel en Bart Vandevoorde (INBO) voor de constructieve commentaren en discussies op delen van deze rapportage. Dank aan Carlo Heip (NIOZ) die er voor heeft gezorgd dat het NIOO-CEME onderdeel is geworden van het consortium. Verder willen we graag bedanken de leden van de projectgroep 'Evaluatie en Rapportage' die als begeleidingsgroep hebben gefungeerd en de plannen en teksten in gezamenlijke bijeenkomsten hebben bediscussieerd, en in het bijzonder Paul Latour (RWS-WD) en Kirsten Beirinckx (MOW-AMT), de projectleiders van de projectgroep, en Dick de Jong (RWS-DZL), Gerard Spronk (RWS-WD) en Wim Mertens (ANB), voor hun constructieve commentaar op verschillende versies van dit hoofdstuk. Verder willen wij uiteraard bedanken de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie (VNSC) vertegenwoordigd door de Stuurgroep Onderzoek & Monitoring voor het uitzetten en het toekennen van de opdracht.

Voorkant: Het intertidaal van de Westerschelde (*uit archief MT-groep*).

© Copyright, 2010. Nederlands Instituut voor Ecologie. Yerseke, Nederland.

Alle rechten zijn beschermd. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband, elektronisch of op welke andere wijze ook en evenmin in een opslag systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteurs/directeur van het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-CEME).

Wijnhoven, S., Kromkamp, J.C., Van Ryckegem, G., Van den Bergh, E., Speybroeck, J., 2010. Ecologisch Functioneren en Diversiteit Soorten; Rapportage in het kader van het project 'Ontwikkeling Evaluatiemethodiek MONEOS' en hoofdstuk 6 van het eindrapport 'Evaluatiemethodiek systeemmonitoring Schelde-estuarium'. NIOO-CEME, Yerseke, the Netherlands. Monitor Taskforce Publication Series 2010 – 12, 160 pp.

Monitor Taskforce Publication Series 2010 – 12

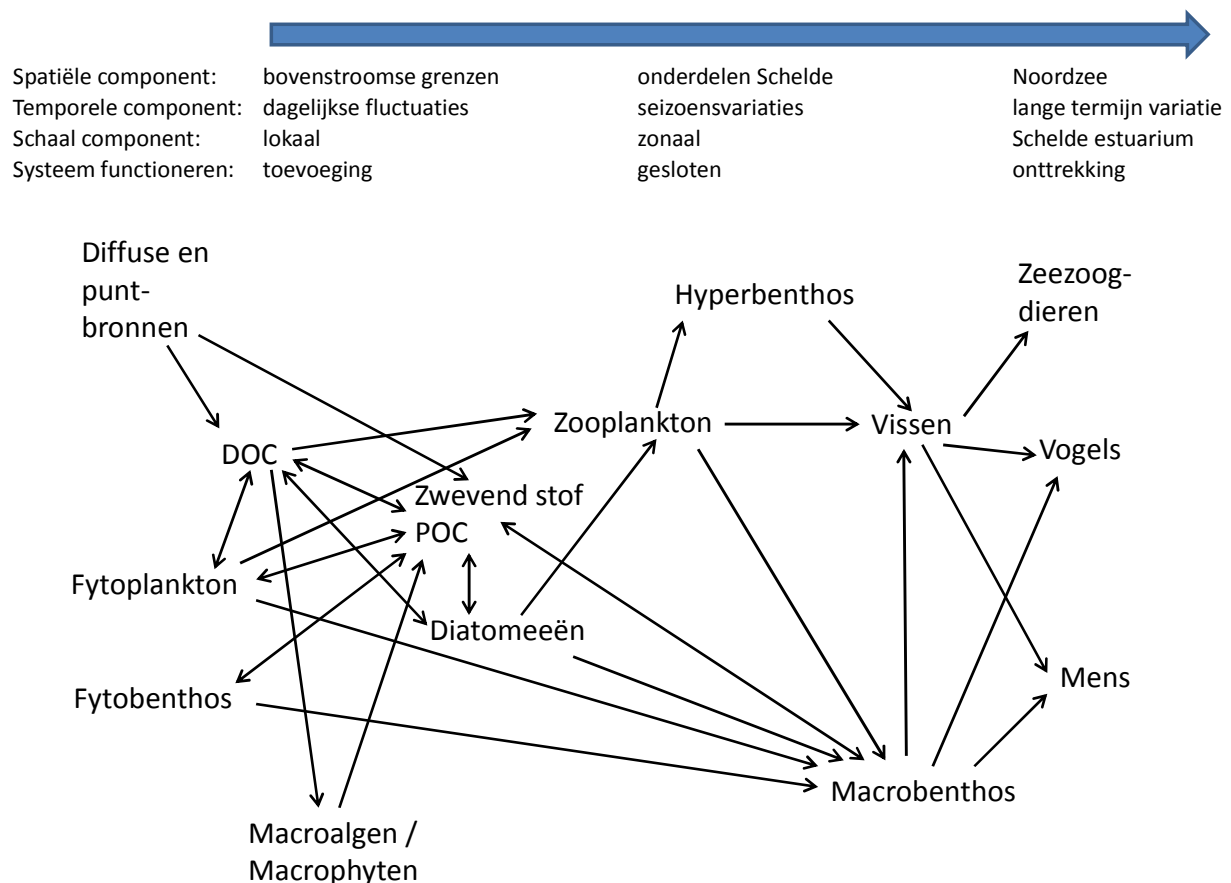
KNAW-NIOO, Centrum voor Estuariene en Mariene Ecologie, Yerseke

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
Hoofdstukken:	
6.1. Inleiding	11
6.2. Primaire Productie	17
6.3. Macrofyten	35
6.4. Zoöplankton	45
6.5. Epi- en hyperbenthos	55
6.6. Macrozoöbenthos	61
6.7. Vissen	79
6.8. Vogels	101
6.9. Zoogdieren	113
6.10. Referenties	119
Fiches:	
6.2. Primaire Productie	129
6.3. Macrofyten	133
6.4. Zoöplankton	137
6.5. Epi- en hyperbenthos	141
6.6. Macrozoöbenthos	143
6.7. Vissen	149
6.8. Vogels	155
6.9. Zoogdieren	159

Samenvatting

De evaluatiemethodiek voor het thema 'Ecologisch functioneren en Diversiteit soorten' is opgebouwd rond het globale voedselweb van het Scheldesysteem bestaande uit de belangrijkste groepen organismen en de stofstromen tussen deze groepen (Figuur 1). Het uitgangspunt van deze methodiek is een ecologisch goed functionerend systeem met een compleet voedselweb en alle daarbij behorende functies en processen in balans. Hierbij zijn de soorten de katalysatoren en de interacties tussen de componenten (organismegroepen) van het voedselweb staan voor processen en functies van het ecosysteem. Daarnaast zijn er ook interacties tussen organismen en hun omgeving, gekenmerkt door abiotische factoren, waarmee de link naar de andere thema's van de evaluatiemethodiek MONEOS wordt gemaakt. Ook deze interacties zijn ecologische processen en functies. De interacties spelen zich echter af op verschillende dimensies. Het systeem zal als geheel worden geëvalueerd, maar evaluatie op kleinere of lokale schaalniveau's kan juist inzicht geven in de oorzaken van observaties op het systeemniveau.

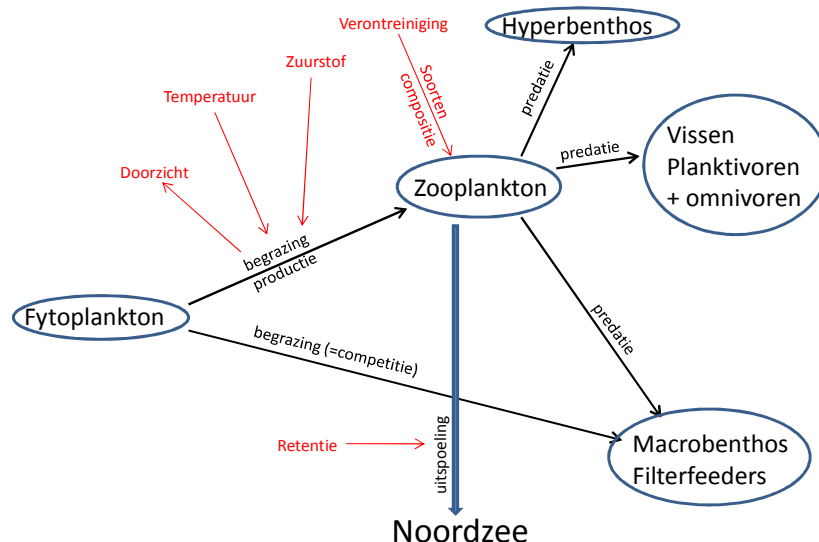


Figuur 1. Overzicht van het voedselweb van het estuarium met daarin weergegeven de belangrijkste stofstromen (→). Het ecologische functioneren draait om de interacties binnen het voedselweb, waarbij rekening dient te worden gehouden met verschillende dimensies, daar deze het uiterlijk van het voedselweb zullen beïnvloeden.

Hoewel het Scheldesysteem voor de evaluatie wordt begrensd, is het een open systeem met invloeden van buitenaf en in- en uitgaande stofstromen. Het voedselweb en de diversiteit aan soorten verandert ook langs de stroom (ruimtelijke component), daar een

groot aantal gradiënten voorkomen langsheen de stroom, maar dit geldt ook voor de verticale richting gaande van de bodem via de waterlaag naar het gedeelte van het systeem boven het waterniveau. Organismen komen veelal voor langsheen een onderdeel van het bereik van deze gradiënten of maken juist actief gebruik van deze ruimtelijke variaties. Verschillende activiteiten en/of levensfasen van soorten zijn veelal direct gerelateerd aan de condities in het milieu. Dit resulteert in verschuivingen in soortencomposities, interacties in het voedselweb en initieert processen en functies in de tijd. Deze verschuivingen kunnen zich afspelen op diverse tijdschalen, zoals seizoensgerelateerde veranderingen, dag-nachtritmiek en/of meerjarige cycli.

De evaluatiemethodiek 'Ecologisch functioneren en Diversiteit soorten' bestaat uit 8 deelevaluaties (tevens de belangrijkste groepen organismen van het voedselweb), namelijk Primaire productie, Macrofyten, Zoöplankton, Hyperbenthos, Macrozoöbenthos, Vissen, Vogels en Zoogdieren, met elk één of meerdere indicatoren. De indicatorwaarden worden voor de te evalueren periode vergeleken met een referentiesituatie, of op één van de toekomstige evaluatiemomenten met de t_0 (huidige) situatie. Indien mogelijk zullen trends en/of de aanwezigheid van trendbreuken worden bepaald. Vervolgens worden eventuele veranderingen in indicatorwaarden afgewogen tegen eventuele veranderingen in een per indicator opgestelde lijst van mogelijke factoren (afkomstig uit alle 4 de thema's) die daarmee kunnen samenhangen (er aan ten grondslag kunnen liggen of erdoor kunnen worden beïnvloed; zie Figuur 2 met als voorbeeld de



Figuur 2. Als voorbeeld de uitwerking van de interacties in het voedselweb rond het Zoöplankton en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Zoöplankton. De Zoöplankton-indicatoren zullen in combinatie met de factoren uit het voedselweb en de factoren uit de andere thema's worden geëvalueerd.

Zoöplanktonevaluatie). Door de volledige evaluatie uit te voeren op de aangegeven niveau's (ruimtelijke indeling), zal zo een lijstje van factoren ontstaan die samenhangen met de verandering van één of meerdere indicatorwaarden, hetgeen gewenst danwel ongewenst kan zijn, of als positief danwel negatief voor het systeemfunctioneren zal worden beoordeeld. Veelvuldig terugkerende factoren spelen wellicht een dominante rol in de toestand/ontwikkeling van het systeemfunctioneren en verdienen wellicht extra aandacht (denk aan

beheermaatregelen of reductie/voorkoming van bepaalde verstoringen). Als voorbeeld zou kunnen worden waargenomen dat de biomassa aan zoöplankton (één van de zoöplanktonindicatoren) blijkt te zijn toegenomen in het zoete getijdgedeelte van het Schelde-estuarium. Dit kan het gevolg zijn van een toename van de primaire productie of het fytoplanktonaanbod in de waterkolom (voedselaanbod) of de voedselkwaliteit, toename in de chlorofyl-a/detritus-verhouding samenhangend met de turbiditeit. Anderzijds zou de predatiedruk kunnen zijn afgenomen. Dan zou een afname in hyperbenthos, of planktivore en omnivore vissen of filtrerend macrozoöbenthos

waarneembaar moeten zijn. Wanneer dit alles niet het geval is, kan de oorzaak worden gezocht bij verbeterde zuurstofcondities (toename gemiddelde en/of minimale zuurstofconcentratie), maar ook een toename van de gemiddelde temperatuur of een verlenging van het groeiseizoen (periode met temperatuur boven de 12 °C), of een vergroting van de productiviteitszone (in dit geval bijvoorbeeld minder zoutinvloeden en/of variatie in de saliniteit, samenhangend met waterretentie). Idealiter rolt er meteen één factor uit die mogelijk aan de verandering voor de welbepaalde indicator ten grondslag ligt, maar in veel gevallen zijn er meerdere mogelijkheden. Recentelijk zijn bijvoorbeeld de zuurstofcondities significant verbeterd. Dit zal ook waarneembaar zijn aan de hand van andere indicatoren, zoals een mogelijke toename in de abundantie van het hyperbenthos en eventueel het macrozoöbenthos en aantal aangetroffen soorten vissen (met name benthische of partieel-rheofiele soorten). De volledige evaluatie Ecologisch Functioneren doorlopend zullen er verschillende veranderingen in indicatorwaarden alsook mogelijke oorzaken aan het licht komen, waarbij de positieve/gewenste en negatieve/ongewenste ontwikkelingen tegen elkaar dienen te worden geplaatst. Op basis van het complete plaatje dient te worden geconcludeerd of het systeemfunctioneren wel vaart bij de ontwikkelingen en hoe de verwachtingen voor de komende evaluatieperiode zijn.

De evaluatie Ecologisch Functioneren bestaat uit de volgende onderdelen:

De primaire productie, veroorzaakt door fytoplankton en fyto-benthos, bepaald de draagkracht van het systeem voor hogere trofische niveaus. Overmatige productie in verhouding tot begrazing kan echter onder meer voor zuurstofgebrek zorgen, met sterfte op verschillende trofische niveaus als gevolg. De primaire productie reageert sterk op de nutriënteninput (zowel de kwantiteit als de N-, P-, Si-verhoudingen). De gehanteerde indicatoren zijn de chlorofyl-a- en markerpigmentconcentraties (bestaande uit chl-b, chl-c, FX, PD, AX, Zea, Can), als maat voor algen- en diatomeeënconcentraties, de primaire productie als maat voor de systeemproductiviteit (allen in zowel de plankton- als de benthische fase) en de concentraties aan de potentiële probleemalgen *Phaeocystis* sp. en *Noctiluca scintillans*. Een toename van de primaire productie is gewenst, tenzij ook de chlorofyl- a-concentratie toeneemt, terwijl een afname van het chlorofylgehalte door inkrimping van de productiviteitszone ongewenst is. Een afname van de verhouding chlorofyl-a/fucoxanthine wordt in principe positief beoordeeld en er wordt gestreefd naar minimale bloei van de probleemalgen.

Voor macrofyten wordt met betrekking tot de soortdiversiteit de soortenrijkdom, de sleutelsoorten¹ en de beoordeling van habitatrichtlijnsoorten geëvalueerd. Met betrekking tot het ecologisch functioneren wordt alleen het schoraanbod geëvalueerd (indicator schorareaal). Het schor kan bufferend optreden met betrekking tot de verrijking van het systeem. Schorren hebben een siliciumrecyclerende vermogen. Het siliciumaanbod (in opgeloste vorm) bepaald de algen/diatomeeën balans. Zodoende kan de aanwezigheid van voldoende schor, een algenbloei voorkomen. Er wordt gestreefd naar een areaal aan schor volgens de GEP (Goede Ecologisch Toestand) zoals uitgewerkt binnen het thema 'Diversiteit habitats'. Een toename van de soortenrijkdom, het voorkomen van de sleutelsoorten en een gunstige beoordeling van de habitatrichtlijnsoort groenknolorchis is gewenst.

Het zoöplankton speelt een belangrijke rol in de regulatie van het fytoplankton. Diens samenstelling en biomassa wordt sterk bepaald door de primaire productie en de fytoplankton/detritusverhouding. Verder bepaalt het mede de draagkracht van het

¹ In de Vlaamse context wordt de term 'sleutelsoort' gehanteerd, in de Nederlandse literatuur hanteert men de term 'typische soort'. De definitie van de term is enigszins verschillend maar beide soortenlijsten worden als complementair gezien voor deze evaluatie-techniek. De term 'sleutelsoort' is hierdoor enigszins breder dan de criteria van T'Jollyn et al., 2009 (zie het hoofdstuk)

systeem voor een groot aantal vissen. Tot voor kort ontbrak het zoöplankton grotendeels in het zoete getijdgedeelte van het estuarium. Als indicatoren zullen totale zoöplanktonbiomassa, soortenrijkdom en –diversiteit worden gehanteerd en wordt de conditie en populatieopbouw van de dominante soort *Erytemora affinis* geëvalueerd. Een toename in zoöplanktonbiomassa die niet geïnduceerd wordt door de primaire productie zal als positief worden beoordeeld. Een toename van de soortenrijkdom en/of –diversiteit is gewenst. Veranderingen in de zoöplanktonpopulaties door opwarming of toename in detritus zijn ongewenst.

Het epi- en hyperbenthos keert net zoals het zoöplankton geleidelijk terug in het bovenstroomse gedeelte van het estuarium. De epi- en hyperbenthosindicatoren (biomassa, soortenrijkdom en –diversiteit) reageren sterk op de zuurstofontwikkelingen, verontreinigingsniveaus en het aanbod van 'kinderkamerbiotopen'. Het hyperbenthos is een belangrijke voedselbron voor een groot aantal vissoorten. Een toename van de indicatorwaarden is dus gewenst.

Het macrozoöbenthos bepaald in hoge mate de draagkracht van het systeem voor vogels en vissen. De gemeenschappen reageren sterk op verstoringen zoals verontreinigingen en veranderingen in nutriëntenaanbod, zuurstofgehalte, saliniteit, waterretentie, bodemsamenstelling en dynamiek. Filtrerende organismen spelen een belangrijke rol in het lichtklimaat door hun detritusfixerende activiteiten en de begrazing van het fytoplankton. De macrozoöbenthosindicatoren (dichtheid, biomassa, aantal soorten en gemeenschapssimilariteit) sluiten aan bij de BEQI-beoordeling (Benthic Ecosystem Quality Index) die wordt toegepast voor de KRW-evaluaties (Kaderrichtlijn Water), die ook een systeemevaluatie in combinatie met primaire productie en diversiteit aan habitats omvat. Voor het Vlaamse gedeelte wordt conform de KRW een oligochaetenindex gehanteerd. Schelpdierbiomassa en -areaal wordt geëvalueerd voor bepaling van de draagkracht van het systeem voor vogels en vissen. Het is gewenst dat veranderingen in macrobenthos ten gevolge van habitatareaalveranderingen in de richting van het MEP verlopen. Verschuivingen in gemeenschappen door verhoogde zoutindringing zijn in principe ongewenst. Daling van de dichtheid-biomassaverhouding ten gevolge van een afname in zwevende stof of een toename in zuurstofgehalte is gewenst. Toenames in biomassa en soortenrijkdom kunnen positief zijn, tenzij de oorzaak een reductie van de brakwaterzone met zich meebrengt. Een toename in schelpdierenbiomassa en/of -areaal wordt als positief beoordeeld.

Ten aanzien van vis geldt een beschermingskader met onder meer voor een aantal soorten instandhoudingsdoelstellingen in de context van de Habitatrichtlijn. Door de specifieke eisen van verschillende soorten, geeft de visfauna een goed beeld van de toestand van het systeem (in respons op de habitatdiversiteit en -connectiviteit) en van de compleetheid van het onderliggende voedselweb. Vissoorten zijn ook goede indicatoren voor veranderingen en verstoringen en voor het verloop van (duurzaam) herstel van het systeem wanneer bepaalde soorten terugkeren. Naast evaluatie van het totale aantal soorten en individuen, worden de aantallen en percentages van specifieke groepen (gedefinieerd op basis van habitatgebruik, voedingswijze en specifieke gevoeligheden) geëvalueerd in overeenstemming met de 'vissenindex', welke in Vlaanderen voor de KRW-evaluatie wordt gehanteerd. Hierbij zijn soortengroepen geselecteerd waarvan de indicatieve waarde reeds is gebleken. Voor het Nederlandse deel zijn deze indicatoren (nog) niet inzetbaar vanwege de andere monitoringmethodiek en de aard van het gebied. Hier wordt gewerkt met de abundantie van 6 indicatorsoorten, waarbij voor 2 soorten de lengteverdeling wordt meegewogen,. Deze soorten zijn overigens indicatief voor bepaalde groepen van de Vlaamse vissenindex. Voor alle indicatoren is in principe een toename wenselijk of als positief beoordeeld. Uitzondering is het percentage omnivore individuen, waarvoor een afname via

'natuurlijke weg' wordt nagestreefd. De aanwezige visfauna bepaalt tevens in belangrijke mate de draagkracht van het systeem voor piscivore vogels en zoogdieren.

Het Schelde-estuarium is zeer belangrijk als overwinterings-, broed- en foerageergebied voor een groot aantal vogelsoorten waarvoor ook instandhoudingsdoelstellingen in het kader van de Vogel- en Habitatrichtlijn zijn opgesteld. Vier groepen vogels worden als indicatoren gehanteerd (1. steltlopers plus de bergeend, 2. omnivore eenden, 3. herbivore eenden, rallen en ganzen, 4. piscivore vogels) die een waarde hebben met betrekking tot het onderliggende voedselweb (voedselaanbod), de mate van verstoring in het gebied (rustgebieden), en de ontwikkeling van de kwaliteit van het gebied in verhouding tot andere gebieden in de omgeving (overige watervogelgebieden in België en Nederland of daarbuiten). Een stijging in het aandeel IHD-doelstellingen voldaan is gewenst. Een toename van het aantal steltlopers + bergeenden wordt als positief beoordeeld, een toename van het aantal omnivore eenden is positief wanneer dit niet ten koste gaat van het aantal steltlopers + bergeenden (benthivoren) of piscivoren. Een groot aantal herbivore eenden, rallen en ganzen en omnivore eenden geeft aan dat het gebied weinig hinder ondervindt van recreatieve activiteiten. Een toename van het aantal piscivoren wordt als positief beoordeeld.

De zeezoogdiersoorten gewone zeehond en bruinvis staan aan de top van de voedselketen in het systeem en zijn goede indicatoren voor de mate van verstoring van de Schelde door de mens. Een toename van het aantal gewone zeehonden is positief. De trend wordt eveneens bekeken in verhouding tot de aantallen in de Oosterschelde, Voordelta of Waddenzee. Een toename in aantallen bruinvissen is gewenst. De trend in verhouding tot de aantallen in de Noordzee wordt beoordeeld, een toename is positief beoordeeld. De instandhouding van de populaties wordt ook beoordeeld. De aanwezigheid van de zoogdiersoorten is ook een indicatie voor de habitat- en voedselbeschikbaarheid en verontreinigingsstatus van het systeem.

Overzichtstabel van in het thema 'Ecologisch Functioneren en Diversiteit Soorten' gehanteerde indicatoren per evaluatie.

Primaire Productie (fytoplankton & fytobenthos):	Macrozoöbenthos:	Vissen:
-Chlorofyl-a-concentratie fytoplankton	-Totale macrozoöbenthosdichtheid	-Totaal aantal soorten
-Chlorofyl-a-concentratie fyto benthos	-Totale macrozoöbenthosbiomassa	-Totaal aantal individuen
-Markerpigment concentraties fytoplankton	-Totaal aantal macrozoöbenthossoorten	-Estuarien residente soorten en individuen
-Markerpigment concentraties fyto benthos	-Macrozoöbenthos gemeenschap similariteit	-Diadrome soorten en anadrome individuen
-Primaire productie fytoplankton	-Oligochaetenindex	-Mariene seizoensgasten soorten en individuen
-Primaire productie fyto benthos	-Totale schelpdierbiomassa	-Marien juveniel migrerende soorten en individuen
-Aantal <i>Phaeocystis</i> sp cellen	-Schelpdierenareaal	-Benthische soorten en individuen
-Aantal <i>Noctiluca scintillans</i> cellen	Vogels:	-Habitat gevoelige soorten en individuen
Macrofyten:	-Aantal steltlopers en bergeenden	-Habitatfragmentatie gevoelige soorten en individuen
-Schorareaal	-Aantal omnivore eenden	-Gespecialiseerde ei-afzettende soorten en individuen
-Soortenrijkdom, sleutelsoorten, beoordeling habitatrichtlijnsoorten	-Aantal herbivore eenden, rallen en ganzen	-Verontreiniging intolerante soorten en individuen
Zoöplankton:	-Aantal piscivore vogels	-Piscivore soorten en individuen
-Totale zoöplanktonbiomassa	-IHD Zeeschelde broedvogels	-Omnivore individuen
-Biomassa <i>Erytemora affinis</i>	-IHD Westerschelde broedvogels	-Abundantie + lengteverdeling van Spiering en Fint
-Soortelijk gewicht <i>E. affinis</i>	-IHD Westerschelde niet-broedvogels	-Abundantie Bot en Puitaal
-Soortenrijkdom zoöplankton	-IHD Zeeschelde niet-broedvogels	-Abundantie Haring en Schol
Hyperbenthos:	Zoogdieren:	-Seizoensale dynamiek van marien-estuariene vissen
-Totale hyperbenthosbiomassa	-Aantal gewone zeehonden en verhouding tot Oosterschelde, Waddenzee en Voordelta populaties	-Natura 2000 soorten
-Soortenrijkdom hyperbenthos	-Aantal bruinvissen en verhouding tot Noordzee populatie	
-Soortendiversiteit hyperbenthos		

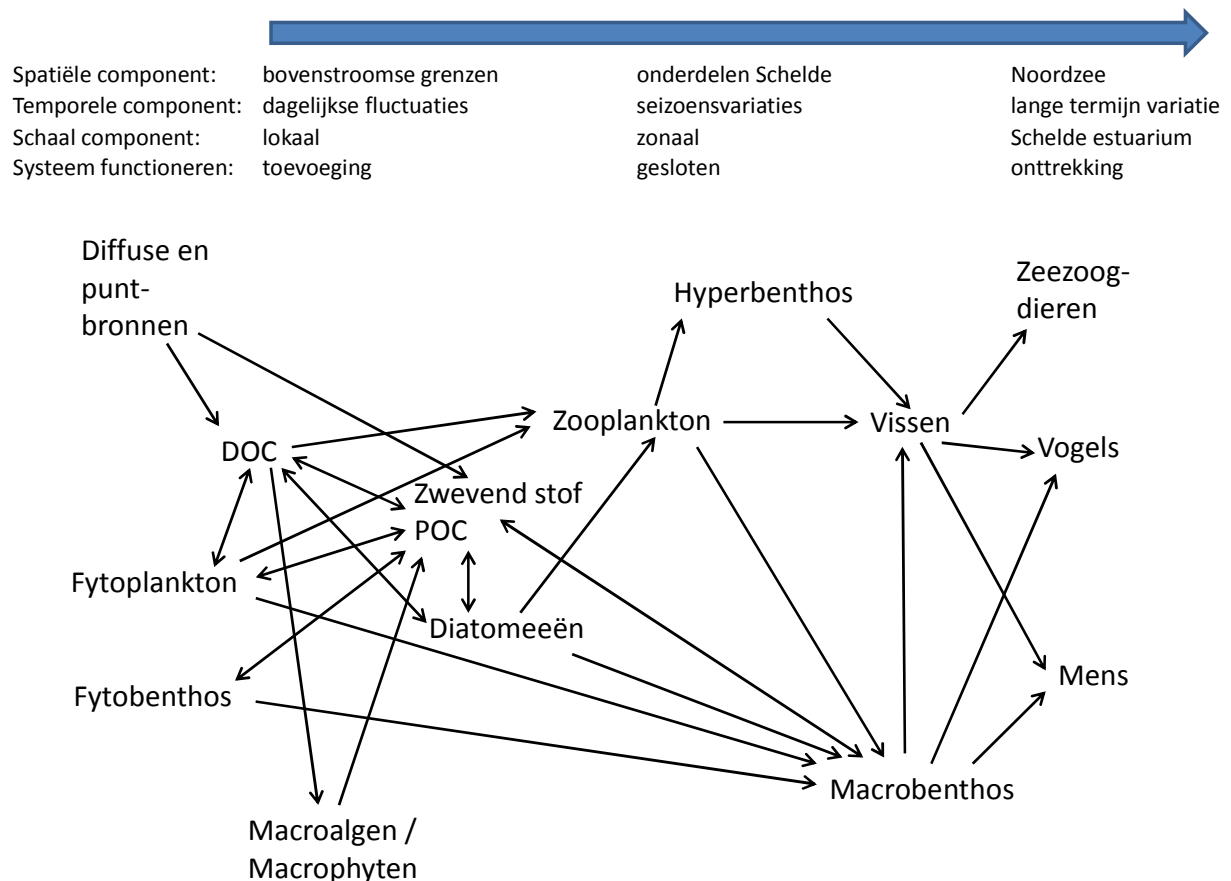
6. Ecologisch functioneren en diversiteit soorten

6.1. Inleiding

6.1.1. Achtergrond

In dit hoofdstuk wordt de evaluatie van het ecologische functioneren en de soortendiversiteit uiteengezet. Men zou dit kunnen zien als twee afzonderlijke thema's, en zo is het bij aanvang van de ontwikkeling van de evaluatiemethodiek ook uitgevoerd, maar aangezien de soorten diversiteit veelal als een indicator van de kwaliteit van het ecologische functioneren kan worden gezien, hebben we uiteindelijk de thema bij elkaar gebracht in dit hoofdstuk. De consequentie is wel dat ook de soortendiversiteit, veelal gehanteerd als evaluatie-tool voor richtlijnen en regelgevingen (zoals de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn), waarin ook iets van een waarde classificatie aan typen organismen en soorten zit, los van het feit of ze heel belangrijk zijn voor het ecologische functioneren, worden meegenomen in deze evaluatie. Zo is er duidelijk meer aandacht in de richtlijnen en met betrekking tot instandhoudingdoelen of soortbescherming van soorten met nationaal en/of internationaal belang, voor de soorten van de hogere trofische niveaus. Kortom de soorten die door de mens meer worden 'gewaardeerd' daar ze mooi worden gevonden, aaibaar zijn, een commerciële functie hebben, etc.. Zo kan worden gesteld dat bijvoorbeeld een zeldzame vogelsoort veel aandacht krijgt, terwijl deze vanuit het oogpunt van ecologisch functioneren nauwelijks een rol speelt, en eenvoudig inwisselbaar zou zijn voor iedere andere soort. Verder dient er ook rekening te worden gehouden met het feit dat een systeem met een lage soortendiversiteit ook prima kan functioneren en een goede ecologische kwaliteit kan hebben. In grote lijnen kunnen we echter stellen dat op systeem niveau door de aanwezigheid van natuurlijke gradiënten in een groot aantal factoren (zie de hoofdstukken 3. Hydro- & morfodynamica en 4. Fysico-chemie), en de natuurlijke hoge diversiteit aan niches die voor komen in gezond, goed functionerend estuarien ecosysteem (zie ook hoofdstuk 5. Diversiteit habitats), dien ten gevolge de soortendiversiteit op het systeem niveau ook hoog zal zijn. Op lokaal niveau, dus bijvoorbeeld met betrekking tot de evaluatie van één segment op schaal niveau 4 (zie hoofdstuk 2 voor de spatiële indeling), hoeft dit niet het geval te zijn.

De kwaliteit van het ecologische functioneren draait om de aanwezigheid van een compleet voedselweb en de aanwezigheid van alle daarbij behorende functies en processen in een goede balans. Figuur 6.1.1 geeft een globaal overzicht van het estuariene voedselweb met daarin de belangrijkste factoren (groepen organismen). Aan de hand van het voedselweb zal het systeem functioneren worden geëvalueerd, daar er van uit wordt gegaan dat de interacties tussen componenten van het voedselweb staan voor processen en functies van het ecosysteem. Niet alleen is er sprake van interacties tussen de verschillende groepen organismen, maar er zijn uiteraard ook interacties met de omgeving, en dus alle biotische factoren die de omgeving bepalen en de kwaliteit van de omgeving beschrijven. Ook daarbij kunnen de interacties tussen groepen organismen en omgevingsfactoren staan voor processen en functies van het ecologische functioneren.



Figuur 6.1.1. Overzicht van het voedselweb van het estuarium (gebaseerd op Meire & Maris, 2008) met daarin weergegeven de belangrijkste stofstromen (→). Het ecologische functioneren draait om de interacties binnen het voedselweb, maar de invulling van het voedselweb ziet er anders uit naar gelang er wordt gekeken langs een schaal van verschillende dimensies. De 4 belangrijkste dimensies waarmee rekening dient te worden gehouden bij de evaluatie van het ecologische functioneren met als basis het voedselweb zijn; de spatiële component (welk gedeelte van het systeem wordt geëvalueerd), de temporele component (welke periode wordt geëvalueerd), de schaal component (wordt een onderdeel of het gehele systeem geëvalueerd), het systeem model (wordt het systeem af een gesloten geheel beschouwd, of vindt er uitwisseling plaats met de omgeving).

Een systeem, en het estuariene systeem in het bijzonder, wordt gekarakteriseerd door verschillende dimensies, die meespelen, en waarmee rekening dient te worden gehouden bij evaluatie. Uiteraard gaat het hier uiteindelijk om een systeem evaluatie, waar het gehele Schelde systeem als geheel dient te worden geëvalueerd. Met betrekking tot de schaal component kan dus worden gesteld dat evaluatie plaats vindt voor het gehele Schelde estuarium. Echter, om het functioneren te kunnen begrijpen en/of om inzicht te krijgen in het gehele functioneren van het systeem, is het geregeld noodzakelijk om op verschillende zones en/of locaties in te zoomen, en te beoordelen/evalueren of het functioneren of de kwaliteit al daar in orde is. Een lokale slechte kwaliteit hoeft nog niet te betekenen dat het systeem functioneren als slecht wordt beoordeeld, maar het kan een teken aan de wand zijn, een eerste indicatie, of een oorzaak van het ontbreken of minder goed functioneren van bepaalde elementen van het systeem. Vaak kan door middel van lokale of zonale evaluatie de oorzaak van bepaalde prestaties van het ecologisch functioneren op systeemniveau, worden achterhaald, en kan lokale bijsturing of ingrijpen ook mogelijk het gehele systeemfunctioneren verbeteren. Echter met het definiëren van het Schelde-systeem worden er grenzen getrokken (zie hoofdstuk 2 voor de spatiële indeling; voor gehanteerde begrenzingsen), terwijl processen daar niet ophouden. Dit betekent dat bij evaluatie van het systeem lang niet altijd kan worden

gewerkt op basis van een gesloten systeem, maar dat er vaak sprake is van uitwisseling; inkomende en uitgaande stromen. De invloeden van buitenaf zullen niet worden geëvalueerd, maar zullen worden meegenomen als een gegeven, en er dient in de evaluatie wel rekening mee te worden gehouden. Het voedselweb zal ook veranderingen ondergaan wanneer er van bovenstrooms naar benedenstrooms (spatiële component) wordt gekeken, daar een groot aantal gradiënten aan omgevingsfactoren in deze richting veranderen. Ook diverse organismen doorgaan deze gradiënten. Zo zullen met name de relatief immobiele levensvormen van de waterkolom zich geleidelijk met de stroom door het estuarium bewegen waarbij groei en of uitbreiding van populaties kan optreden onder gunstige omstandigheden, terwijl verder op in ongunstige omstandigheden juist weer sterfte zal optreden. Mobielere soorten 'kiezen' juist hun plaats in het systeem, maar kunnen gebruik maken van diverse onderdelen binnen de gradiënten (gebruik van verschillende habitats voor verschillende functies en/of door verschillende levensfasen). Spatiële gradiënten kunnen overigens ook in de verticale richting worden onderscheiden, gaand van het leven in de bodem (het bentische milieu) via het epi-bentische naar het pelagisch en vervolgens het leven boven de waterspiegel. Alle de onderscheiden milieus of habitats hebben zo hun eigen soortencompositie die het lokale voedselweb beschrijven, waarbij de 'locale voedselwebben' geleidelijk in elkaar overgaan, of waarbij onderdelen van het voedselweb de verschillende milieus doorlopen of ondergaan. Omdat er verschillende functies van het milieu samenhangen met verschillende activiteiten en/of levensfasen van soorten die direct gerelateerd zijn aan de condities in het milieu, zullen er verschuivingen zichtbaar zijn in de soortencomposities, de interacties in het voedselweb, en belang van processen en functies in de tijd. Veelal zijn deze verschuivingen seizoenen gerelateerd, maar kunnen zich ook afspelen op kleinere tijdschaal (bijvoorbeeld dag-nacht ritmiek) of grotere tijdschaal (zoals cycli die spelen over meerdere jaren).

6.1.2. Gehanteerde werkwijze

Een systeem evaluatie tracht alle voorkomende en ter zaken doende componenten, processen, veranderingen en schalen te omvatten. Met name de veranderingen die kunnen optreden door toedoen van de mens (zowel positief als negatief, denkende aan systeembeheer en effecten van gebruikersfuncties), dienen te worden opgemerkt en te worden geëvalueerd. We zijn bij de ontwikkeling van de evaluatie methodiek dan ook uit gegaan van relatief eenvoudig te meten en/of te berekenen indicatoren die idealiter wijzen in één richting (duidelijk aanwijsbare oorzaak bij verandering). In de praktijk zijn er veelal meerdere mogelijke oorzaken voor veranderingen in indicatoren, doordat de complexiteit van het systeem groot is en het aantal interacties meervoudig (echte één op één relaties zijn zeldzaam). Verder wordt de keuze van indicatoren uiteraard bemoeilijkt doordat natuurlijk niet op voorhand te bepalen is wat het systeem zal ondergaan (welke kwaliteitsverbeterende invloeden of potentieel bedreigende effecten kunnen we verwachten), terwijl de indicatoren idealiter wel op alle mogelijke actoren dienen te reageren. We zijn dan ook uitgekomen op een aantal indicatoren die vaak reageren op meerdere veranderingen. De evaluatie wordt echter op meerdere niveaus (hetzij spatiaal of temporeel verschillende gescheiden segmenten of verschillende schalen) uitgevoerd, en/of er worden meerdere indicatoren geëvalueerd. Hierdoor kunnen de factoren die ten grondslag liggen aan de veranderingen eventueel worden wegstrepen (uitsluiten dat factoren een rol spelen omdat dan andere indicatoren ook zouden hebben moeten veranderen). Uiteraard hebben we hierbij volop gebruik gemaakt van bestaande kennis en inzichten, en veelal reeds geteste of in gebruik zijnde indicatoren geselecteerd. Idealiter hebben we ons aangesloten bij evaluatie tools of indicatoren die reeds voor andere doeleinden dienen te worden berekend of te worden ingezet, zoals Kaderrichtlijn Water-indicatoren en waarden, of metingen noodzakelijk voor de bepaling van de

ontwikkelingen ten opzichte van de Natura2000-instandhoudingsdoelen en verplichtingen. Ook zijn we uitgegaan van het bestaande monitoringnetwerken en de reeds verzamelde en in de toekomst te verzamelen gegevens. Echter de evaluatie methodiek ontwikkelende kwamen in die netwerken nog een aantal hiaten naar boven (vaak te maken met incomplete ruimtelijke of temporele dekking), of bleek dat met de huidige inzichten een beter beeld zou kunnen worden verkregen bij het invoeren van nieuwe metingen. In principe kan het grootste gedeelte van de evaluatiemethodiek met het bestaande monitoring netwerk en de historische gegevens worden uitgevoerd. Hiaten worden aangegeven, en kunnen er voor zorgen dat de indicatieve waarde van bepaalde indicatoren of onderdelen van de evaluatiemethodiek achteruit gaan, maar hebben niet als consequentie dat de gehele methodiek onbruikbaar is. In de uitwerking van de evaluatiemethodiek worden er dan ook aanbevelingen gedaan met betrekking tot mogelijkheden tot verbetering, de noodzaak daarvan, dan wel de inspanning die dat met zich mee brengt.

6.1.3. Keuze van de indicatoren

Aan de basis van de evaluatie methodiek Ecologisch Functioneren staat het schematische voedselweb (figuur 6.1.1) bestaande uit de hoofdgroepen aan organismen. Interacties met andere niveaus in het voedselweb (andere biotische factoren) zijn afgewogen op belangrijkheid en dominantie is het systeem. Verder zijn de belangrijkste factoren uit andere thema's (zie de hoofdstukken 3, 4 en 5) in kaart gebracht, die invloed kunnen hebben op de factoren in het voedselweb, of die kunnen worden beïnvloed door verandering van de factor zelf en de interacties met de belangrijkste geselecteerde factoren in het voedselweb.

De geselecteerde factoren van het voedselweb kennen in het vervolg ieder een (aparte) evaluatie waarbij een aantal indicatoren binnen iedere evaluatie worden onderscheiden, en zo tezamen het thema 'Ecologisch Functioneren en Diversiteit Soorten' uitmaken. Zoals gezegd neemt de diversiteit soorten hierin een bijzondere rol in, omdat het enerzijds kan fungeren als een indicator voor het ecologische functioneren, terwijl het anderzijds een thema kan zijn waarover we informatie willen inwinnen om te evalueren of we gestelde doelen (kunnen) gaan bereiken, los van het feit of dit de kwaliteit van het systeem bevordert. Idealiter zijn doelsoorten voor richtlijnen wel geselecteerd op basis van hun indicatieve waarde voor de systeem kwaliteit, en niet uitsluitend op grond van een bepaalde waardering op grond van hun voorkomen (habitus).

Zoals terug te vinden in het basisvoedselweb (figuur 6.1.1) zijn we uitgekomen de evaluaties van de onderdelen Primaire productie (hoofdstuk 6.2), Macrofyten (6.3), Zoöplankton (6.4), Hyperbenthos (6.5), Macrozoöbenthos (6.6), Vissen (6.7), Vogels (6.8) en Zoogdieren (6.9). Hierbij bestaat niet iedere evaluatie uit het zelfde aantal indicatoren, waarmee niet de belangrijkheid, maar eerder de indicatieve waarde van het onderdeel voor het systeem-evalueren is weergegeven. Wanneer bepaalde veranderingen al met indicatoren binnen andere evaluaties werd afgedekt, was het niet altijd meer nodig om deze te introduceren binnen een nieuwe evaluatie, ondanks dat die daar ook indicatief had kunnen zijn. We hebben zo min mogelijk gebruik gemaakt van individuele indicator soorten, omdat we er van uit gaan dat voor het ecologisch functioneren soorten in principe inwisselbaar zijn voor andere soorten met een vergelijkbare niche. In een aantal gevallen hebben we toch teruggerepen op individuele soorten omdat deze soorten de te evalueren groep blijken te domineren, ze zeer specifieke eigenschappen hebben, problemen kunnen veroorzaken, of ze ook nog eens van commercieel belang zijn wat maakt dat er dubbele interesse is. Bij meerdere potentieel bruikbare indicatoren hebben we in de keuze laten meewegen of de benodigde meetgegevens of indicatorwaarden eventueel ook nodig zijn voor andere evaluaties binnen of buiten dit

thema. Hiermee proberen we het aantal benodigde berekeningen te reduceren. We hebben gepoogd om indicatoren binnen diverse onderdelen van het voedselweb te gebruiken, omdat we hiermee een tweede doel bereiken; namelijk dat we al monitorend en evaluerend ook steeds meer van het systeem functioneren zullen gaan begrijpen. Het is dan ook mogelijk dat we op een T_0 of T_x moeten concluderen dat we met nieuwe inzichten hier en daar een onderdeel in de evaluatie beter zouden kunnen aanpassen. De evaluatiemethodiek, en zeker het thema Ecologisch Functioneren, moet dan ook worden gezien als een document wat kan gaan groeien (niet in de zin van dat het uitgebreider moet worden, maar in de zin van dat het gaandeweg kan worden verbeterd).

Het thema Ecologisch Functioneren en Diversiteit Soorten bestaat uit de volgende indicatoren (ingedeeld per evaluatie):

6.2. Primaire Productie (fytoplankton & microfytobenthos):

- Chlorofyl a concentratie fytoplankton
- Chlorofyl a concentratie microfytobenthos
- Markerpigment concentraties fytoplankton
- Markerpigment concentraties microfytobenthos
- Primaire productie fytoplankton
- Primaire productie fytoebenthos
- Aantal *Phaeocystis* sp cellen
- Aantal *Noctiluca scintillans* cellen

6.3. Macrofyten:

- Schorareaal
- Soortenrijkdom
- Sleutensoortenrijkdom
- Sleutelsoortenabundantie
- Habitatrichtlijnsoorten

6.4. Zoöplankton:

- Totale zoöplankton biomassa
- Biomassa *Eurytemora affinis*
- Soortelijk gewicht *E. affinis*
- Soortenrijkdom zoöplankton
- Soortendiversiteit zoöplankton

6.5. Hyperbenthos:

- Totale hyperbenthosbiomassa
- Soortenrijkdom hyperbenthos
- Soortendiversiteit hyperbenthos

6.6. Macrozoöbenthos:

- Totale macrozoöbenthosdichtheid
- Totale macrozoöbenthosbiomassa
- Totaal aantal macrozoöbenthossoorten
- Macrozoöbenthos gemeenschapssimilariteit
- Oligochaetenindex
- Totale schelpdierbiomassa
- Schelpdierenareaal

6.7. Vissen:

- Totaal aantal soorten
- Totaal aantal individuen
- Estuarien residente soorten en individuen
- Diadrome soorten en anadrome individuen
- Mariene seizoensgasten soorten en individuen
- Marien juveniel migrerende soorten en individuen
- Benthische soorten en individuen
- Habitat gevoelige soorten en individuen

- Habitatfragmentatie gevoelige soorten en individuen
- Gespecialiseerde ei-afzettende soorten en individuen
- Verontreiniging intolerante soorten en individuen
- Piscivore soorten en individuen
- Omnivore individuen
- Abundantie + lengteverdeling van Spiering en Fint
- Abundantie Bot en Puitaal
- Abundantie Haring en Schol
- Seizoensale dynamiek van marien-estuariene vissen
- Natura 2000 soorten

6.8. Vogels:

- Aantal steltlopers en bergeenden
- Aantal omnivore eenden
- Aantal herbivore eenden, rallen en ganzen
- Aantal piscivore vogels
- IHD Zeeschelde broedvogels
- IHD Westerschelde broedvogels
- IHD Westerschelde niet-broedvogels
- IHD Zeeschelde niet-broedvogels

6.9. Zoogdieren:

- Aantal Gewone Zeehonden
- Aantal Bruinvissen

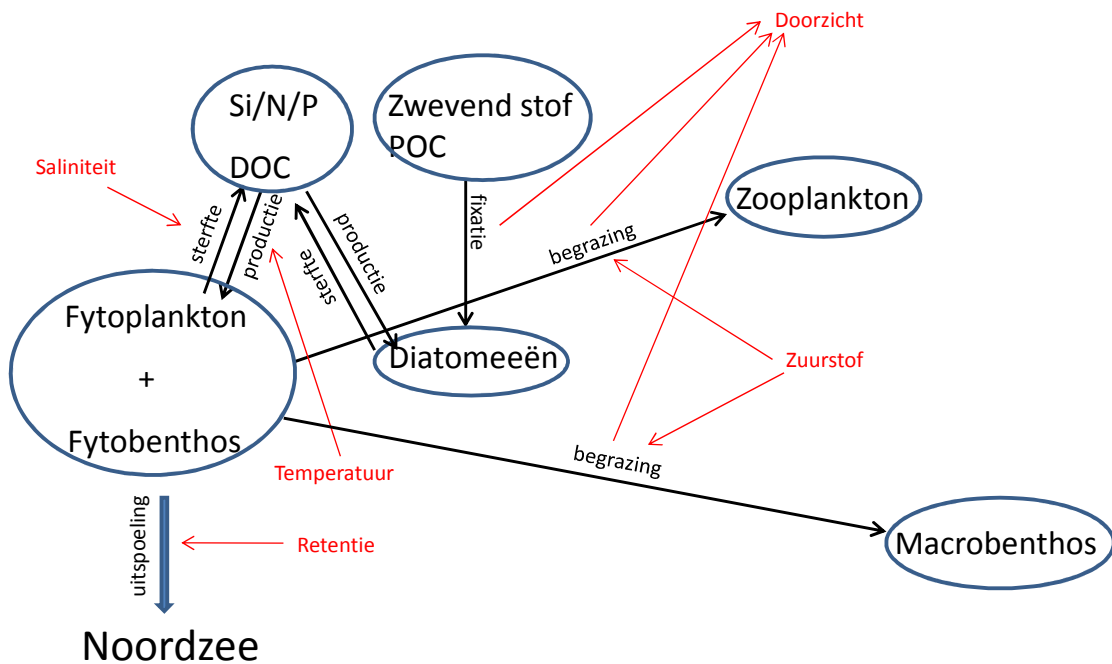
De afleiding en afweging van de indicatoren, en hun indicatieve waarde wordt verduidelijkt in de afzonderlijke hoofdstukken per evaluatie.

6.2. Primaire Productie

- Fytoplankton & Microfytobenthos

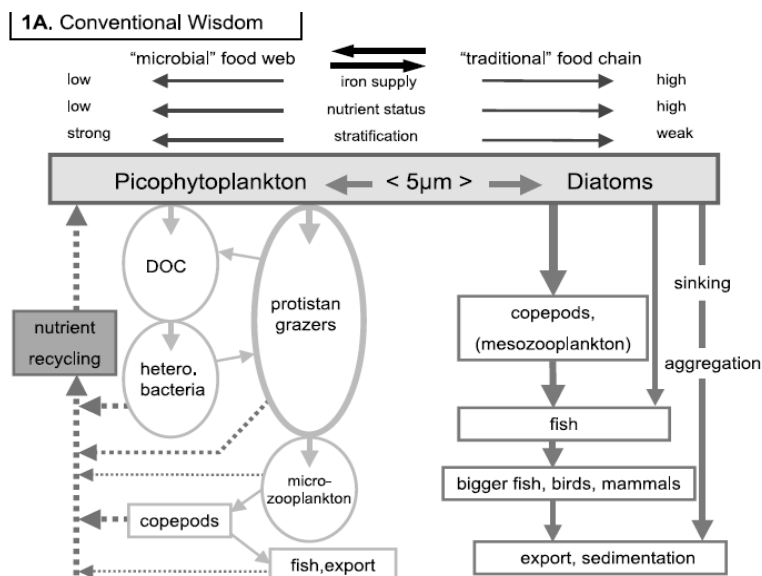
6.2.1. Achtergrond

De primaire productie vormt de basis van een ecosysteem omdat het zorgt voor de input van organisch materiaal in het ecosysteem via de fotosynthese en opname van nutriënten. De primaire productie bepaalt zo in belangrijke mate de grenzen van de draagkracht. Veel primaire productie kan leiden tot zowel positieve als negatieve effecten. Een positief effect kan zijn een grote productie van de hogere trofische niveaus, zoals bijvoorbeeld een hoge biomassa aan schelpdieren en vissen (eventueel ook beschikbaar voor de visserij). Een negatief effecten kan zijn dat hoge primaire productie kan leiden tot zuurstof tekorten met als gevolg eventueel massaal afsterven van hogere trofische niveaus. Een lage primaire productie kan een relatief lage productie van de hogere trofische niveaus tot gevolg hebben, wat vanuit het oogpunt van de biodiversiteit niet slecht hoeft te zijn (Meire & Maris, 2008).



Figuur 6.2.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond het Fytoplankton en het Microfytobenthos, en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factoren Fytoplankton en Microfytobenthos.

Aan de basis van het voedselweb staan de primaire producenten: het fytoplankton en microfytobenthos (beiden zullen in de evaluatiemethodiek Primaire Productie worden geëvalueerd). Diatomeeën (ook wel kiezelwieren) kunnen in zowel pelagische als benthische vorm in het estuarium worden aangetroffen (en dus deel uitmaken van het fytoplankton en het microfytobenthos). Zoals weergegeven in figuur 6.2.1, spelen diatomeeën een belangrijke rol in de nutriënten opname in het voedselweb en de fixatie van nutriënten uit de waterkolom naar het sediment. Hiermee bufferen zij in feite het systeem voor potentiële fytoplankton (probleemalgen) bloeien ten gevolge van verrijking van het systeem. De



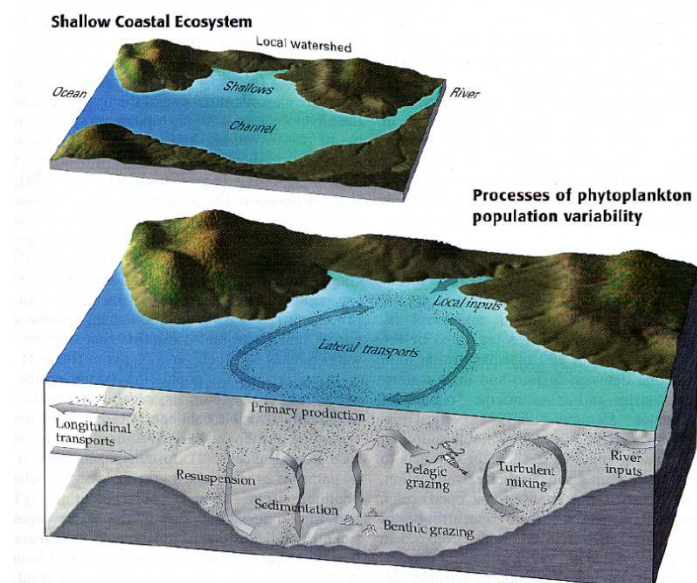
Figuur 6.2.2. Schematisch pelagisch voedselweb met 'microbial loop' (links) en de meer klassieke voedselketen (rechts), afkomstig uit Barber & Hiscock (2006). In deze evaluatie nemen we de klassieke voedselketen als uitgangspunt (zie figuur 6.2.1), er van uit gaande dat wanneer het klassieke voedselweb compleet is, het microbiële voedselweb ook goed zal draaien.

kunnen zelfs toxisch zijn voor hogere trofische niveaus (zoals dinoflagellaten of cyanobacteriën). Veranderingen in samenstelling en abundantie bij primaire producenten kunnen zich daarom vertalen in verschuivingen in het gehele voedselweb. Anderzijds bepaald de primaire productie in hoge mate de draagkracht van het systeem voor de hogere trofische niveaus. Het zoöplanktonzoöplankton en belangrijke delen van het macrozoöbenthos (suspensievoedende en/of filtrerende organismen) zijn volledig afhankelijk van de primaire productie, en zij vormen weer het voedsel voor de hogere trofische niveaus (o.a. hyperbenthos, vissen en vogels). Verder zijn er een aantal factoren die de productie en sterfte processen met betrekking tot het fytoplankton en het microfytobenthos bepalen. Zo zijn de soorten van het fytoplankton en microfytobenthos veelal gebonden aan bepaalde saliniteitszones, waarmee de afvoer (afhankelijk van de waterretentie) er voor zorgt dat soorten op een gegeven moment in ongunstige omstandigheden terecht komen, waardoor massale sterfte op treed. Anderzijds wordt de algenproductie weer bepaald door lichtinval en temperatuur wat samenhangt met de troebelheid van het systeem (iets waar de planktonproductie en met name -sterfte ook weer invloed op heeft). Ondanks een hoge primaire productie kan het fytoplankton en het microfytobenthos in toom worden gehouden wanneer er een flinke begrazingsdruk van zoöplankton en macrozoöbenthos aanwezig is. Die organismen zijn echter vaak weer afhankelijk van goede zuurstof condities, die juist sterk kunnen worden beïnvloed door de sterfte van algen.

Fytoplankton:

Wanneer we meer inzoomen op de rol van het fytoplankton in het systeem, dan kunnen we stellen dat de samenstelling van het voedselweb afhankelijk is van zowel bottom-up-factoren als van top-down-factoren. Het klassieke beeld is dat in voedselarme situaties (zoals de oligotrofe delen in de oceanen) het pelagische voedselweb gedomineerd wordt door picofytoplankton wat onmiddellijk begrasd wordt door het microzoöplankton (Fig. 6.2.2). Deze begrazing zorgt voor regeneratie van nutriënten die de algen dan weer in staat stelt om door te groeien. Dit systeem wordt gekenmerkt door een lage biomassa.

competitie tussen diatomeeën en bloeialgen wordt voornamelijk bepaald door het silicium (DSi) aanbod (zie tevens de hoofdstukken 4.3. Nutriënten en organische belasting en 6.3. Macrofyten). De potentiële probleem algen (of plaagalgen) maken uiteraard ook deel uit van de primaire productie in de waterkolom. Een soort die met name aan het einde van het voorjaar het mariene deel van de Westerschelde volledig kan domineren, is de haptofyt *Phaeocystis* sp.. De primaire productie van deze soort kan dan 50% van de totale primaire productie bedragen. Sommige algensoorten



Figuur 6.2.3. Een overzicht van de verschillende krachten in een estuarium. Afkomstig uit Cloern (1996).

De fractie aan primaire productie op basis van geregenereerde nutriënten is hoog. Men geeft dit ook wel aan met een lage f -ratio; de ratio die de primaire productie op basis van geïmporteerde nutriënten t.o.v. de totale primaire productie weergeeft (Dugdale & Goering 1967; Dugdale & Wilkerson 1986; Dugdale et al., 1990; Underwood & Kromkamp, 1999). In systemen gekenmerkt door opwelling, of in kustsystemen met een duidelijke seizoensdynamiek en een voorjaarsbloei, waarbij aan het eind van de winter veel nutriënten aanwezig zijn, wordt de primaire productie volgens de klassieke inzichten gedomineerd door het grotere fytoplankton en

lijkt de samenstelling van het voedselweb meer op de klassieke lineaire voedselketen leidend van fytoplankton naar vis. Nu weten we echter dat ook in relatief rijke nutriënt situaties de microbiële lus actief is, zelfs in hogere mate dan in de oligotrofe situatie, maar vanwege de dominantie van de diatomeeën is dat niet zo goed zichtbaar. Echter ook de samenstelling van de fytoplankton gemeenschap kan de structuur van het voedselweb beïnvloeden. Tijdens de bloei van *Phaeocystis* is de begrazing van dit organisme gering vanwege het feit dat de kolonies nauwelijks begraasd worden. Hierdoor verschuift het voedselweb richting microbiële lus en neemt de transfer van POC/POM richting de hogere trofische niveaus af. Massaal afsterven van de bloei gevolgd door bezinking kan leiden tot lokale zuurstofloosheid aan het oppervlak van de bodem en sterfte van de daar aanwezige fauna. Groei en productiviteit van fytoplankton is rechtstreeks gekoppeld aan waterkwaliteit (o.a. temperatuur, nutriënten, troebelheid, toxische stoffen), hydrodynamica (verblijftijden) en 'global change' (zie o.a. de hoofdstukken 3.2. Hydrodynamiek, 4.3. Nutriënten en organische belasting, 4.4. Lichtklimaat, 4.5. Temperatuur, en 4.7. Toxische stoffen).

Figuur 6.2.3 schets de rol van de verschillende krachten die een invloed uitoefenen op de beschikbaarheid van nutriënten en lichtinval (via turbulente menging en SPM en mogelijke stratificatie) beschikbaar voor de primaire producenten en de andere trofische niveaus. Monitoring voor ecologisch functioneren kan dus niet los gezien worden van monitoring van algemene fysico-chemie van water en bodem. Hierbij moet ook bedacht worden dat microverontreinigingen en zware metalen direct en indirect de effecten van eu- en oligotrofiëring kunnen beïnvloeden. Enerzijds kunnen deze stoffen de primaire producenten rechtstreeks remmen in hun groei, anderzijds kunnen de toxische stoffen de grazers van de algen benadelen (zie hoofdstukken 6.4. Zoöplankton en 6.6. Macrozoöbenthos) waardoor de graasdruk kan wegvallen en de algenbiomassa groter kan worden.

Een belangrijk aspect van het fytoplankton is de soortensamenstelling (functionele groepen). De vetzuursamenstelling van algen lijkt grote invloed te hebben op hun voedingswaarde voor hoger trofische niveaus. Vooral de aanwezigheid van de langere

onverzadigde vetzuren eicosapentaeenzuur (EPA, 20:5,n-3) en docosahexaeenzuur (DHA, 22:6,n-3) lijken hierbij van belang. Vooral diatomeeën en haptofyten lijken over de goede vetzuren te beschikken, terwijl groenwieren en cyanobacteriën een minder goede vetzuursamenstelling (kortere vetzuren) lijken te hebben (Dijkman & Kromkamp, 2006; Dijkman *et al.*, 2009). Figuur 6.2.4 geeft een mooi voorbeeld van het belang van de samenstelling van het fytoplankton in relatie tot de productiviteit van het zoöplankton. De relatie tussen de groei van het zoöplankton en de vetzuursamenstelling (EPA) blijkt veel sterker te zijn dan de relatie tussen groei en de kwantiteit aan C, N of P (Brett & Muller-Navarra, 1997). Het is hierom van belang inzicht te hebben in de samenstelling van het fytoplankton op basis van de functionele groepen. Om die reden is bij de indicatoren aandacht besteed aan de analyse van markerpigmenten: m.b.v. deze markerpigmenten kan de functionele groepsamenstelling worden bepaald. Deze analyse is eenvoudig uit te voeren (een verfijning van de HPLC-chlorofyl analyse) omdat m.b.v de extractie al deze markerpigmenten tegelijkertijd worden geëxtraheerd en kunnen worden geanalyseerd met hetzelfde systeem.

486 M.T. Brett and D.C. Müller-Navarra

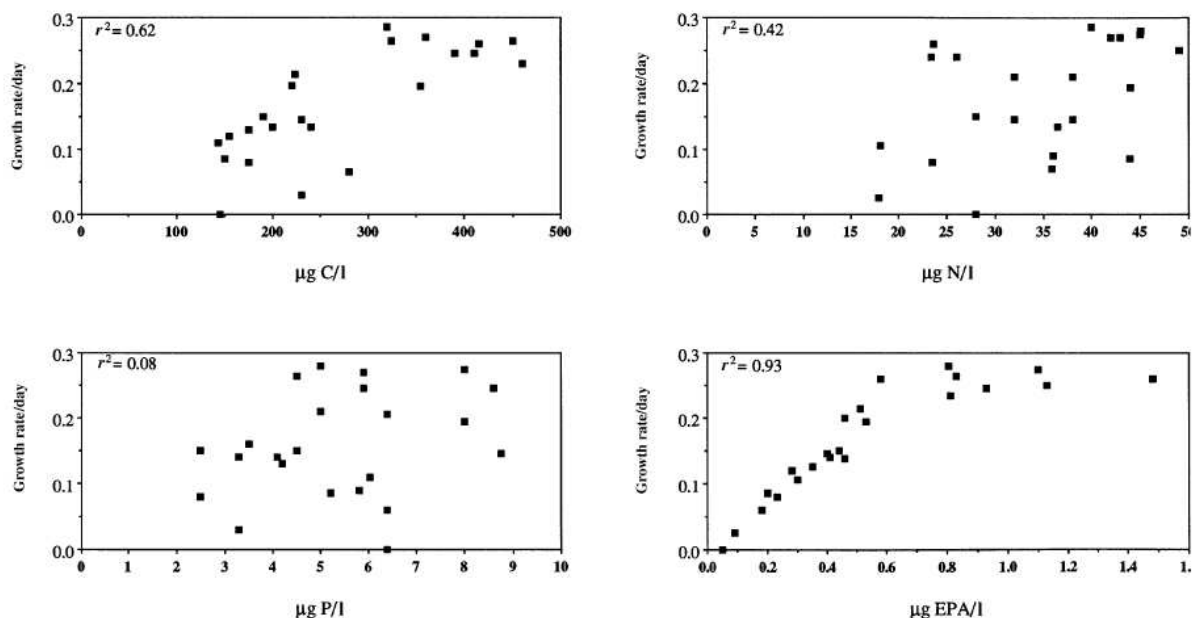
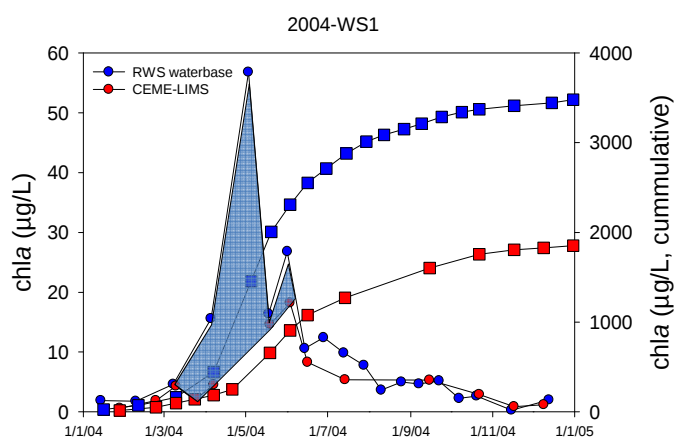


Fig. 2 The relationship between seston C, N, P and highly unsaturated fatty acids (HUFA) content and *Daphnia* growth in Schöhsee, Germany (from Müller-Navarra, 1995b). All seston was passed through a 30- μm screen prior to adding to the flow-through system. Each observation represents one experiment lasting 6 days.

Figuur 6.2.4 Relatie tussen de groei van zoöplankton en de hoeveelheid aan seston C, N, P en EPA. Afkomstig uit Brett & Muller-Navarra (1997).

Fytoplanktonbiomassa in relatie tot de primaire productie:

Ongeveer de helft van de primaire productie op Aarde wordt door het fytoplankton voor zijn rekening genomen (Field *et al.*, 1998). Fytoplankton maakt echter ongeveer 1% van de totale biomassa aan levend koolstof uit. De consequentie hiervan is dat de turnovertijd van fytoplankton heel hoog is in vergelijking met de turnovertijd van de terrestrische primaire producenten. Zoals ook al uit figuur 6.2.2 is af te leiden, is de fytoplanktonbiomassa te beschouwen als een fluxvariabele; het resultaat van groei of primaire productie en verliesprocessen. De turnovertijd van het fytoplankton varieert door het seizoen en varieert tussen de 1 a 2 weken in de winter/vroege voorjaar tot 0.5

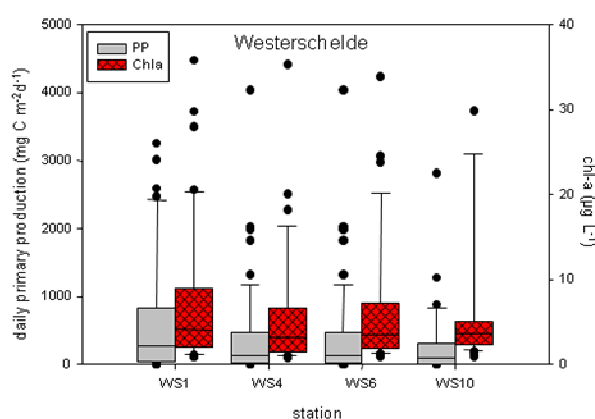
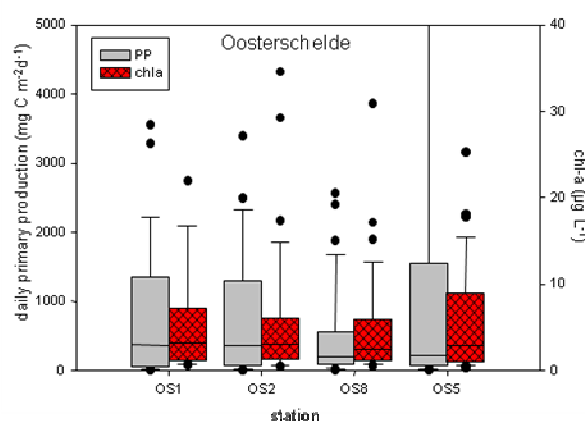


Figuur 6.2.5 Dynamiek in chlorofyl a biomassa (circels) gemeten door RWS (blauw) en CEME (rood). De vierkantjes geven de cumulatieve chl-getallen. Doordat het CEME minder frequent monsterte miste het de piek in de fytoplankton bloei, en als gevolg hiervan is het (gewogen) jaargemiddelde berekend m.b.v. CEME waarden 50% van die van de RWS waarde. Het door het CEME gemiste deel is blauw ingekleurd. Afkomstig uit Kromkamp & Van Engeland (2010).

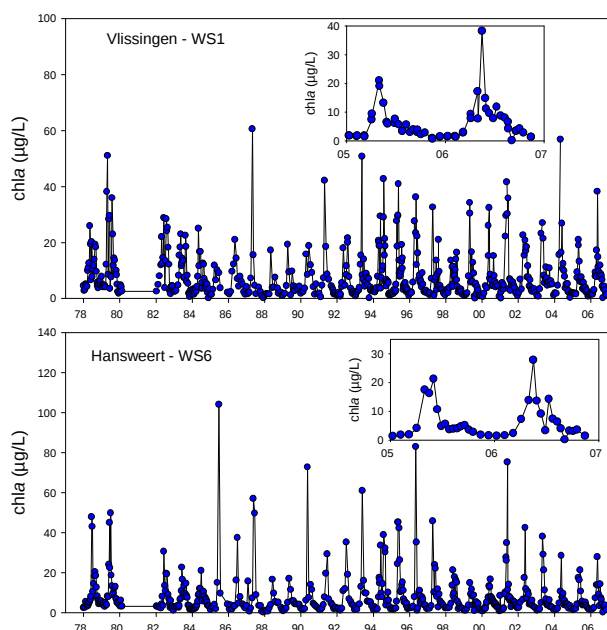
tot 7 dagen in de zomer. Zoals blijkt uit figuur 6.2.5 waar 2 parallel lopende monsterprogramma's met verschillende monster intensiteit worden vergeleken, heeft dit consequenties voor het gewenste monitoringsprogramma, omdat bij 'undersampling' de gemiddelde chlorofyl-concentratie veel lager kan uitpakken dan dat die in werkelijkheid is. Idealiter dient er dus een monitoringspramma te worden opgezet dat gebruikt maakt van continu metingen (zie kader over fluorometrie elders in dit hoofdstuk).

Omdat de fytoplanktonbiomassa door zowel bottom-up-factoren (nutriënt- of lichtlimitatie en temperatuur) als door top-down-factoren (begrazing, virusinfecties, lysis, etc) wordt beïnvloed, kan de hoeveelheid primaire productie per gemeten biomassa aan fytoplankton sterk verschillen.

Figuur 6.2.6 laat dit in een voorbeeld zien voor twee naast elkaar liggende systemen; de Oosterschelde en de Westerschelde, waarbij eerstgenoemde een veel hogere productie/biomassa (P:B) ratio kent. De verschillen kunnen deels worden verklaard uit de hoge troebelheid van de Westerschelde waardoor de respiratoire verliezen van het fytoplankton hoger zijn dan in de Oosterschelde. Vanwege de hogere primaire productie in de Oosterschelde kan de productie van de hogere trofische niveaus dus ook groter zijn.



Figuur 6.2.6. Primaire productie (PP) met bijbehorende fytoplankton biomassa (chl-a) voor stations in de Oosterschelde en de Westerschelde. Hoewel de chlorofyl concentraties in beide estuaria nauwelijks van elkaar lijken te verschillen, is de primaire productie in de Oosterschelde duidelijk hoger. Hieruit blijkt dat de fytoplanktonbiomassa niet zomaar als proxy voor de primaire productie kan worden gebruikt zonder inzicht in de relaties tussen primaire productie en fytoplankton biomassa.

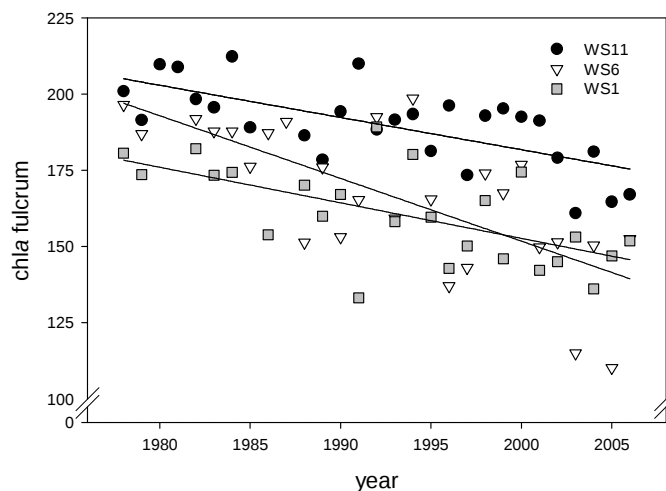


Figuur 6.2.7. Chlorofyl a tijdreeksen voor 2 monsterlocaties in de Westerschelde. Afkomstig uit Kromkamp & Van Engeland (2010).

berekend dan lijkt er een duidelijke periodiciteit aanwezig in de jaargemiddelde fytoplankton biomassa. Spectraal analyse en 'wavelet'-analyse bevestigen beiden deze periodiciteit met een periode van ongeveer 7 jaar (Figuur 6.2.8). De oorzaak van deze periodiciteit lijkt gekoppeld aan periodiciteit in rivierafvoer. Ondanks deze periodiciteit vertoont het langjarig-gemiddelde geen significante toe- of afname, afgezien van het station WS11 op de Vlaams-Nederlandse grens (wat een afname te zien gaf, waarschijnlijk een gevolg van een toename in begrazing veroorzaakt door een toename in copepoden, die op hun beurt weer profiteerden van de verbeterde zuurstof omstandigheden).

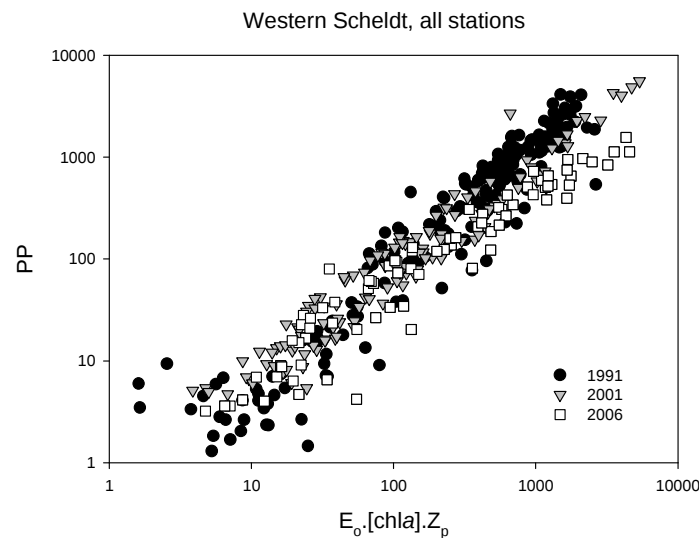
Door het cumulatief verloop van de chl-a-concentratie te berekenen kan met een eenvoudige sigmoïdale fit de dag berekend worden waarop het fytoplankton 50% ("D50") van zijn jaarlijkse biomassa bereikt. Een analyse van deze gegevens voor de stations Vliissingen

Vanwege de grote locale invloeden vertonen kustecosystemen grote variatie in de fenologie van de algenbloei. Sommige systemen vertonen een regelmatig patroon zoals de jaarlijks terugkerende voorjaarsbloei (bijv. de Westerschelde), terwijl sommige patronen een door "events" gedreven patroon vertonen, zoals Tampa bay waar grote stormen/hurricanes het dominerende element in de tijdsreeksen van fytoplankton biomassa vormen. Figuur 6.2.7 laat als voorbeeld het verloop in chl-a zien bij Vliissingen en Hansweert in de Westerschelde. Duidelijk is het regelmatige patroon te zien van de jaarlijks terugkerende voorjaarsbloei te zien, die stroomopwaarts langzaam in een zomerbloei verandert. Ondanks dit regelmatige patroon is ook de zien het maximum van de bloei van jaar tot jaar varieert. Om die reden is nader gekeken naar de variatie van jaar tot jaar, gebruik makend van jaargemiddelde chl-a concentraties. Als de anomalieën (positieve of negatieve afwijkingen van het langjarig gemiddelde worden



Figuur 6.2.9. Analyse van de dag waarop het cumulatief chl-a gehalte 50% van het totaal bereikt, overeenkomend met die dag waarbij het gemiddelde voor en na die dag hetzelfde is. Uit Kromkamp & Van Engeland (2010).

(WS1), Hansweert (WS6) en Doel/grens (WS11) over de periode 1978-2006 laat zien



Figuur 6.2.10. Relatie tussen de 'Cole & Cloern' parameter (het product van de dagelijkse instraling, de chl-a concentratie en de fotische diepte, en de gemeten primaire productie. Vooral in 2006 is de regressiecoëfficiënt a in de vergelijking flink afgenomen t.o.v. eerdere jaren.

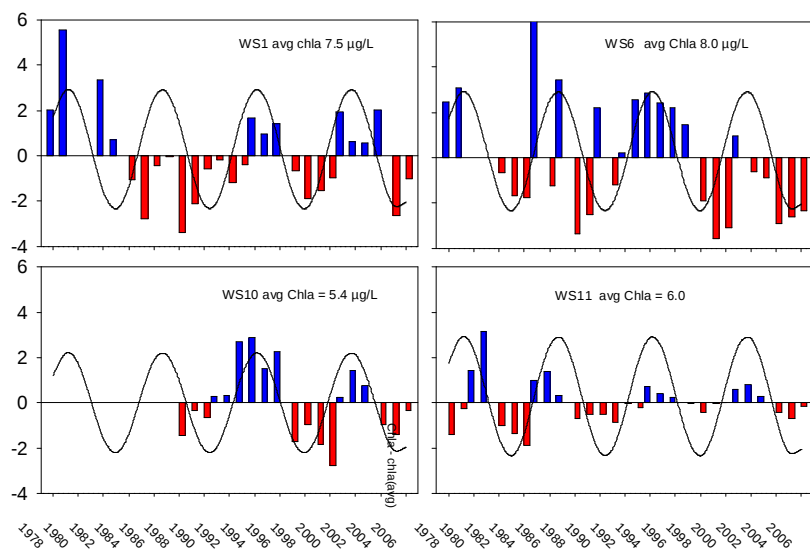
dat in alle stations deze dag naar voren schuift in de tijd: met ongeveer 1.1 dag/jaar voor WS1 en WS11, en met 2 dagen/jaar voor WS6: dit komt overeen met een vervroeging van de bloei van 1-2 maanden in de geanalyseerde periode van bijna 30 jaar. Een vergelijkbare analyse werd gedaan op het begin en het einde van de bloei. Dat leverde een complex beeld op: in Vlissingen vindt de verschuiving van D50 vooral plaats door een eerder einde aan de bloei waardoor de bloeiperiode afneemt van 130 naar 100 dagen. In Hansweert vervroegen zowel de start als het einde van de bloei en aan de grens start de bloei eerder maar verandert het einde van de fytoplanktonbloei niet, waardoor de bloeiperiode toeneemt van 100 naar 140 dagen.

De vraag is of deze grote veranderingen in de fenologie van de bloei gevolgen hebben voor de mogelijke primaire productie. Veel primaire productie metingen zijn er niet van de Westerschelde maar Kromkamp & Peene (2005) vergeleken de productie in 1992 en 2001 en concludeerde dat die niet wezenlijk verandert was. In dit en een eerder artikel (Kromkamp *et al.*, 1995) werd ook aangetoond dat de primaire productie (PP) redelijk kon worden geschat m.b.v. een simpel empirisch model volgens Cole and Cloern (1987):

$$PP = a * E_a * (chl a) * \frac{4.6}{k_d} + b$$

, waarbij a en b empirische 'fit'

constanten zijn en $4.6/k_d$ gelijk is aan de fotische diepte (1% lichtdiepte).



Figuur 6.2.8. Tijdserie in chl a anomalieën. Jaren waarbij het jaargemiddelde groter is dan het langjarig gemiddelde zijn blauw, terwijl jaren met minder dan het gemiddelde rood zijn gekleurd. De sinus geeft de periodiciteit weer. Uit Kromkamp & Van Engeland (2010).

“Actieve Fluorometrie”:

De fotosynthese activiteit is ook te meten m.b.v. actieve fluorescentietechnieken. Een klein deel van het door algen (1-5%) geabsorbeerde licht wordt weer uitgezonden in de vorm van fluorescentie. Van dit principe maken eenvoudige fluorometers gebruik (bijvoorbeeld die op een CTD) om de hoeveelheid algen te kwantificeren. Echter, de quantum efficiëntie van de fluorescentie is niet constant, maar hangt af van de fotosyntheseactiviteit. Na een donker adaptatie zijn de fotosynthese reactiecentra open en is de fluorescentie (per eenheid chl_a, eigenlijk per fotosysteem II (PSII) minimaal (F_o). Als alle PSII reactiecentra worden gesloten is de fluorescentie maximaal (F_m). Dus, in het donker is de fluorescentie gedoofd (gequenched), en dit komt vooral omdat de geoxideerde vorm van Q_A , de 1ste stabiele electronen acceptor in PSII de fluorescentie quenched. Als Q_A wordt gereduceerd in het licht neemt de quenching af en de fluorescentie dus toe. Slimme fluorometers (zoals de PAM of the FastTracka (een Fast Repetition Rate Fluorometer) geven een korte puls met een zeer hoge lichtintensiteit (een aantal malen de intensiteit van zonlicht) om F_m te meten. Uit F_o en F_m kan de maximale quantum efficiëntie van PSII gemeten worden (F_v/F_m):

$$F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$$

Op dezelfde manier kan de effectieve quantumefficiëntie gemeten worden:

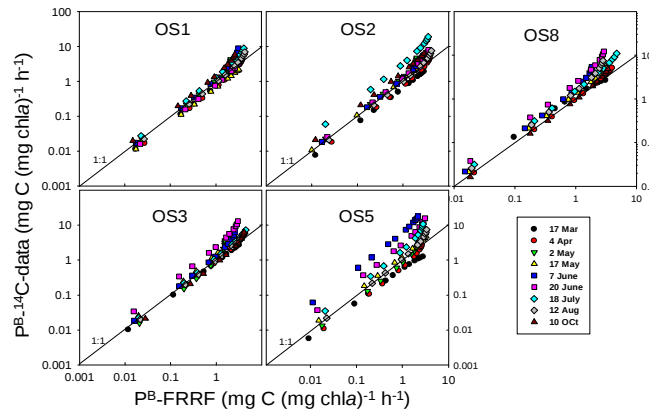
$$\Delta F/F_m' = (F_m' - F_s)/F_m'$$

waarbij F_m' de maximale fluorescentie is in de lichtgeactiveerde toestand en F_s de “steady state” fluorescentie in het licht. Door $\Delta F/F_m'$ te vermenigvuldigen berekent men de relatieve snelheid van het fotosynthetisch electronen transport. Het is relatief omdat het gebaseerd is op invallend licht en niet op geabsorbeerd licht. M.b.v. de FastTracka kan de functionele absorptiedoorsnede σ_{PS2} gemeten worden. Dit is een maat voor de hoeveelheid licht die wordt geabsorbeerd EN gebruikt voor fotosynthetisch electronen transport. M.b.v. deze parameters kan de CO₂ fixatie als volgt gemeten worden:

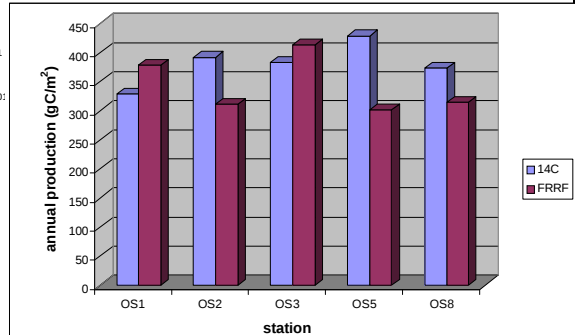
$$P^B (mgC(mg chl_a)^{-1} h^{-1}) = E \cdot \frac{\Delta F}{F_m'} \cdot \sigma_{PS2} \cdot n_{PS2} \cdot \Phi_e$$

Hierbij is E de lichtintensiteit, n_{PS2} het aantal PSII eenheden per mg chlorofyl *a* (er wordt meestal aangenomen dat er 1 PSII per 500 mol chl-*a* is, dus $n_{PS2}=0.002$), en Φ_e de electron yield voor C-fixatie (mol CO₂/mol electrons)). Vergelijking 6.2.3 is toegepast om uit de FRRF metingen om de C-fixatie te schatten. De data in Fig. 6.2.11 zijn in 2005 bepaald voor de in de Oosterschelde, waarbij aan boord fotosynthese lichtcurves m.b.v. een geautomatiseerde FRRF opstelling zijn gemeten. Zoals te zien in Fig. 6.2.11 liggen de meeste data iets boven de 1:1 lijn, hetgeen betekent dat de 14C-data schattingen iets hoger zijn dan de FRRF schattingen. Verder valt op dat het verband vrijwel seizoenonafhankelijk is (m.u.v. OS5) en dat de stations erg op elkaar lijken. Uit de regressiecoëfficiënten is 1 gemiddelde regressiecoëfficiënt bepaald. Deze regressiecoëfficiënt is op te vatten als een correctiefactor op de aannames voor de waarden van de parameters n_{PS2} en Φ_e . M.b.v. deze gemiddelde correctiefactor werd vervolgens opnieuw de jaarproductie geschat (gC/m²) geschat. De gemiddelde verschillen zijn < 10%, m.u.v. station OS5 (in de Noordelijke tak bij de Keeten Krabbenkreek), waarbij een aantal uitschieters waren veroorzaakt door een aantal foutieve C14 metingen en een aantal metingen met de FRRF in een oppervlaktelaag van de zoetwater-cyanobacterie *Microcystis*, die kennelijk door de sluizen in de Philipsdam de noordelijke tak waren ingedreven. Uit dit resultaat mag blijken dat de door het CEME ontwikkelde geautomatiseerde FRRF opstelling een veelbelovende manier lijkt om de primaire productie te monitoren. Op basis van deze resultaten is een FP7-EU project gehonoreerd waarin het CEME o.l.v. J.C. Kromkamp probeert een geautomatiseerd en autonoom platform te ontwikkelen wat kan worden ingezet op “ships of opportunity”, het liefst in combinatie met een ferrybox. Meer info kan worden gevonden op

www.protocol-project.eu.



Figuur 6.2.11. Relatie tussen C-fixatie gemeten m.b.v de FRRF (X-as) en de met de C14-methode gemeten C-fixatie (Y-as) voor 5 stations in de Oosterschelde in verschillende perioden van het jaar 2005. Data Kromkamp (unpublished).



Figuur 6.2.12. Vergelijking jaarproductie gemeten m.b.v. de C14-techniek en de FRRF (dezelfde correctiefactor voor alle stations). Data Kromkamp (unpublished).

Zoals aangegeven is het zeer waardevol om wanneer beschikbaar continu metingen te gaan gebruiken voor de evaluatie van primaire productie. Vooralsnog is de methodiek echter nog niet voldoende uitgewerkt, en wordt er nog niet standaard op deze manier gemonitord. In het ideale geval kan de PROTOOL methodiek in de Westerschelde (verder) worden ontwikkeld naast het toepassen van de monitoring via de gebruikelijke C14-methode. Wanneer gereed zou dan tzt de C14 methode kunnen worden vervangen door de PROTOOL methodiek. Voor als nog gaat deze evaluatie uit van de bestaande methodiek en het bestaande monitoring programma; maar er zal worden aangegeven waar de evaluatie in de toekomst kan worden verbeterd (daar een volwaardige evaluatie primaire productie op dit moment eigenlijk niet mogelijk is).

M.b.v. deze relaties (verkregen via J.C. Kromkamp) heeft RWS in het verleden ook de primaire productie geschat voor de MOVE-rapportage. De vraag is echter hoe geldig dit model is. Sinds 2006 wordt de primaire productie in de Westerschelde weer bepaald door het CEME, gebruikmakend van de klassieke C14-methode en m.b.v. een actieve fluorescentietechniek (zie kader). De resultaten laten zien dat de P:B-ratio vooral tussen 2001 en 2006 flink is veranderd. De regressie-coëfficiënt a in vergelijking 1 is afgenomen van 1.3 in 1991 via 1.0 in 2001 naar 0.3 in 2006. Dit betekent dat de primaire productie sinds 2001 slechts 30% van die in 2001 bedraagt: dit is een enorme afname in de primaire productie en dus een enorme afname in de draagkracht. Was 2006 een afzonderlijk jaar of is er sprake van een trend? Alleen PP-monitoring kan deze vraag beantwoorden omdat er geen enkele manier is die de veranderingen in de regressiecoëfficiënten van vergelijking 1 kan voorspellen.

Microfytobenthos:

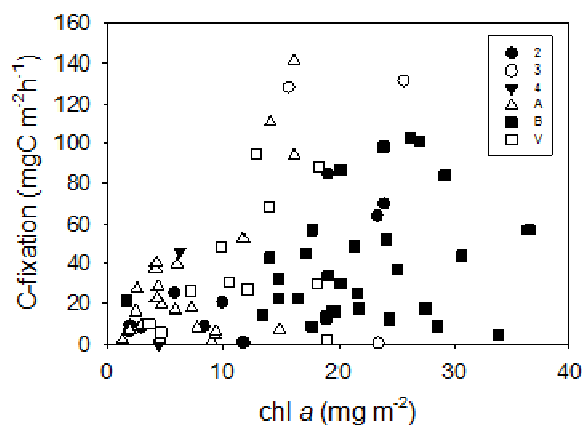
Bentische microalgen of microfytobenthos (MPB) zijn belangrijke primaire producenten. De primaire productie van MPB kan 50% of meer bedragen van de totale primaire productie in een estarium (Underwood & Kromkamp 1999). Maar MPB zijn ook belangrijke ecosysteembouwers omdat ze relatief grote hoeveelheden extracellulaire polymere substanties (EPS; vnl koolhydraten) uitgescheiden met name tijdens de verticale migratie. Hiermee stabiliseren ze het sediment (Paterson, 1989; Underwood &

Kromkamp, 1999; Underwood & Paterson, 2003). Behalve stabilisatie van het sediment vangt het EPS ook fijn sediment in, waardoor het lichtklimaat in de waterkolom verbeterd.

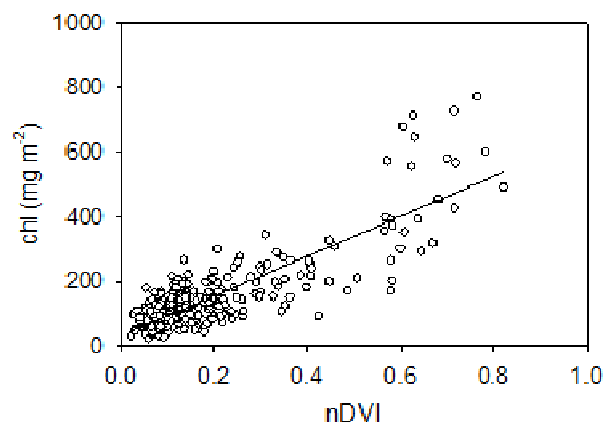
Metten van MPB primaire productie

Er zijn verschillende technieken beschikbaar zijn om primaire productie van MPB te meten die zo hun voor en nadelen hebben. Uiteraard zijn we gedurende de evaluatie afhankelijk van de beschikbare meetgegevens, maar we dienen ons wel te realiseren dat die gegevens bestaan uit afgeleiden, en niet zo maar uitwisselbaar zijn.

Metingen door middel van de ^{14}C -methodiek in overeenstemming met de fytoplanktonmetingen zijn voor een aantal locaties in het Schelde estuarium beschikbaar. Hierbij wordt de bovenste laag van een aantal cores gepooled, verdund m.b.v. gefiltreerd sitewater (slurry) en vervolgens geïncubeerd in een fotosynthesetron (Barranguet & Kromkamp, 2000). Met behulp van de fotosyntheseparameters en aannames voor de verticale verdeling van het microfytobenthos en de lichtverzwakkingscoëfficiënt van het sediment kan vervolgens de dagelijkse primaire productie worden berekend. Een complicerende factor hierbij is echter dat rekening gehouden moet worden met het getij. In de meeste gevallen zal bij hoogwater de productie van het MPB nihil zijn, gezien de troebelheid van het water. Een andere methode is het gebruik van zuurstof microelectrodes die zeer gevoelig zijn voor patchiness op kleine schaal. Het meten van zuurstofmicroprofielen bij verschillende lichtintensiteiten neemt veel tijd in beslag, en vervolgens moeten bij het fitten ook aannames gemaakt worden over de porositeit van het sediment. Dan is er nog de light-dark shift techniek (Revsbech & Jørgensen, 1983) die wellicht beter werkt, maar zeer tijdrovend is en ook niet geschikt voor routine monitoring. RWS baseert schattingen van MPB primaire productie op de biomassa en de instraling. Zoals te zien in figuur 6.2.13 is de relatie tussen MPB biomassa (chl-*a*) en de primaire productie (gemeten als C-fixatie in een slurry) niet zo goed.



Figuur 6.2.13. Relatie tussen MPB biomassa (chl-*a*) en gemeten C-fixatie. Data Barranguet & Kromkamp (2000).



Figuur 6.2.14. Relatie tussen de nDVI en het chlorofyl in een aantal Europese estuaria (Kromkamp *et al.*,

2006):
$$\text{nDVI} = \frac{R_{750} - R_{675}}{R_{750} + R_{675}}$$

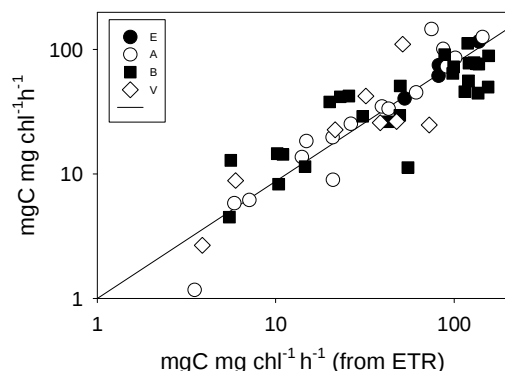
Alternatieve methodieken voor het meten van MPB-biomassa zijn gebaseerd op optische technieken m.b.v. fluorometrie (bijv. m.b.v. een PAM (F_0)) of door toepassing van spectrale reflectie. De laatste techniek heeft de voorkeur omdat die onderhevig is aan veranderingen in de fluorescentie-efficiëntie. In een vergelijk van MPB populaties in verschillende Europese estuaria bleek dat de hoeveelheid chl-*a*, gemeten m.b.v. de contact-core-techniek, goed geschat kon worden m.b.v. van de normalised

difference vegetation-index (nDVI). Er was geen significant verschil in de relatie tussen de nDVI en het chl-a-gehalte van het sediment van de verschillende estuaria. De relatie verklaarde 71% van de variatie. Latere toepassing in de Westerschelde (Kromkamp & Forster, unpublished) liet zien dat de r^2 van de relatie kon worden verbeterd naar 0.84, waardoor m.b.v. deze techniek een goede schatting van de MPB-biomassa mogelijk lijkt. Uiteraard zal de relatie op ieder nieuw systeem opnieuw moeten worden gecalculeerd omdat niet a priori kan worden aangenomen dat voor ieder estuarium hetzelfde verband geldt.

Net als voor het fytoplankton is het ook mogelijk om de primaire productie van het MPB te schatten m.b.v. actieve fluorescentietechnieken (Kromkamp & Forster, 2006). Figuur 6.2.15 laat het verband zien tussen de geschatte en gemeten C-fixatie m.b.v. de slurry-techniek (Barranguet & Kromkamp, 2000).

De C-fixatie gemeten met de PAM is als volgt berekend: $P^B = EE \times \Delta F/F_m' \times E$, waarbij E de lichtinstraling is, $\Delta F/F_m'$ de fotosynthese efficiëntie gemeten met de PAM en EE een empirische conversiefactor (die voor alle 4 getoonde stations (zowel uit Oosterschelde als Westerschelde) gelijk was (Barranguet & Kromkamp 2000)). Deze resultaten laten zien dat een snelle bepaling van de primaire productie in principe mogelijk is m.b.v. een PAM-meting. Berekening van de totale primaire productie vereist kennis van de horizontale en verticale verspreidingspatronen en overstromingsduur. Deze relatie kan worden verbeterd door gebruik te maken van F_0 als indicator voor de biomassa in de fotische diepte (Serodio 2003; Forster & Kromkamp 2004). De relatie wordt dan:

$$P^B = F_0 \times EE \times \Delta F/F_m' \times E$$



Figuur 6.2.15. Relatie tussen gemeten en geschatte C-fixatie via ETR metingen m.b.v. een PAM (Barranguet & Kromkamp, 2000). De symbolen zijn voor verschillende stations in zowel de Westerschelde als de Oosterschelde.

Momenteel wordt gebruik gemaakt van de C14-fixatie volgens de slurry techniek, op een aantal stations. Ook voor de evaluatie van de primaire productie van het MPB zijn we aangewezen op de beschikbare gegevens en de momenteel uitgevoerde monitoring. Echter ook in het geval van MPB zou het zeer waardevol zijn om de monitoring uit te breiden met een andere techniek; in dit geval met PAM-metingen (rapid light curves). Verder is een op remote sensing gebaseerde techniek momenteel in ontwikkeling die het voordeel zal hebben dat die eenvoudig gebiedsdekkend kan worden ingezet. Deze techniek vereist nog calibratie m.b.v. reflectiespectra en contact cores volgens Van der Wal *et al.* (2010), waarbij idealiter ook een vergelijking kan worden gemaakt met C14- en PAM-metingen, zodat eventueel zou kunnen worden besloten om voor de monitoring over te stappen op een andere methodiek, en een latere evaluatie op basis van remote sensing gegevens uit te voeren.

Er zijn drie vormen MPB:

- epipsammon, MPB (vnl kleine pennate diatomeeën < 10 μm), die zich stevig aan zandkorrels hechten. Dit type MPB vindt men vooral in de gebieden met een grotere getijde-energie.
- epipelon. Dit bestaat vooral uit pennate diatomeeën, vaak groter dan 10 μm . Deze pennate diatomeeën vertonen verticale migratie. Die migratie lijkt onder controle te staan van een endogene klok, omdat het migratieritme doorgaat als

een sediment-core in het donker wordt geplaatst in afwezigheid van een getij (Serôdio *et al.* 1997). De diatomeeën migreren alleen naar het oppervlak als het laagwater overdag valt. Epipelon vindt met vooral op het zachtere sediment wat een hoog silt/fijn zand gehalte heeft.

- Tychoplanktonisch MPB: Deze algen hebben zowel een bentische als pelagische levenswijze.

Het belang van MPB in estuaria is dus voor een deel afhankelijk van het oppervlak aan intergetijdegebied. Daarnaast is het type sediment belangrijk: Epipelon is meestal in hogere concentraties aanwezig dan epipsammon en epipelische diatomeeën dragen een eigen, deels bentisch voedselweb (slakken als *Hydrobia* sp., garnaaltjes als *Corophium* sp., en predatoren als zagers (*Nereis* sp.)). In zandigere sedimenten vind men vooral borstelwormen als *Arenicola* sp. en soorten met filtrerende voedingswijze waaronder vele schelpdiersoorten. De organismen van zandigere sedimenten zijn vooral afhankelijk van het fytoplankton.

Door het verschijnsel van verticale migratie en variabele sedimentsamenstelling is het moeilijk om de microfytobenthos biomassa op de schaal van een getijdeplaat te meten. Vroeger had RWS voor de gehele Westerschelde een intensief programma met vele raaien dat maandelijks werd bemonsterd. Nu wordt naar verluid nog 4x per jaar het MPB bepaald op dezelfde locaties als voorheen. In Vlaanderen wordt het MPB intensiever bemonsterd. Een intensieve monitoring van het MPB is ook essentieel omdat de weersomstandigheden invloed hebben op de metingen. Bij een lage meetfrequentie zal het moeilijk zijn om weereffecten te onderscheiden van veranderingen in biomassa. In Nederland wordt de primaire productie van MPB niet gemeten, en in de (Zee)schelde en haar zijrivieren wordt daar binnenkort mee begonnen. In het verleden heeft het CEME wel productie gemeten, maar niet systematisch.

6.2.2. Indicatoren

De evaluatiemethodiek Primaire Productie is opgebouwd rond de twee van elkaar te scheiden onderdelen op basis van de situering in het systeem; fytoplankton en microfytobenthos. Voor beide onderdelen worden 3 indicatoren onderscheiden, namelijk chlorofyl a concentratie (Chl-a_{fp} & $\text{Chl-a}_{\text{MPB}}$), markerpigment concentraties ($\text{chl}b$, $\text{chl}c$, FX , PD , AX , Zea , Can)_{fb, MPB}) en primaire productie (PP_{fp} & PP_{MPB}), met daar aan toegevoegd voor het fytoplankton de *Phaeocystis* sp en *Noctiluca scintillans* cellen dichtheden (Phaeo & Nocti). In totaal wordt er dus gebruik gemaakt van 8 indicatoren (of wanneer alle geevalueerde pigmenten afzonderlijk worden meegerekend 20 (sub)indicatoren).

Chlorofyl-a-concentratie (Chl-a_{fp} & $\text{Chl-a}_{\text{MPB}}$):

De chlorofyl-a-concentratie in $\mu\text{g/l}$ voor het fytoplankton en in mg/m^2 voor het microfytobenthos wordt bepaald als indicator voor de fytoplanktonbiomassa. Voor de microfytobenthosbiomassa wordt zowel de gemiddelde jaarconcentratie als het tijdstip met een piekconcentratie, en het segment met een piekconcentratie geëvalueerd.

Markerpigment concentraties ($\text{chl}b$, $\text{chl}c$, FX , PD , AX , Zea , Can)_{fb, MPB}:

De markerpigment concentratie in $\mu\text{g/l}$ voor het fytoplankton en in mg/m^2 voor het microfytobenthos wordt bepaald als indicator voor de biomassa van de verschillende functionele groepen. Voor de microfytobenthos biomassa wordt zowel de gemiddelde

jaarconcentratie als het tijdstip met een piekconcentratie, en het segment met een piekconcentratie geëvalueerd.

Primaire productie (PP_{fp} & PP_{fb}):

De Primaire productie van zowel het fytoplankton als het microfytobenthos wordt bepaald per locatie en berekend als gemiddelde hoeveelheid geïntegreerde koolstof per jaar in $g\ C\ L^{-1}y^{-1}$ of $g\ C\ m^{-2}y^{-1}$ vanuit de bepaalde producties per uur.

Phaeocystis sp cellendichtheid (Phaeo):

Het aantal cellen van *Phaeocystis sp* wordt bepaald per liter. Naast de jaargemiddelden worden de perioden en de segmenten met meer dan 10^6 cellen/l bepaald.

Noctiluca scintillans cellendichtheid (Nocti):

Het aantal cellen van *Noctiluca scintillans* wordt bepaald per liter. Naast de jaargemiddelden worden de perioden en de segmenten met meer dan 10^4 cellen/l bepaald.

6.2.3. Spatieel en temporeel bereik

De evaluatie van zowel fytoplankton als microfytobenthos zal plaats vinden op niveau 3, waarbij dus voor ieder segment ten minste één meetstation benodigd is. Alle indicatoren worden hierbij maandelijks bepaald, waarvoor een maandelijks meting, en gedurende de zomermaanden (Maart – Augustus) twee maal per maand een meting, benodigd is. Voor alle indicatoren wordt de ontwikkeling van de jaargemiddelden geëvalueerd per segment niveau 3 (voor andere evaluaties zal ook het gemiddelde voor de chlorofyl a en fucoxanthine concentratie per segment op niveau 2 en niveau 1 benodigd zijn; zie de hoofdstukken 6.3. Macrofyten, 6.4. Zoöplankton en 6.6. Macrozoöbenthos).

Ontwikkelingen in de tijd zijn van belang voor Chl-a, de markerpigmenten, Phaeo en Nocti, waarbij de locatie en het moment van de piek, en de duur van overschrijding (Phaeo en Nocti) wordt geëvalueerd. Op T_0 zullen voor zover mogelijk de indicatoren worden vergeleken met een referentiesituatie, of in ieder geval met de waarden voor een voorafgaande periode. Vervolgens kunnen voor de T_0 en daarop volgende evaluaties trend en trendbreuk analyses worden uitgevoerd.

Als input voor het ecosysteemmodel (zie evaluatiemethodiek Fysico-chemie; Hoofdstuk 4) is voor de chlorofyl-a-concentratie bepalingen wellicht een uitgebreider netwerk van meetpunten noodzakelijk, met ten minste één meetlocatie per segment niveau 4. Er dient te worden nagegaan in hoeverre dit wordt gehaald, en of er problemen ontstaan bij de huidige meetintensiteit. Zoals aangegeven is het in de zomermaanden van belang dat er ten minste twee maal per maand wordt gemeten om piek concentraties niet te missen. Zoals eerder beschreven is het aan te bevelen om het overstappen naar een continu meetnet te overwegen, en geleidelijk van methodiek te gaan veranderen (met tijdelijk een parallel spoor voor de metingen).

6.2.4. Benodigdheden

De fytoplanktonmonitoring wordt grotendeels reeds in het kader van MONEOS uitgevoerd. Voor de microfytobenthosmonitoring zal het bestaande meetpuntennetwerk wellicht dienen te worden uitgebreid. Verder worden er nog verschillende meetmethodieken gehanteerd, in Vlaanderen en Nederland. Idealiter wordt er aan de

Nederlandse kant aangesloten bij het meetprogramma voor Vlaanderen, en wordt er een parallel spoor ingezet om in de toekomst mogelijk te kunnen overgaan naar in situ-metingen, PAM-methodiek, en het gebruik van remote sensing-opnamen voor de gebiedsdekkende inventarisatie van pigmenten voor het microfytobenthos. Chlorofyl a en Fucoxanthine worden momenteel al reeds bepaald door middel van reflectie opnamen, waarbij het gehele spectrum zou kunnen worden geëvalueerd. De huidige methodiek beveelt aan om meerdere functionele groepen te gaan onderscheiden, en ontwikkelingen in pigment verhoudingen te analyseren met behulp van daarvoor ontwikkelde programmatuur (matrix-cluster-algoritmen) zoals Chemtax.

De indicatoren Primaire productie, zullen worden geëvalueerd in combinatie met retentietijd (hoofdstuk 3.2.), temperatuur (hoofdstuk 4.5. Temperatuur), saliniteit (hoofdstuk 4.6. Saliniteit), doorzicht (hoofdstuk 4.4. Lichtklimaat), nutriënten en nutriëntverhoudingen (hoofdstuk 4.3. Nutriënten en organische belasting), areaal aan intertidaal gebied (hoofdstuk 5.2. Habitatareaalverdeling en dynamiek) en begrazingsdruk (hoofdstukken 6.4. Zoöplankton en 6.6. Macrozoöbenthos). Uiteindelijk wordt de fytoplanktonbiomassa een belangrijke input parameter in het ecosysteemmodel (modellering is beschreven in hoofdstuk 4), zodat alle factoren geïntegreerd geanalyseerd kunnen worden en er scenarioberekeningen kunnen worden uitgevoerd.

6.2.5. Beoordeling

Primaire productie (PP_{fp} & PP_{fb}):

De primaire productie in het systeem voor zowel het fytoplankton als het microfytobenthos kan een toename laten zien doordat het doorzicht in het systeem in toegenomen. Eigenlijk hangt dit dan samen met de fotosyntheseparameters die ook afzonderlijk kunnen worden bepaald/berekend. De fotosyntheseparameters (dit zijn de parameters die de fotosynthese-lichtcurve beschrijven en een goede indicator zijn voor veranderingen en essentieel voor modellering), kunnen zowel worden gekarakteriseerd op basis van rechtstreekse C14-metingen als op basis van FRRF-metingen volgens de PROTOOL-methodiek, en zijn achtereenvolgens: P_{max}^B (de maximale fotosynthesesnelheid ($\text{mg C (mg chl a)}^{-1} \text{ h}^{-1}$)); α^B (de fotosynthese-efficiëntie ($\text{mg C (mg chl a)}^{-1} \text{ h}^{-1}$)($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) $^{-1}$)); E_k (de lichtintensiteit ($\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) waarbij de fotosynthese overgaat van lichtgelimiteerde in maximale fotosynthese; een maat voor aanpassing aan de lichtbeschikbaarheid van de waterkolom ($E_k = P_{max}^B / \alpha^B$). Verder is de primaire productie afhankelijk van het nutriëntenaanbod in de waterkolom; een toename van PP bij een toename van N of P, of een toename van de N/Si- of P/Si-verhouding, waarmee kan worden geconcludeerd dat ook een Si (DSi) afname kan zorgen voor een toename in de PP. Ook de temperatuur kan nog van invloed zijn; een toename in PP bij een toename van de temperatuur. Verder hangt de primaire productie samen met de productiviteitszone, of de optimum- en getolereerde saliniteit voor het spectrum aan fytoplankton- en microfytobenthos-soorten, wat weer samenhangt met de waterretentie in het systeem. Zo zou een afname van de waterretentie een toename van de productiviteit kunnen bewerkstelligen, zij het dat hiermee het doorzicht van het systeem ook wordt beïnvloed. Verder is gebleken uit de eerste ecosysteemmodelberekeningen dat het fytoplankton minder snel uitspoelt dan dat men op basis van de waterretentie zou verwachten (T. Maris persoonlijke mededeling). Momenteel wordt hier nog gezocht naar een verklaring.

Chlorofyl-a-concentratie (Chl-a_{fp} & Chl-a_{fb}):

De primaire productie hangt nauw samen met het chlorofyl-a-gehalte. Beide worden dan ook veelal gezamenlijk geëvalueerd. Het chlorofyl-a-gehalte kan een toename laten zien

wanneer de begrazingsdruk afneemt. Hierbij gaat het dan vooral om het zoöplankton en het filtrerende macrozoöbenthos (vooral de schelpdieren). Door verhoogde afvoer of afname van de waterretentie kan er in toenemende mate fytoplankton en microfytobenthos sterfte optreden waardoor de biomassa kan afnemen. In feiten is dit een verschuiving of inkrimping van de productiviteitszone die samenhangt met de saliniteit, en een mogelijke verschuiving van de begrenzing van de saliniteitszones. Specifiek het microfytobenthos kan nog afnemen wanneer het intertidale areaal afneemt.

Er zijn geen normen voor primaire productie. De primaire productie kan bij gelijkblijvende nutriëntenbelasting, retentietijd en fysisch/meteorologische condities toch verschillen omdat de morfologie van een watersysteem grote invloed heeft op de primaire productie. Ondiepe, gemengde systemen zullen sneller een hogere primaire productie hebben dan diepe delen omdat het contact met de bodem in ondiepe systemen voor een snellere regeneratie van nutriënten zorgt en een snellere input in de photische zone dan in diepe systemen waar organisch materiaal tot onder de thermocline/spronglaag kan zakken. Macrotidale systemen zullen minder primaire productie vertonen dan microtidale systemen omdat de eerste veel troebeler zijn vanwege meer resuspensie van bodemmateriaal door een hogere getijenergie. Het interpreteren van primaire productie zal dus veelal plaatsvinden in relatie tot veranderingen. Een teveel aan primaire productie kan leiden tot zuurstofproblemen, zoals maar al te duidelijk is in de zeer eutrofe zoetwatersystemen gedomineerd door cyanobacteriën (blauwalgen). Een beperkte toename in primaire productie kan echter gunstige effecten hebben en leiden tot meer biomassa van de hogere trofische niveaus (bijv. meer vis). Zo kan een afname in primaire productie leiden tot een afname van (gewenste) hogere trofische niveaus (afname in schelpdieren of visbestanden). In principe is een toename in de primaire productie gewenst, tenzij dit er voor zorgt dat fytoplankton bloei en/of probleemalgen voor problemen zorgen (waarbij die indicatoren dan echter direct negatief zullen scoren). Momenteel is de primaire productie in de Zeeschelde vooral DSi-gelimiteerd; er wordt gestreefd naar P-, of nog beter N-gelimiteerde primaire productie. In de Westerschelde is de primaire productie vooral lichtgelimiteerd, alhoewel een korte periode van P-limitatie in de monding niet meer kan worden uitgesloten. Een toename van de microfytobenthos Chl-a-concentratie kan als positief worden beoordeeld wanneer dit het gevolg is van een toename van het areaal aan intertidaal, met de habitatverdeling volgens de MEP (zie o.a. hoofdstuk 6.6. Macrozoöbenthos) als streven.

Markerpigmenten (chl*b*, chl*c*, FX, PD, AX, Zea, Can)_{fb, MPB}

Op basis van hun pigmentsamenstelling kunnen een aantal functionele groepen fytoplankton en microfytobenthos worden onderscheiden:

- Chlorofyl *b* (chl*b*): markerpigment voor groenalgen
- Chlorofyl *c* (chl*c*) biomarker voor Haptofyta, dinoflagellaten en Cryptofyten
- Fucoxanthine (FX): biomarker voor diatomeeën
- Peridine (PD): biomarker voor dinoflagellaten
- Alloxantine: biomaker voor cryptofyten
- Zeaxanthine (Zea) en Cantaxanthine (Can): biomarker voor coccoide en filamenteuze cyanobacteriën (Zea kan ook aanwezig zijn in groenalgen)

M.b.v. de markerpigmentconcentraties kan men kijken of schadelijke cyanobacteriepopulaties zich ontwikkelen (gevaar voor Zeeschelde, alhoewel nu nog niet van belang). Het geeft inzicht in de aanwezigheid van diatomeeën, en andere belangrijke groepen zoals dinoflagellaten. Die laatste groep bevat een aantal toxische soorten (o.a. *Dinophysis* sp, de veroorzaker van schelpdierverschikking.) De resultaten zijn ook bruikbaar bij het achterhalen van veranderingen als

gevolg van veranderingen in beheer: leidt dit tot een andere samenstelling van de algen. Dit heeft mogelijke repercussies voor het voedselweb omdat het zowel invloed kan hebben op de grote (en dus op de intensiteit van de microbial foodweb in relatie tot de totale foodweb, zie 6.2.2) als op de voedselkwaliteit van het fytoplankton (groenwieren en cyanobacterien bevatten niet de noodzakelijke lange en onverzadigde vetzuren EPA en DHA, terwijl diatomeeën en haptofyten die wel bezitten, zie 6.2.1 De kwantitatieve samenstelling van de functionele groepen zal worden berekend met een speciaal programma (CHEMTAX of daaraan analoog programma).

Phaeocystis sp en *Noctiluca scintillans*:

Beiden soorten potentiële plaagalgen kunnen toenemen onder invloed van een toename in de watertemperatuur, een toename van de nutriëntgehalten aan P en N, een afname van de DSi-concentratie, af een toename van de P/DSi- of N/DSi-verhoudingen. Ook kunnen beiden algen toenemen wanneer het zoute gedeelte van het estuarium verder landinwaarts verschuift.

Bloei van *Phaeocystis sp* of *Noctiluca scintillans* is ongewenst. Een reductie van de frequentie van voorkomen van bloei of verkorting van de gemiddelde bloeiperiode wordt positief beoordeeld.

6.2.6. Conclusie

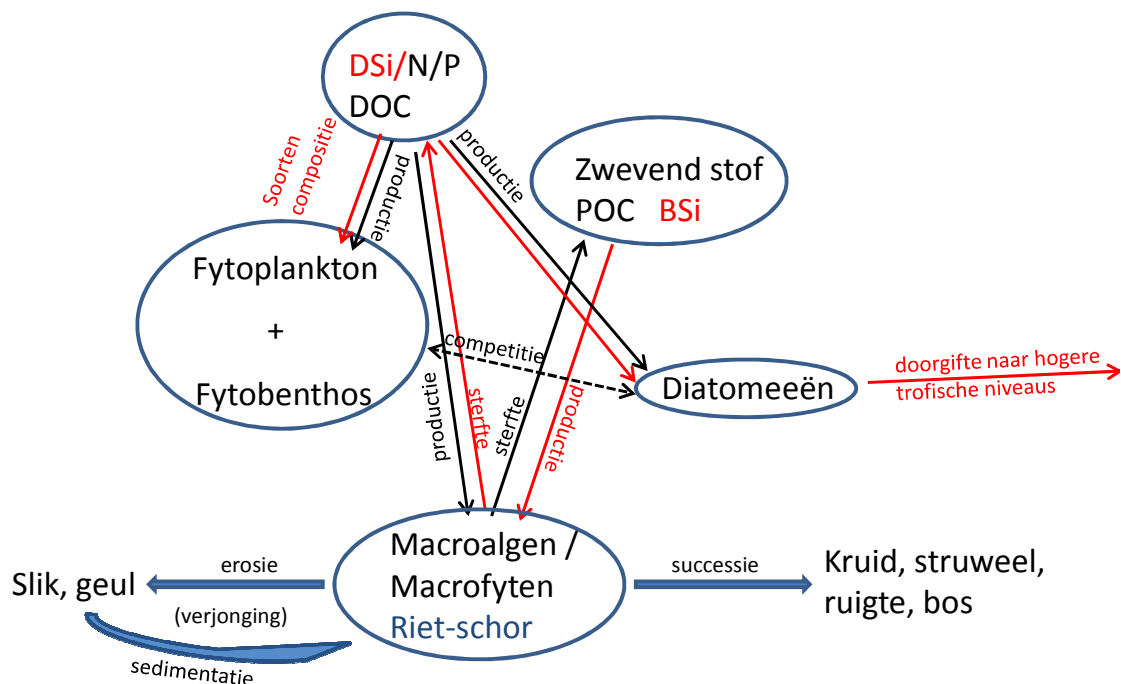
De primaire productie vormt de basis van het voedselweb, bepaald de potentiële productie en diversiteit van de hogere niveaus, en bepaald in grote mate de efficiëntie van koolstoftransport door het voedselweb. Met betrekking tot de potentiële plaagalgen en toxische algen worden er duidelijke grenzen gehanteerd in zowel internationaal verband (OSPAR Commission, 2008) als door de nationale overheden via de Kaderrichtlijn Water-invullingen (o.a. Breys *et al.*, 2005; Altenburg *et al.*, 2007; Speybroek *et al.*, 2008; VMM, 2008). Deze worden in de evaluatie Primaire Productie overgenomen. De KRW-beoordeling van de chlorofyl-concentraties verschilt tussen Vlaanderen en Nederland, maar beiden kunnen eenvoudig worden afgeleid vanuit de voor deze evaluatie berekende indicator chlorofyl-a. De huidige evaluatie verschilt van de KRW-invulling daar deze evaluatie geen bovengrenzen stelt aan de chlorofyl-a-concentratie, en een toename in chlorofyl-a niet per definitie een verslechtering van de systeemkwaliteit geeft. Afwijkend is dan ook dat we in deze evaluatie rekening houden met de primaire productie. Dit betekent echter wel dat er extra metingen en methodieken nodig zijn die nog niet volledig zijn geïntegreerd in het monitoring meetnet. Veel belovende methodieken zijn zelfs nog in ontwikkeling. Deze evaluatie poogt informatie te geven over de huidige ontwikkelingen en de toekomstige mogelijkheden. Met de dekking van het aantal stations in het huidige meetnet, en hier en daar een uitbreiding van het aantal locaties of de meetfrequentie, kan de evaluatie worden uitgevoerd. Parallel hieraan ontwikkelen en ijken van de nieuwe technieken is echter aanbevelingswaardig, zodat in de toekomst op een wellicht minder bewerkelijke manier, meer informatie verkregen kan worden waar de evaluatie en vooral de systeemmodellering van kan profiteren. Door de verwevenheid van Primaire Productie zal deze factor ook onderdeel uitmaken van de geïntegreerde evaluaties zoals de beoordeling van Macrozoöbenthos (hoofdstuk 6.6) op basis van Primaire Productie volgens de geïntegreerde BEQI-methodiek (Van Hoey *et al.*, 2007) en het ecosysteemmodel waar in de toekomst scenarioberekeningen mee kunnen worden uitgevoerd (hoofdstuk 4). Van belang is verder op te merken dat primaire productie wel een rol gaat spelen in de Kaderrichtlijn Marien.

Relatief weinig aandacht binnen MONEOS en de bijbehorende meetprogramma's is er tot op heden geweest voor het microfytobenthos. Dit compartiment in de beoordeling achterwegen laten zou betekenen dat belangrijke processen niet kunnen worden begrepen of worden geëvalueerd. Met name in de relatie tot het 'goed' functioneren van het systeem ondank een hoge nutriëntbelasting speelt het microfytobenthos een belangrijke rol. Ook hier zal de ontwikkeling van technieken wellicht in de toekomst uitkomst kunnen bieden wanneer vrij eenvoudig via remote sensing het fyto-benthische compartiment kan worden gemonitord en worden geëvalueerd.

6.3. Macrofyten

6.3.1. Achtergrond

Macrofyten vormen de structurerende levensvorm op de schorren van het Schelde-estuarium. De soortensamenstelling en productie bepalen in belangrijke mate het belang en functie van de schorren in het ecosysteem. Hierbij speelt het areaal van de schorren (en vegetatietypes), structurele habitatkwaliteit (topografische index, connectiviteit) en de biologische habitatkwaliteit (vegetatiediversiteit en de verdeling van de vegetatiezones of ecotopen) een rol. Deze factoren worden reeds geëvalueerd in het thema Diversiteit habitats (hoofdstuk 5.2 & 5.3). Voor de evaluatie van de macrofyten als groep ligt de klemtoon op de soortenrijkdom, sleutelsoorten en de beoordeling van habitatrichtlijnsoorten (indicatoren soortdiversiteit). De rol van macrofyten, en schorvegetaties in het bijzonder, in de siliciumrecyclage wordt uitgewerkt als indicator van het ecologische functioneren. De rol van schorren in de siliciumrecyclage en daarmee dus het totale schoraanbod, heeft grote invloed op de samenstelling van het voedselweb. De macrofytenevaluatie neemt hierdoor een bijzondere plaats in binnen de uitwerking van het thema Ecologisch Functioneren. Waar kan worden gesteld dat de overige evaluaties binnen ecologisch functioneren duidelijk gerelateerd zijn aan de doorgifte van koolstof in het voedselweb van het estuarium, ligt voor de macrofyten, een belangrijke rol weggelegd in de siliciumrecyclage met belangrijke consequenties voor het systeemfunctioneren.



Figuur 6.3.1. Overzicht van de belangrijkste koolstofstromen (→) en silicium doorgifte (→) in het voedselweb rond de Macrofyten en Macroalgen en de belangrijkste processen (in **rood**) met betrekking tot de factor Macrofyten en Macroalgen.

Sprekende over de rol van macrofyten in het systeem, zou men daarbij ook meteen de macroalgen moeten betrekken. Macroalgen spelen echter, in verhouding tot het fytoplankton en het microfytobenthos, een geringe rol in het Scheldesysteem, met name door het geringe doorzicht in het systeem en de hoge dynamiek (Brys *et al.*, 2005;

Altenburg et al., 2007). Macroalgen worden daarom niet specifiek in de huidige Evaluatiemethodiek MONEOS meegenomen, maar het is mogelijk dat in de toekomst dient te worden geconcludeerd dat hun rol in het systeem te groot is geworden, om er in de evaluatie aan voorbij te gaan. Het links laten liggen van de macroalgen hangt ook vooral samen met het momenteel niet meenemen van de hardsubstraatecotopen in de evaluatie; een ecotooptype wat toch in toenemende mate van belang kan zijn voor het verklaren van het functioneren van het Schelde-systeem (zie ook opmerkingen in hoofdstuk 5). Evenals de macroalgen zouden ook de zeegrassen onderdeel van deze evaluatie uit kunnen uitmaken, wanneer het om een evaluatie van een random estuarium zou gaan. Momenteel vinden we nauwelijks zeegrassen in het Schelde-estuarium, dus spelen ze ook geen rol in het ecologisch functioneren. Het belang van zeegrassen en dus het evalueren van hun aan- dan wel afwezigheid is onderdeel van het Thema Diversiteit habitats (hoofdstuk 5).

Verschillende factoren en processen beïnvloeden de floristische samenstelling en diversiteit van schorgebieden. In het estuarium spelen hierin saliniteit en het hydrologisch regime (duur en frequentie overstroming en de drainage) een voorname rol. De zoutinvloed deelt in het estuarium de schorren op in drie groepen: de zoutwaterschorren, brakwaterschorren en de zoetwaterschorren. Deze schortypen verschillen niet enkel in soortensamenstelling maar ook in vegetatiestructuur. Zo ontbreekt in het zoute en brakke deel de bos/struweelclimax. Het overspoelingsregime (duur en frequentie) bepalen sterk de schorecotopen onderbouw, dus de vegetatiezonering en beïnvloeden indirect ook de geomorfologie van de schorren (kreken, komgronden, oeverwallen etc.). Een morfologische diversiteit resulteert doorgaans in sterke variatie in bodemtextuur, aëratie potentieel, waterhuishouding en nutriëntenbeschikbaarheid. De factoren waterstanden en saliniteit zijn indicatoren in het thema hydromorfodynamiek en bepalen mede de uitkomst van de ecotopenkaart. Naast de dominante en sturende invloed van beide factoren zijn er eveneens verschillende andere factoren die de kwaliteit van de schorren en floristische samenstelling en diversiteit beïnvloeden. Deze werden door Brys et al., (2005) geïnventariseerd en worden behandeld in het thema habitatdiversiteit. Het gaat over de oppervlakte en breedte van de schorren en een reliëfindex.

Typische soorten voor schorren kunnen de ken- of differentiërende soorten zijn voor de definiëring van vegetatietypen zonder dat deze per definitie een relatie hebben met de kwaliteit van het habitat. Om een onderscheid te maken hanteren we de term sleutelsoort voor de soorten die als kwaliteitsindicator bruikbaar zijn voor de vegetaties. Een sleutelsoort kan dus ook een ken- of differentiërende soort zijn. Ze dienen om te 'sleutelen' tussen de gunstige en ongunstige staat van instandhouding voor de habitatkwaliteitsbeoordeling (Hoofdstuk 5; beoordelingsmatrices T'Jollyn et al., 2009). De profieltabellen (Leeswijzer profielendocumenten; LNV, 2008) hanteren wel de term 'typische soort' maar definiëren deze op gelijkaardige wijze en selecteren als typische soorten de exclusieve soorten (100% van de waarnemingen in habitat), karakteristieke soorten (> 50% van de waarnemingen in habitat) en constante soorten met indicatie voor de habitatkwaliteit.

De criteria voor de selectie van sleutelsoorten zijn (T'Jollyn et al., 2009):

- De soorten indicteren een goede habitatkwaliteit, ze zijn gevoelig voor een goed beheer en voor gunstige abiotiek. Het zijn indicatoren voor positieve invloeden (i.e. de exclusieve, karakteristieke en constante soorten volgens profieltabellen; LNV, 2008)
- De soorten voldoen bij voorkeur aan voorgaande eisen én ze zijn voor hun levenscyclus en voortbestaan afhankelijk van het habitatype (i.e. de karakteristiek en exclusieve soort).

- De soorten zijn niet regionaal zeldzaam (ze worden regelmatig gevonden)(uitzondering hierop zijn de zeer zeldzame habitattypes waarvoor vaak zeer zeldzame soorten als sleutelsoort bruikbaar zijn) (vaak zijn de exclusieve soorten zeer zeldzaam waardoor ze vaak niet weerhouden zijn als sleutelsoort in de Vlaamse lijst)
- De soorten zijn niet algemeen en voorkomend in een brede waaier van habitattypes

Deze criteria zijn gelijklopend aan deze van de Nederlandse profieltabellen met uitzondering van de derde bullet. De typische soorten gehanteerd in de profieltabellen bevatten ook exclusieve of karakteristieke soorten die zeer zeldzaam kunnen zijn. De kans dat deze soorten met een random steekproef gevonden worden zal klein zijn.

De sleutelsoortenlijst voor de schorren wordt onderverdeeld volgens de ecozone-typologie die genest zit in de ruimtelijke indeling van de evaluatiemethodiek van het estuarium. De onderscheiden schortypes zijn de zoute, brakke en zoetwaterschorren. De zoute en brakke schorren (pioniersvegetaties (*Salicornia* en slijkgrasvegetaties) en hogere schorren vallen binnen de habitattypes (1310, 1320, 1330). Brakke zeebiesvegetaties zijn ook pioniersvegetatie maar worden beoordeeld onder habitatype 1330. De typische zoetwaterschorren worden enkel als hoogschor in de climaxtoestand gerekend tot een natura2000 habitatype 91E0 (subtype wilgenvloedbos).

De geselecteerde sleutelsoorten voor de evaluatiemethodiek zijn (T'jollyn et al., 2009; LNV, 2008 profieldocumenten):

(1310) Voor buitendijkse zilte pioniersbegroeiingen (zeekraal): klein schorrenkruid, kortarige zeekraal en langarige zeekraal;

(1320) Voor de slijkgrasvegetaties: klein slijkgras, Engels slijkgras;

(1330) Voor de schorren en zilte graslanden (buitendijks): blauw kweldergras, bleek kweldergras, dunstaart, Engels gras, gerande schijnspurrie, gesteelde zoutmelde, gewone zoutmelde, gewoon kweldergras, knolvossenstaart, kwelderzegge, lamsoor, lepelblad, melkkruid, rode bies, schorrenzoutgras, stekende bies, stomp kweldergras, zeealsem, zeegerst, zeerus, zeeweegbree, zilte rus, zilte schijnspurrie en zulte hierbij worden deze soorten per schorecotoop verder opgesplitst door T'jollyn et al. (2009) in hoog schor- en laag schor-sleutelsoorten.

Soorten voorkomend op het hoge en lage schor: gerande schijnspurrie, klein schorrenkruid, melkkruid, schorrenzoutgras, zeeweegbree, zilte schijnspurrie.

Soorten voorkomend op het lage schor: gewoon kweldergras, Heen, lamsoor, en zulte

Soorten voorkomend op het hoge schor: rood zwenkgras (*Festuca rubra* subsp. *litoralis*), gewone zoutmelde, kwelderzegge, lepelblad, zeealsem, zilte rus, spiesmelde, stomp kweldergras, strandkweek.

(3270) Pionier zoetwatergetijden – rivieren met slikoevers : spiesmelde, knikkend tandzaad, smal tandzaad, zwart tandzaad, veerdelig tandzaad, zwarte mosterd, kleine leeuwenbek, stippelganzenvoet, zeegroene ganzenvoet, rode ganzenvoet, korrelganzenvoet, riempjes, bruin cypergras, naaldwaterbies, rijstgras, slijkgroen, watertorkruid, goudzuring, moeraszuring, blauwe en rode waterereprijs. Voor de Schelde werden aanvullend soorten toegevoegd (T'Jollyn et al., 2009) gevleugeld sterrenkroos, waterpeper, ridderzuring en nopjeswieren (*Vaucheria* sp.).

(6430) Voedselrijke zoomvormende ruigten – subtype harig wilgenroosje: groot hoefblad, gevleugeld helmkruid, moeraskruiskruid, zomerklokje, moerasmelkdistel, groot warkruid en aanvullende soorten voor beoordeling ook: harig wilgenroosje, moerasandoorn, geoord helmkruid, grote kattenstaart, gewoon barbarakruid, goudgele honingklaver, riet en bitterzoet.

(91E0) wilgenvloedbos (zoetwatergetijdensysteem) : in boom/struiklaag – Duitse dot, amandelwilg x katwilg, amandelwilg, kruidlaag: - spindotterbloem, bittere veldkers, moesdistel. Aanvullende soorten boom/struiklaag schietwilg, kraakwilg, bindwilg, katwilg en gewone vlier. Aanvullende soorten kruidlaag: haagwinde, hop, zomerklokje, wolfspoot, bitterzoet, ruw beemdgras, ridderzuring, waterpeper, fluitenkruid, gewone smeewortel, grote kattenstaart, gewone engelwortel, gele lis.

Er is slechts 1 Bijlage II-plantensoort van Richtlijn 92/43/EEG die voorkomt binnen de grenzen van de habitatrichtlijn: de groenknolorchis (*Liparis loeseli*). De soort komt echter niet in het estuarium voor en is hierdoor niet indicatief voor de toestand van het estuarium in de strikte zin (buitendijks). Voor de volledigheid wordt de indicator mee opgenomen. In Vlaanderen is deze soort recent gevonden met een relatief omvangrijke populatie in het Antwerpse havengebied (Haasop, Habitatrichtlijngebied BE2300006 'Schelde en Durme-estuarium' (niet aangemeld hiervoor) en in Nederland in een vochtige duinvallei (Inlaag Hoofdplaat, Habitattype 2190, Habitatrichtlijngebied 'Westerschelde en Saeftinghe' (aangemeld)). Beide standplaatsen zijn kalkrijke vochtige zandbiotopen, binnendijks. De instandhouding van de soort hangt in het studiegebied nauw samen met het behoud in omvang en kwaliteit van het biotoop (2190 – subtype kalkminnende vegetaties).

Zoals aangegeven richten we ons in de evaluatie van het ecologisch functioneren op de rol van schorren in de recyclage van silicium, en daarmee de grote rol van deze ecotopen in het bepalen van de stofstromen in de rest van het voedselweb (Meire & Maris, 2008). Figuur 6.3.1 geeft een overzicht van de belangrijkste macrofyt/schor-vegetatie-gerelateerde interacties in het estuariene voedselweb. Het is bekend dat het Schelde estuarium, zoals vele estuaria in dichtbevolkte gebieden, te maken heeft met een overmatige nutriënten (N en P) input (zie tevens hoofdstuk 4.3. Nutriënten en organische belasting). Uiteraard kan eutrofiëring leiden tot dermate hoge producties van met name het fytoplankton dat er allerlei problemen optreden (zie onder andere hoofdstuk 6.2. Primaire Productie), zoals problemen met zuurstofcondities (zie ook hoofdstuk 4.2. Zuurstof), en toxische algen bloeien, waarvan *Phaeocystis* bloeien in het Scheldesysteem het meest algemeen zijn. Nutriënten kunnen echter ook het voedselweb in gaan via de route van de diatomeeën. Voor de opbouw van deze route in de stofstroom speelt opgelost silicium (DSi) een cruciale rol. Via de route der diatomeeën worden nutriënten uit de waterfase vastgelegd waardoor problematische algenbloeien, ondanks de hoge nutriënten input, uit kunnen blijven (Meire & Maris, 2008). Diatomeeën hebben echter opgelost silicium nodig, wat al gauw zou betekenen dat DSi in de waterfase uitput. De productie zou dan weer doorslaan naar het fytoplankton en mogelijk de plaagalgen. Voor een voldoende hoge concentratie aan DSi blijkt de aanwezigheid van schorren belangrijk te zijn. Er is namelijk volop biogeen silicium (BSi) aanwezig in het systeem, te meer daar het door diatomeeën opgenomen DSi wordt vastgelegd als BSi in het sediment. In schorren wordt BSi weer omgezet in DSi wat vervolgens weer wordt afgegeven aan de waterfase (Struyf, 2005; Struyf et al., 2006; Struyf & Conley, 2009). Rietschor blijkt het meest efficiënte schortype te zijn met betrekking tot de siliciumrecyclage (de soort kent de hoogste BSi-concentraties onder de meest courante schorplanten; Jacobs, 2009; Bakker et al., 1999). Schorren en schorvegetaties zijn belangrijke schakels in het opnieuw beschikbaar maken (via afbraakprocessen) van het amorf silicium (ASi). Er vindt echter ook omzetting plaats in het sediment. Door de hoge massa aan sediment in verhouding tot de vegetatie voor ieder schortype, is het schortype voor de

siliciumrecyclage relatief minder belangrijk Schorvegetaties zorgen uiteraard wel voor een bepaalde stabiliteit van het inter- en supratidale gebied, en hebben grote waarde met betrekking tot de diversiteit van flora en fauna. Schorren (in het algemeen) kunnen er voor zorgen dat een hoge nutriënten-input bovenstrooms, toch voor weinig problemen zorgt in het verloop van het estuarium. Enerzijds door de bioreactorfunctie die schorren hebben (door plant nutriëntopname, begraven van sediment met nutriënten (sink) of door biochemische processen die plaats vinden op de schorren). Anderzijds door de afgifte van stoffen waarbij specifiek DSi van belang is voor de verhouding van diatomeeën versus groenwieren, Het schor heeft hiermee een zeer belangrijke bufferende werking.

Zoals aangegeven bestaan er verschillen in de potentiële bijdrage aan de siliciumrecyclage tussen schortypes. Uiteraard is het aanbod aan bepaalde types schor onderhevig aan de gebruikelijke erosie – sedimentatie-processen. Dit kan er voor zorgen dat het areaal aan types schor vegetatie toe- dan wel afnemen. Er zal onder natuurlijke omstandigheden sprake zijn van successie in de schorontwikkeling van getijdenplaat, via (riet)schor naar meer terrestrische vegetatietypes tot het proces wordt teruggezet door afslag/wegspoelen tijdens bijvoorbeeld extreme hoogwaters of stormen. Er dient ook rekening mee te worden gehouden dat schorvegetatietypes gebonden zijn aan saliniteitszones. Zo wordt bijvoorbeeld het voorkomen van riet(schor) door de saliniteit begrensd (komt alleen voor in zoet- en brakwaterzones; Craeymeersch *et al.*, 2008). Verder zal de relatieve bijdrage van het schor en de effecten op het systeem afhangen van de positionering van het schor langs de saliniteitgradiënt. In de toekomst wanneer er meer duidelijkheid is over de potentiële bijdrage van verschillende schortypes en hun positionering, kan hier rekening mee worden gehouden door middel van het bepalen van een totale schor-buffercapaciteit voor het gehele systeem. Voorlopig wordt ieder schortype gelijk ingeschaald, en wordt er in deze evaluatie slechts gekeken naar het totale aanbod aan schor per zone. Daar er bij de bepaling van de GEP ten behoeve van de KRW (zie hoofdstuk 5.2 Diversiteit habitats; Habitatoppervlakte en dynamiek) reeds rekening is gehouden met de bufferende werking van schorren, evalueren we het schoroppervlak in deze evaluatie ten opzichte van de daar voorgestelde oppervlakte.

6.3.2. Indicatoren

De evaluatie Macrofyten bestaat uit een algemene indicator voor soortdiversiteit namelijk soortenrijkdom, een specifiekere indicatorgroep voor de sleutelsoorten/typische soorten voor het estuarium en een indicatorgroep voor de bijlage soorten van de HRL (groenknolorchis). Voor het ecologisch functioneren wordt voor de macrofyten één indicator uitgewerkt; het schorareaal, wat een maat is voor de bufferende capaciteit van het systeem. Zoals eerder gesteld wordt de vegetatiestructuur en kwaliteit beoordeeld in het hoofdstuk Habitatdiversiteit.

Soortenrijkdom

Deze indicator is een eenvoudige maat voor de floristische samenstelling per segment op niveau 3. Het aantal soorten wordt in de Zeeschelde bepaald aan de hand van de soortenlijsten gemaakt op basis van de vegetatie-opnames; in Nederland zijn streeplijsten voorhanden. (datafiche VL P-DS-V-001a toont alle proefvlakken; om een eenduidige herhaling van de soortenrijkdom te krijgen in de verschillende monitoringsjaren moet echter gekozen worden voor een gelijk aantal opnames per klasse – de opzet van de proefvlakken moet geëvalueerd worden in VL). Door het gebruik van vegetatie-opnames kan in Vlaanderen ook de soortdiversiteit (bv. shannon-diversiteitsmaat) betrokken worden in de evaluatie. Het eventueel toevoegen van deze

meer kwalitatieve maatstaf (en de mogelijkheid om deze eventueel ook in Westerschelde toe te passen) kan nader onderzocht worden bij de opmaak van de T0.

Sleutelsoorten (typische soorten)

Aan- of afwezigheid van sleutelsoorten (typische soorten). Deze indicator is als factor nodig voor de habitatkwaliteitsbeoordeling (LSVI Natura2000). Hiervoor volstaat de monitoring van de aan- of afwezigheid van de sleutelsoorten. Voor de habitatkwaliteitsbeoordeling is echter ook bedekkingsinformatie nodig van sommige soorten waardoor opnames beter geschikt zijn. De random stratified opname opzet voor de habitats moet hierom afgestemd worden (genest) met de ecotoopopzet. Het aantal sleutelsoorten/typische soorten per habitattype is een indicatie voor de macrofytendiversiteit en een goede kwaliteitsmaat.

Bedekkingspercentage van de sleutelsoorten (typische soorten). Een achteruitgang van het bedekkingspercentage van de sleutelsoorten/typische soorten is ongewenst

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*)

De populatiegrootte van de groeiplaatsen wordt opgevolgd, alsook de kwaliteit van de habitatvlek wordt beoordeeld aan de hand van de beoordelingstabellen opgemaakt voor de LSVI (Adriaens *et al.*, 2010).

Schorareaal:

Voor de bepaling van het schorareaal, of wel een indicator die de relatieve bufferende capaciteit van aanwezig schor met betrekking tot de nutriënteninput weergeeft, dient het totale schorareaal te worden bepaald per segment niveau 3. In de toekomst kan mogelijk gebruik worden gemaakt van de berekening van een soort van schor-buffercapaciteit-indicator waarin de relatieve belangrijkheid per schor(vegetatie)type kan worden meegewogen. Hierin dient dan echter ook de positionering in het Scheldesysteem langs de saliniteitgradiënt te worden meegewogen.

Het streven voor het areaal aan schor is conform de GEP (Dijkema *et al.*, 2005; De Jong, 2007; hoofdstuk 5.2 Habitatooppervlakte en dynamiek), en bedraagt 2300 ha schor voor de Westerschelde, waarvan ten minste 500 ha is gelegen in het segment ten westen van Hansweert, en 2392 ha voor Vlaanderen. Voor Vlaanderen wordt dit onderverdeeld in respectievelijk 500, 440, 287, 458, 185, 206 en 316 ha voor de segmenten Zeeschelde IV, Zeeschelde III en Rupel, Zeeschelde II, Zeeschelde I, Getijdedurme, Dijle en Zenne, en Getijdenetes.

De ontwikkeling van het areaal aan schor wordt op T₀ geëvalueerd in combinatie met de huidige nutriëntvruchten en de verwachte toekomstige ontwikkelingen hierin (kan worden aangepast naar gelang de berekeningen van het systeem model; o.a. hoofdstuk 4.3. Nutriënten en organische belasting), en dient in overeenstemming te zien zijn met de gewenste habitat oppervlakteverdeling (hoofdstuk 5.2. Habitatooppervlakte en Dynamiek).

6.3.3. Ruimtelijk en temporeel bereik

De soortenrijkdom en de sleutelsoorten van de schorren wordt bepaald op niveau 3. De Bijlage II soort (Groenknolorchis) wordt lokaal opgevolgd (groeiplaatsen). De monitoring van deze soort valt niet binnen het bestek van MONEOS (Meire & Maris, 2008). Het schorareaal zal op niveau 1, dus voor het Schelde-estuarium als geheel, en op niveau 3

worden geëvalueerd, waarbij wordt aangesloten bij de gewenste arealen per segment volgens de GEP (zie hoofdstuk 5.2 Habitatoppervlakte en Dynamiek).

Daar voor de evaluatie van het schorareaal een gebiedsdekkende ecotopenkaart benodigd is, zal deze indicator parallel met de ecotopeninventarisaties eens in de 6 jaar plaats vinden in Westerschelde, BovenZeeschelde en Bovenlopen. In de Beneden Zeeschelde is evaluatie eens in de 3 jaar mogelijk.

Daar voor de volledige Zeeschelde de toestand van het overgangswater recentelijk als 'ongunstig' werd gerapporteerd is er momenteel sprake van een operationele monitoring met 3-jaarlijks opvolging voor het volledige gebied. Dus voor Vlaanderen is momenteel 3-jaarlijkse evaluatie mogelijk tot op moment dat er wordt teruggekeerd naar de gebruikelijke systeemmonitoring (dan weer 6-jaarlijkse evaluatie).

6.3.4. Benodigdheden

In principe zijn voor de evaluatie van het ecologisch functioneren slechts de ecotopenkaarten met bijbehorende oppervlakte aan schor nodig.

Om inzicht te krijgen in het hoe en waarom van eventuele veranderingen dient in principe een analyse te worden gemaakt van arealen verloren gegaan en/of ontstaan schor. Hierbij is het van belang te evalueren in welke richting ecotoopovergangen hebben plaatsgevonden. Zo kan worden geëvalueerd of er spraken is van successie, dan wel winst of achteruitgang ten gevolgen van natuurlijke processen (inclusief extreme omstandigheden) of menselijke activiteiten en/of ingrepen. Dit onderdeel zal echter binnen het thema Diversiteit habitats worden geëvalueerd.

De soortenrijkdom en de sleutelsoorten zullen worden geëvalueerd per segment op niveau 3 in combinatie met de factoren afkomstig uit het thema habitatdiversiteit. De schor-ecotoopoppervlakten, reliëf-index, schor-connectiviteit, de maatlat voor de vegetatiezone-diversiteit en de vegetatiediversiteit

De indicator schorareaal zal worden geëvalueerd in combinatie met de gemiddelde concentratie DSI (hoofdstuk 4.3. Nutriënten en organische belasting) en de gemiddelde en maximale concentratie aan fucoxanthine (diatomeeënbiomassa; hoofdstuk 6.2. Primaire Productie) per segment op niveau 3. Met beide factoren kunnen we inzicht krijgen waar in het systeem eventuele veranderingen gewenst zijn of waar voornamelijk winst kan worden geboekt. Tevens zijn deze gegevens nodig om meer inzicht te verkrijgen, en te zijner tijd eventueel een indicator voor schor-buffercapaciteit te ontwikkelen.

6.3.5. Beoordeling

Soortenrijkdom

Een toename van het aantal soorten is gewenst. De soortenrijkdom staat onder andere in relatie tot de grootte van het schorgebied en de monitoringsinspanning. De keuze van de ligging van de vegetatieopnames kan in belangrijke mate de uitkomst van de diversiteitsbeoordeling beïnvloeden. Daarom is het belangrijk enkel de plots te kiezen die random stratified bepaald zijn per segment niveau 3, per ecotoop/habitattype.

Daarnaast weerspiegelt de soortrijkdom ook de schorkwaliteit en een afname in het aantal soorten kan veroorzaakt worden door uniformisering (vegetatiediversiteit neemt af

door successie, door bv. minder reliëfverschillen). Soortentoe name ten gevolge exoten wordt hierbij niet in rekening gebracht, dit geeft immers een ander proces weer. De sterk sturende factoren als saliniteitsveranderingen of waterstandsveranderingen spelen ook een bepalende rol in de soortrijkdom patronen.

Er wordt voorgesteld om de beoordeling niet te doen op kleinere schorgebieden maar in schorgebieden waar de minimale breedte 75m is. Binnen deze grotere schorgebieden wordt stratified random bemonsterd. De tussenliggende gebieden worden wel meegenomen in de beoordeling van de vegetatiezone-index (hoofdstuk 5. Habitatdiversiteit).

De soortenrijkdom weerspiegelt de schorkwaliteit en een afname in het aantal soorten per schor staat in relatie tot een afname van de habitatdiversiteit (met bijbehorende variatie in abiotische parameters als droogvalduur en saliniteit; hoofdstukken 3.2, 4.6 en 5.2), een lage of juist zeer hoge habitatdynamiek (hoofdstuk 5.2), of een verrijking van het systeem met N en/of P (4.3 en 5.2) (factor Fysico-chemie).

Voor de beoordeling van de macrofyten voor de KRW in Vlaanderen (Brys *et al.*, 2005; Speybroeck, *et al.*, 2008) wordt ook de Floristische Kwaliteitsindex (FQI) gerapporteerd. Deze kan met de lopende monitoring gerapporteerd worden voor Vlaanderen maar wordt binnen deze evaluatiemethodiek voor het gehele estuarium niet weerhouden omdat de huidige index specifiek op Vlaamse criteria berust (de zeldzaamheidscoëfficiënt wordt ontleend aan de kilometerhokfrequentieklasse). De index is hierdoor ook eerder signaal voor de zeldzaamheid van de vegetatie op regionaal/landelijk niveau. De index is bovendien afhankelijk van de actualisatie van de Rode Lijsten. Rode lijsten of afgeleide maten worden hierdoor als minder geschikt bevonden voor de evaluatie op een ecosysteemniveau (Craeymeersch *et al.*, 2008).

Sleutelsoorten

Een afname van het aantal en de bedekking van de sleutelsoorten per habitattyp e is ongewenst. Voor de sleutelsoorten gelden dezelfde analyses en opmerkingen als bij soortenrijkdom.

Groenknolorchis (*Liparis loeselii*)

Adriaens *et al.* (2010) beschrijft een lokale staat van instandhouding voor de groenknolorchis volgens de beoordelingsmethodiek van Tabel 6.3.1.

Tabel 6.3.1. Beoordeling Groenknolorchis (tabel Augustus 2010). Voor achtergrond informatie zie Adriaens *et al.* (2010).

Criterium	Indicator	Gunstig		Ongunstig
		A - goed	B - voldoende	C - gedegradeerd
Toestand populatie				
	Ruimtelijke metapopulatie-structuur	Populatie verspreid over verschillende groeiplaatsen of verschillende populaties binnen gebied	Metapopulatie bestaat uit minstens 3 populaties	Metapopulatie bestaat uit minder dan 3 populaties
	Metapopulatie-grootte	> 1000 bloeiende adulten per populatie	Totaal aantal bloeiende adulten in metapopulatie >600	< 600 bloeiende adulten per metapopulatie

Populatie-structuur	Vrijwel elk jaar vele reproductieve adulten, kiemplanten en juvenielen aanwezig	Vrijwel elk jaar vele reproductieve adulten, kiemplanten en juvenielen aanwezig; aantallen kunnen sterk schommelen	Onregelmatige reproductie, geen kiemplanten of juvenielen
Habitatkwaliteit			
Groeiplaats	Vochtige duinpannen of kalkrijk laagveen	Vochtige duinpannen, kalkrijk laagveen of veranderde, nog gunstige groeicondities	Veranderde, ongunstige groeicondities
Pioniers-condities (enkel duinhabitat)	Hoge winddynamiek (actieve stuifduinen en regelmatig ontstaan van jonge duinpannen)	Minstens beperkt voorkomen van recent uitgestoven duinpannen ⁽¹⁾	Afwezig, duinen gefixeerd
Grondwater-stand	Intact	Intacte tot licht verstoorde hydrologie in omgeving, zonder negatieve invloed	Verstoorde hydrologie in omgeving, met negatieve invloed (bv. daling grondwatertafel, wegvallen kalkrijke kwel)
Vegetatie-structuur	Lage hoogte én geen strooiselophoping	Open tot matig dichte vegetatie met geen tot geringe strooiselophoping	dichte vegetatie met sterke strooiselophoping
Lichtregime	Volle zon	Volle zon tot gedeeltelijk beschaduw	Matig tot sterk beschaduw
Successie	Geen	Geen; aanwezigheid jongwas van houtige soorten met bedekking ≤30%	Sterke verstruweling (duin) of abundantie van riet en grote zegges (laagveen) (bedekking >30%)
Eutrofiëring en/of verzuring	tot 10% van het aantal groeiplaatsen met verzuigings- en/of verzuringsindicatoren ⁽³⁾	Maximaal 25% van het aantal populaties met verzuigings- en/of verzuringsindicatoren ⁽³⁾	> 25% van het aantal groeiplaatsen met verzuigings- en/of verzuringsindicatoren ⁽³⁾

¹ of secundair habitat met karakteristieken van primair habitat maar zonder de inherente dynamiek, bv. terreinen opgespoten met kalkhoudend zand.

Schorareaal:

Het schorareaal, en daarmee de potentiële buffercapaciteit, kan op het beoordelingsniveau (niveau 1; gehele Schelde systeem) een toename of een afname laten zien. Veranderingen kunnen het gevolg zijn van natuurlijke processen of van menselijke activiteiten. In een natuurlijk systeem in evenwicht valt te verwachten dat successie en verjongingsprocessen op de lange termijn met elkaar in evenwicht zijn. Dat dit ook in het Scheldesysteem het geval zal zijn, valt te betwijfelen (gezien de trend van het ingraven van het systeem waarbij 'voormalig' schorhabitat steeds hoger komt te liggen, schorranden afkalven, en de gemiddelde diepte van het systeem lijkt toe te nemen). Dit zal worden geëvalueerd binnen het thema Habitatdiversiteit; zie hoofdstuk 5.2. Habitatoppervlakte en dynamiek). In de evaluatie Macrofyten wordt slechts geëvalueerd of ontwikkelingen met betrekking tot potentiële problemen met nutriënten en eventuele bloeien van probleemalgen de gewenste kant op gaan, er van uit gaande

dat er geen drastische veranderingen in de huidige nutriëntniveaus te verwachten zijn (hoofdstuk 4.3. Nutriënten en organische belasting).

Een toename in het schorareaal is gewenst, waarbij wordt gestreefd naar totale oppervlaktes aan schor per segment volgens de GEP (zie hoofdstuk 5.2. Habitatoppervlakte en dynamiek).

6.3.6. Conclusie

Soortrijkdom van de macrofyten is een duidelijke indicator voor de kwaliteit van de schorgebieden naast de kwaliteitsmaten die als factor gelden uit het thema diversiteit van Habitats.

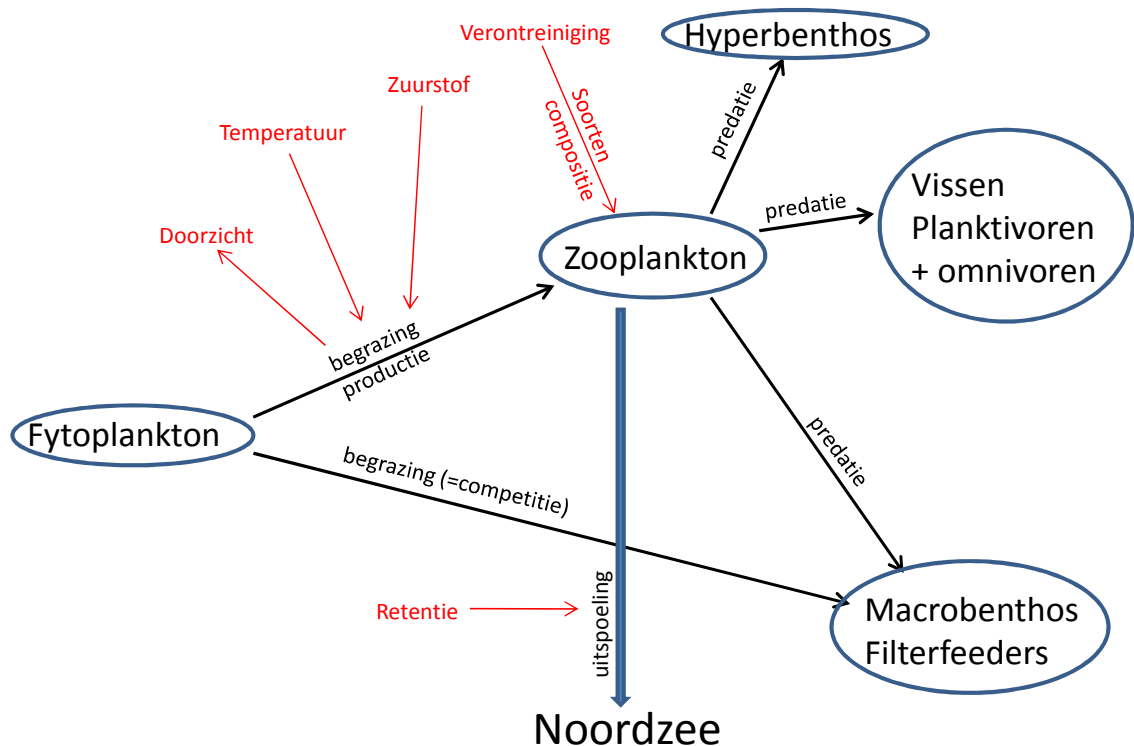
Een belang van schorren en hun bufferende werking om potentiële problemen met hoge nutriëntenbelastingen tegen te gaan, behoort tot de recente inzichten (Struyf *et al.*, 2006). Het schorareaal blijken de draagkracht van het systeem ten opzichte van verrijking substantieel te kunnen vergroten. Het is dan ook een goed streven, om het schorrenareaal daar waar mogelijk uit te breiden, of schorvorming te stimuleren, niet om het minste omdat hiervan ook de habitat- en de soortendiversiteit zal meeprofiteren.

De in deze evaluatie voorgestelde indicator (schorareaal) is eenvoudig vanuit de ecotopenkaart af te leiden en loopt parallel aan de evaluatie van Diversiteit Habitats waar uit wordt gegaan van de GEP. Het zou een goed streven zijn om in de toekomst een meer gespecificeerde indicator te ontwikkelen (schor-buffercapaciteit) waarin de verschillen in potentiële bufferende werking tussen schortypes en de positionering van schorren langs de saliniteitgradiënt worden meegewogen.

6.4. Zoöplankton

6.4.1. Achtergrond

Een belangrijke plaats binnen het estuariene voedselweb wordt ingenomen door zoöplankton, als zijnde de schakel tussen de primaire productie en de hogere trofische niveaus. Het zoöplankton, in feite de pelagische secundaire productie, kan worden opgesplitst in de componenten micro- en mezo-zoöplankton. Het microzoöplankton bestaat voornamelijk uit rotiferen, ciliaten en flagellaten die vooral zijn aangewezen op detritus en dus zodoende zorgen voor de opname van vast organisch materiaal in de voedselketen. Het mesozoöplankton begraast voornamelijk het fytoplankton en wordt gedomineerd door copepoden en cladoceren (Meire & Maris, 2008).



Figuur 6.4.1. Overzicht van de belangrijkste stoffstromen (→) in het voedselweb rond het Zoöplankton en de belangrijkste factoren (in red) met invloed op of beïnvloed door de factor Zoöplankton.

Figuur 6.4.1 geeft een overzicht van de belangrijkste zoöplankton gerelateerde interacties in het estuariene voedselweb. De zoöplanktonkwantiteit (dichtheden en biomassa) wordt bepaald door het voedselaanbod; afhankelijk van het type zoöplankton (micro- dan wel mesozoöplankton), voornamelijk bestaande uit fytoplankton of detritus. De verhouding tussen zwevende stof en fytoplankton heeft dan ook grote invloed op de zoöplankton samenstelling. Enerzijds is dus het fytoplanktonaanbod van belang (zie hoofdstuk 6.2. Primaire productie voor de parameters met invloed op deze indicator). Anderzijds bepaald de hoeveelheid detritus in de waterkolom de samenstelling van het zoöplankton (OSPAR Commission, 2008). Hiervoor zijn met name hydrologische aspecten belangrijk (zie hoofdstuk 3.2. Hydrodynamiek; Zwevende stofgehalte of 4.4. Lichtklimaat). Naast het voedselaanbod voor zoöplankton is de zoöplanktonpredatie van belang voor met name de waar te nemen kwantiteit en eventueel ook de samenstelling.

Belangrijkste consumenten van het zoöplankton zijn hyperbenthische organismen als garnaalachtigen (Fockedey & Mees, 1999; zie tevens hoofdstuk 6.5), planktivore en omnivore vissen (Maes et al., 2005; Breine et al., 2007; zie tevens hoofdstuk 6.7) en de filtreerders onder het macrozoöbenthos (Maar et al., 2007; Nielsen & Maar, 2007; Craeymeersch et al., 2008; zie tevens hoofdstuk 6.6). Mogelijk dat ook voor een aantal watervogels op den duur het zoöplankton een belangrijke voedselbron kan gaan vormen, zoals bijvoorbeeld voor de slobeend *Anas clypeata* (LNV, 2008). Hiermee bepaald het zoöplankton ook voor een deel de draagkracht van het systeem voor de hogere trofische niveaus. Het filtrerende macrozoöbenthos is overigens ook een voedselconcurrent van met name het mesozoöplankton door de op fytoplankton gerichte voedingswijze.

Verder hebben een aantal fysisch-chemische en hydrologische parameters een grote invloed op de aanwezigheid en samenstelling van het zoöplankton. Zo kan een verandering in (jaargemiddelde) temperatuur zorgen voor een verandering in de lengte van het groeiseizoen, verschuiving van de aanvang van het groeiseizoen en het tijdstip met maximumkwantiteit, en een verandering van de soortensamenstelling. Zo kent één van de dominante soorten van het oligo-mesohalien *Eurytemora affinis* een optimum temperatuur voor ei-productie rond de 15 °C (Gasparini et al., 1999). Bij opwarming van het systeem kan zodoende de zoöplankton piek naar vroeger in het jaar verschuiven. Ook het zuurstofgehalte kan grote invloed hebben op de aanwezigheid van zoöplankton. Zo is er pas weer recentelijk sprake van zoöplanktonproductie in het zoete gedeelte van het Schelde-estuarium, wat waarschijnlijk kan worden toegeschreven aan de verbeterde zuurstofcondities daar (Cox et al., 2009). Sautour & Castel (1995) laten zien dat gedurende de jaren 90 het optimum in de aantallen van *E. affinis* en een andere zeer algemene soort (*Acartia bifilosa*) in de Westerschelde duidelijk naar het zoutere gedeelte waren en mogelijk nog steeds zijn verschoven ten opzichte van vergelijkbare estuaria als de Gironde en de Ems. De optima bleken respectievelijk in de Gironde, Ems en Schelde bij een saliniteit van 0, 6 en 9 (*E. affinis*) dan wel 9, 15 en 18 (*A. bifilosa*) te liggen, grotendeels ten gevolgen van de heersende zuurstofcondities. Appeltans et al. (2003) laat overigens zien dat de tolerantie van zoöplankton soorten voor lagere zuurstofconcentraties mede wordt bepaald door de temperatuur en het zoutgehalte, waarbij *E. affinis* gevoeliger is bij hogere temperaturen of lagere saliniteit. Zoals vermeld kan ook de kwaliteit van het voedsel, verhouding zwevende stof ten opzichte van fytoplanktonconcentraties, de soortencompositie en het verspreidingsgebied van zoöplankton soorten worden beïnvloed (Satur & Castel, 1995; Gasparini et al., 1999). Waar zwevende stof uiteraard het doorzicht zal beïnvloeden, zal begrazing van zoöplankton op de fytoplanktonpopulaties ook weer een effect op het doorzicht hebben. De invloed van verontreinigingen op de zoöplanktongemeenschappen is moeilijk aan te geven daar deze verschilt per contaminant, maar het valt te verwachten dat met name de soortensamenstelling (rijkdom en diversiteit) zal worden beïnvloed daar er verschil in gevoeligheid tussen de soorten zal bestaan. Verder is de verblijftijd van de ontwikkelende relatief immobiele zoöplanktonpopulaties binnen de voor de soorten geschikte saliniteitzones van belang. Zoöplankton zal zich tot op zekere hoogte weten te handhaven in bepaalde zones door de hoogte in de waterkolom aan te passen en zo gebruik te maken van inkomende en uitgaande stromingen (Heip et al., 1995). Zoet- en brakwater soorten zullen echter na verloop van tijd in zones terecht komen waar de saliniteit de populatiegroei belemmert of waar mortaliteit zal optreden. Dit fenomeen is afhankelijk van het debiet of de verblijftijd van het water in het Schelde systeem en in de saliniteitszones in het bijzonder. Uiteraard kan ook een verschuiving in de zoutindringing (wat samenhangt met debiet) effect hebben op de verblijftijd van water en relatief immobiele organismen in bepaalde saliniteitzones omdat hiermee de grootte van die zones verandert. Voor relatief zouttolerante soorten gaat het niet noodzakelijkerwijs om sterfte, maar kunnen de organismen ook het Schelde-systeem verlaten door overschrijding van de binnen deze methodiek vastgestelde gebiedsgrens tussen de Vlakte van Raan en de rest van de Voordelta/Noordzee.

Zoöplanktonindicatoren zijn dus waardevol voor het Schelde-estuarium, daar zoöplankton enerzijds de draagkracht van het systeem bepaalt voor gewaardeerde soorten onder de vissen en vogels. Dit inclusief rode lijst soorten en soorten met instandhoudingsdoelen zoals de fint *Alosa fallax*, de rivierprik *Lampetra planeri* en een aantal grondeleenden soorten (LNV, 2006). Ook bepaalt het zoöplankton de draagkracht voor commercieel belangrijke soorten van het hyperbenthos (bv de grijze garnaal *Crangon crangon*) en commercieel belangrijke vissoorten (bv haring *Clupea harengus*, sprot *Sprattus sprattus*, zandspiering *Atherina presbyter* en juveniele platvis soorten als tong *Solea solea* en bot *Platichthys flesus*; Fockedey & Mees, 1999; Maes et al., 2005; Breine, 2009). Anderzijds kan het zoöplankton een belangrijke rol spelen in de controle van de fytoplanktonbiomassa (Escaravage & Soetaert, 1995). Het is te verwachten dat dit meer en meer het geval zal worden bij een verbetering van de zuurstofcondities en een afname van de ammoniumconcentraties in de zoetwaterzone van het Schelde-estuarium (Cox et al., 2009). Voor het gehele estuarium geldt dat de zoöplanktongemeenschappen een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan een verbetering van het doorzicht. Verder is het zoöplankton een goede indicator voor veranderingen in zuurstofcondities, temperatuur, saliniteit, zwevende stof en waterretentie.

6.4.2. Indicatoren

De evaluatiemethodiek Zoöplankton is opgebouwd rond 5 indicatoren die zullen worden aangeduid als biomassa (ADW_{zp}), biomassa *E. affinis* (ADW_{Ea}), conditie *E. affinis* (fit_{Ea}), soortenrijkdom (d_{zp}) en soortendiversiteit (H'_{zp}). Omwille van de werkbaarheid wordt enkel het mesozoöplankton geëvalueerd. Het bemonsteren en met name het determineren van microzoöplankton is erg specialistisch en tijdrovend werk, wat overigens momenteel ook niet structureel in een monitoringprogramma wordt uitgevoerd. De verhouding mesozoöplankton/microzoöplankton zou een goede indicator kunnen zijn voor veranderingen in de fytoplankton/detritus-verhouding (Sautour & Castel, 1995). Er wordt echter verwacht dat de biomassa aan mesozoöplankton in combinatie met primaire productie, doorzicht en ontwikkelingen in de begrazingsdruk, dezelfde inzichten kan geven.

Biomassa (ADW_{zp}):

Voor bepaling van de (totale) biomassa aan zoöplankton worden de dichtheden per soort per m^3 bepaald, waarna voor alle soorten (met uitzondering van *E. affinis*) een vaste omrekenfactor naar ADW (asvrijdrooggewicht) wordt gehanteerd. Voor *E. affinis*, wordt het soortelijk gewicht in ADW bepaald via weging. De totale mesozoöplanktonbiomassa (inclusief *E. affinis*) per m^3 wordt berekend per monitortijdstip.

E. affinis (ADW_{Ea}):

Zoals hierboven aangegeven wordt voor *E. affinis*, tevens één van de dominante soorten, de totale biomassa bepaald door vermenigvuldiging van de aantallen per m^3 met het gewogen soortelijke gewicht (mg ADW/individueel).

E. affinis (fit_{Ea}):

Voor bepaling van de conditie van *E. affinis* wordt van een random 100 individuen het ontwikkelingsstadium genoteerd, waarna alle individuen na drogen als één batch worden gewogen. Door het gewicht te delen door 100 wordt het soortelijke gewicht in mg ADW/individueel verkregen. Zodoende kan er een beeld worden gevormd van de populatieontwikkelingen door het jaar heen, en de eventuele ontwikkelingen in individuele groei en conditie van jaar tot jaar.

Soortenrijkdom (d_{zp}):

De soortenrijkdom van het mesozoöplankton (d_{zp}) wordt bepaald volgens Margalef als:

$$d_{zp} = \frac{(S - 1)}{\ln(n)}$$

waarin S = het aantal soorten, en n = het aantal individuen per standaardmonster van 50 liter volgens de standaardbemonstering (50 μ m net).

Soortendiversiteit (H'_{zp}):

De soortendiversiteit van het mesozoöplankton (H'_{zp}) wordt bepaald volgens Shannon als:

$$H'_{zp} = - \sum_{i=1}^n p_i * \ln(p_i)$$

waarin p_i = het aandeel van de i -de soort op het totaal aantal individuen per standaardmonster van 50 liter volgens de standaardbemonstering (50 μ m net).

Chitobiase-concentratie:

Veelbelovend is de bepaling van de secundaire productie op basis van de chitobiase-concentraties in de waterkolom. Het enzym wat vrijkomt bij de vervelling van Crustaceeën, waar het zorgt voor de afbraak van het exoskelet bij de overgang naar het volgende ontwikkelings-/groeistadium geeft dus een indicatie van het Crustaceeën aantal en de Crustaceeën groei (Oosterhuis *et al.*, 2000). De chitobiase-concentraties zullen in de praktijk voornamelijk worden bepaald door aanwezige copepoden, garnalen en kleine krab- en kreeftachtigen. De methode bleek in de Noordzee zeer waardevol te zijn (Baars & Oosterhuis, 2006). Er dient echter nog te worden onderzocht in hoeverre de methodiek bruikbaar blijkt te zijn als evaluatietool in estuaria, waar men te maken heeft met verschillende saliniteiten en een zeegaande waterkolom. Verder is enigszins complicerend dat organismen uit verschillende te evalueren groepen (Zoöplankton, Hyperbenthos, Macrozoöbenthos) aan de index bijdragen en verschillende concentraties op verschillende diepten kunnen worden verwacht. Wellicht dat de methodiek nog verder kan worden getest en uitgewerkt en in de toekomst een rol kan gaan spelen in de evaluatie.

6.4.3. Spatieel en temporeel bereik

Voor de evaluatie is ten minste één representatief station per segment volgens de niveau 3 indeling noodzakelijk. Er kan worden overwogen om meerdere stations per segment te gebruiken en die te middelen wanneer dit naar verwachting een representatief beeld geeft. Evaluatie van het zoöplankton zal plaats vinden volgens de spatiële onderverdeling van niveau 3 (zie hoofdstuk 2). Voor andere indicatoren zullen later ook de gegevens uitgewerkt op niveau 2 nodig zijn, het geen kan worden bereikt door gemiddelden en standaarddeviaties per segment (Vlakte van Raan, Westerschelde, Zeeschelde, Zijrivieren) te berekenen.

Bemonstering van de zoöplanktongemeenschappen wordt maandelijks uitgevoerd, met maandelijks een extra bemonstering (dus 2x per maand) gedurende de zomermaanden

(Maart t/m Augustus). Voor ieder tijdstip en segment wordt de totale zoöplanktonbiomassa, de soortenrijkdom en de soortendiversiteit berekend, en de biomassa, het soortelijk gewicht en de populatie-opbouw van *E. affinis*. De soortenrijkdom en soortendiversiteit worden voor de zomermaanden gemiddeld en vervolgens vanuit de maandgegevens berekend als gemiddelden $\pm$ standaarddeviatie per segment per jaar. De T_0 zal voor zover mogelijk een beeld geven van de historische ontwikkeling in soortenrijkdom en soortendiversiteit per jaar eindigend met de huidige situatie. De daarop volgende evaluaties (om de 6 jaar) zullen de nieuwe jaar tot jaar ontwikkelingen analyseren. Daarbij wordt er gericht op afwijkende jaar x segment combinaties, en worden door middel van trend analyse mogelijk ontstane trends of trendbreuken gedetecteerd. De totale zoöplanktonbiomassa wordt uitgezet tegen de tijd voor een ieder van de segmenten. Vervolgens kan het tijdstip van piekbiomassa per segment, en het segment met de hoogste biomassa worden gedetecteerd, het geen wordt vergeleken met de T_0 situatie. Tevens zal voor de segmenten op niveau 2 de zoöplanktonbiomassa gedurende het jaar worden berekend evenals de jaargemiddelde zoöplanktonbiomassa en piekbiomassa zoöplankton, om het voedselaanbod voor hogere trofische niveaus te bepalen (zie hoofdstukken 6.5. Hyperbenthos; 6.6. Macrozoöbenthos; 6.7. Vissen). Voor *E. affinis* wordt conform de totale biomassa, de biomassa per segment uitgezet tegen de tijd om de piekbiomassa per segment in de tijd en de piekbiomassa in de ruimte te bepalen en te vergelijken met de T_0 situatie. Tevens zal de range van voorkomen (aantal segmenten met *E. affinis*) worden geëvalueerd. Ten slotte zal het gemiddelde gewicht van *E. affinis* in tijd (voor ieder van de tijdstippen) en ruimte (voor ieder van de segmenten) worden geëvalueerd. Hierbij wordt het gemiddelde gewicht van de populatie vergeleken met de T_0 -situatie, en worden eventuele verschuivingen in de populatie opbouw (ontwikkelingsstadia) door het jaar heen vergeleken met T_0 . Indien voldoende gegevens aanwezig, anders voor het eerst op het moment van evaluatie na 6 jaar, kan een trendanalyse volgen om de richting van eventuele ontwikkelingen te bepalen.

6.4.4. Benodigheden

Of zoöplanktonmonitoring zal plaats vinden in het kader van MONEOS dan wel via andere wegen waarbij er mogelijk wel data verkrijgbaar zullen zijn, is op het moment van de ontwikkeling van de evaluatiemethodiek MONEOS nog onduidelijk. In Vlaanderen vindt momenteel wel monitoring van het zoöplankton plaats, parallel aan de fytoplankton bemonsteringen met stations in het grootste gedeelte van de segmenten volgens de niveau 4 indeling (OMES-segmenten). Dit zal dus wellicht ruimschoots voldoende zijn met in ieder segment op niveau 3 ten minste één meetstation. Mogelijk dat wel de monitorfrequentie (in de zomermaanden) nog zal moeten worden verhoogd. In Nederland wordt tot op heden geen monitoring van de zoöplanktongemeenschappen uitgevoerd. Hier zou dit dus moeten worden ingevoerd met representatieve stations op ten minste 4 locaties conform de niveau 3 indeling (Vlakte van Raan, het polyhalieen segment en de twee mesohalieen segmenten van de Westerschelde), die uiteraard het beste parallel aan de fytoplankton-bemonsteringsstations kunnen worden gekozen.

De zoöplanktonindicatoren zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren jaargemiddeld zwevende stof(detritus)gehalte en maand- en jaargemiddelde waterretentie (hoofdstuk 3. 2), jaargemiddelde temperatuur, datum waarop de watertemperatuur voor het eerst de 12 °C haalt, en lengte periode met temperatuur boven de 12 °C (hoofdstuk 4.5. Temperatuur), maand en jaargemiddelde saliniteit en gemiddelde areaal zoet, oligohalien, mesohalien, polyhalien, euhalien (begrenzungen respectievelijk bij saliniteit van 0.5, 5, 18 en 30) per maand en jaar (hoofdstuk 4.6. Saliniteit), jaargemiddelde zuurstofconcentratie en minimum zuurstofconcentratie (hoofdstuk 4.2. Zuurstof), jaargemiddelde en maximum concentraties aan toxische

stoffen in waterkolom (hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen), jaargemiddelde primaire productie waterkolom en jaargemiddelde chlorofyl-a-gehalte waterkolom (hoofdstuk 6.2. Primaire productie), piekbiomassa hyperbenthos en jaargemiddelde biomassa hyperbenthos (hoofdstuk 6.5. Hyperbenthos), najaarsbiomassa filtrerend macrozoöbenthos (schelpdieren Westerschelde; hoofdstuk 6.6. Macrozoöbenthos), voorjaarsaantallen planktivore en omnivore vissen (hoofdstuk 6.7. Vissen). Voor alle factoren zal de met zoöplankton gecombineerde evaluatie plaats vinden op schaalniveau 3, met uitzondering van waterretentie, macrozoöbenthos en vissen, waar voor evaluatie op schaalniveau 2 zal plaats vinden.

De zoöplanktonfactoren piekbiomassa en jaargemiddelde biomassa zoöplankton zullen overigens op hun beurt weer worden gebruikt in de evaluatie van hyperbenthos, macrozoöbenthos en vissen per segment op de niveaus 3 en 2.

De factor zoöplankton vertoont dus diverse interacties met andere factoren binnen alle thema's. Het zoöplankton speelt met name een belangrijke rol in het verklaren van ontwikkelingen die te maken hebben met de interacties in het voedselweb, waarbij zoöplankton optreedt als voedselbron of juist als belangrijke grazer. Interacties buiten het thema ecologisch functioneren zijn met name van belang daar de factor zoöplankton in combinatie met andere factoren onderscheidend kan zijn in het vinden van de oorzaak van veranderingen of optredende fenomenen. Zoöplankton is echter niet bepalend voor het vaststellen van bepaalde beoordelingen of criteria voor factoren, daar er meestal sprake is van gevoeliger indicatoren. Zo kunnen ontwikkelingen in het zoöplankton duiden op bepaalde zuurstofcondities, (ontbreken van zoöplankton in zoete deel estuarium kan duiden op slechte zuurstofcondities) maar wordt de beoordeling of het criterium voor zuurstof bepaald voor de gevoeligste indicator zijnde de diadrome vissen (het zoöplankton zal eerder terug keren dan de diadrome vissen wanneer het om een zuurstofprobleem voor een groot trajectdeel gaat).

6.4.5. Beoordeling

Biomassa (ADW_{zp}):

De jaargemiddelde totale zoöplanktonbiomassa (ADW_{zp}) kan een toe- of afname laten zien in de te beoordelen segmenten (niveau 2; hoofdstuk 4.2). Een toename in ADW_{zp} kan het gevolg zijn van een toename in het voedselaanbod dus een toename van de primaire productie in de waterkolom (fytoplankton productie), een toename van de voedselkwaliteit (toename in de chlorofyl-a/detritus-verhouding), of een toename van de gemiddelde en/of de minimum zuurstofconcentratie. Verder kan het een gevolg zijn van een toename van de gemiddelde jaartemperatuur of een verlenging van het groeiseizoen (periode met temperatuur boven de 12 °C), een vergroting van de productiviteitszone (verschuiving van de saliniteitsbegrenzings, berekend afhankelijk van de zone/gemeenschap als areaal zoet, oligohalien, mesohalien, polyhalien, euhalien) of het bereiken van een optimalere saliniteit. Een optimale saliniteit kan zichtbaar zijn in de gemiddelde saliniteit passende bij de aanwezige gemeenschap of een saliniteit waarbij grotere productie kan worden verwacht. De optimale saliniteit voor productie is eveneens grofweg in te delen in de hierboven genoemde saliniteitszones, met wellicht hogere productie in zoete en zoute delen dan in brakke delen, hetgeen echter moeilijk aantoonbaar is. Verder kan een toename in ADW_{zp} ook het gevolg zijn van een vergroting van de verblijftijd van het water en de daarin aanwezige gemeenschap (toename retentie). Een andere mogelijkheid is dat er een afname in de predatiedruk heeft plaatsgevonden, wat een afname in de biomassa aan hyperbenthos en/of afname in biomassa filtrerend macrozoöbenthos (schelpdieren) en/of afname in aantallen planktivore en omnivore vissen. Uiteraard werkt bovengenoemde ook in de andere

richting, waarbij een afname in ADW_{zp} het gevolg kan zijn van een toename van één of enkele bovengenoemde factoren vanuit de thema's Hydro- en morfodynamica en Fysico-chemie en/of een toename van één of enkele bovengenoemde factoren vanuit het thema Ecologisch functioneren en diversiteit soorten. Uiteraard dient eerst te worden nagegaan of er sprake is van een significante verandering in ADW_{zp} . Dit wordt op twee manieren getest; door de situatie van het te evalueren tijdstip te vergelijken met een referentie situatie (bij T_0 evaluatie) of de T_0 situatie (latere evaluaties); of door een trendanalyse uit te voeren waarbij een significante trend of trendbreuk kan worden waargenomen. Bij significante verandering van ADW_{zp} zullen bovengenoemde factoren worden getest conform ADW_{zp} , waarbij niet significant of tegengesteld dan verwacht veranderende factoren af vallen als de mogelijke oorzaak van de observaties.

Een significante toename in ADW_{zp} zal in principe als positief worden beoordeeld tenzij deze wordt veroorzaakt door een afname in de predatiedruk (afname biomassa hyperbenthos, afname biomassa filtrerend macrozoöbenthos, afname aantallen planktivore en omnivore vissen). Een toename in ADW_{zp} wordt ook als positief beoordeeld bij een onveranderde of niet toenemende primaire productie. Bij een significante toename van de primaire productie zou een toename van het ADW_{zp} in theorie achter kunnen blijven waardoor de evaluatie niet noodzakelijkerwijs positief hoeft uit te pakken. Dit zal dan mogelijk ook tot uiting komen in andere evaluatiemethodieken als bijvoorbeeld zuurstof (hoofdstuk 4.2) en vissen (hoofdstuk 6.7). Men zal dan ook een negatieve beoordeling van een andere indicator binnen de evaluatiemethodiek zoöplankton verwachten, waarbij de plussen en de minnen tegen elkaar dienen te worden afgewogen, maar de minnen over het algemeen zwaarder zullen wegen. Een toename van het ADW_{zp} ten gevolge van een toename in de chlorofyl-a/detritus-ratio is in principe gewenst; te meer wanneer ook het doorzicht toe neemt en/of het zwevende stofgehalte afneemt. Laatst genoemden maken echter onderdeel uit van de indicatoren lichtklimaat (hoofdstuk 4.4) en hydrodynamiek (hoofdstuk 3.2. Hydrodynamiek: zwevende stof). Een afname in ADW_{zp} door een afname van de waterretentie of een afname van de productiviteitszone in het zoete en het oligohalien is ongewenst.

Aansluitend bij de totale zoöplanktonbiomassa zal ook het tijdstip waarop de piekbiomassa aan zoöplankton wordt bereikt, en het segment op niveau 3 (hoofdstuk 4.2) waarin de piekbiomassa wordt bereikt, worden geëvalueerd. Het laatste is een indicatie voor veranderende Fysico-chemische dan wel Hydro-morfologische omstandigheden waarbij niet op voorhand valt aan te geven of de veranderingen positief dan wel negatief zijn. Het zal echter functioneren als een signaal dat er iets gaande is, en dat de indicator ADW_{zp} zoals hierboven beschreven ook op niveau 3 dient te worden geëvalueerd. Significante verschuiving van het tijdstip waarop de piekbiomassa aan zoöplankton wordt bereikt kan te maken hebben met een verschuiving van het tijdstip waarop de piekbiomassa in fytoplankton plaats vindt. In dat geval moet de oorzaak worden gezocht in lichtklimaat en/of nutriëntenaanbod/-verhouding het geen voor de evaluatiemethodiek Primaire productie (hoofdstuk 6.2) zal worden geëvalueerd. De oorzaak kan ook liggen in een verandering in de watertemperatuur, waarvoor dient te worden geanalyseerd of het tijdstip waarop de watertemperatuur boven de 12 °C komt, is komen te liggen, of dat de gemiddelde jaartemperatuur is veranderd.

Een vervroeging van de zoöplanktonpiek ten gevolge van een vervroeging van de opwarming van het waterlichaam dan wel een verhoging van de gemiddelde jaartemperatuur is ongewenst. Binnen de evaluatiemethodiek Temperatuur (hoofdstuk 4.5) zal dan worden geëvalueerd of de temperatuurverandering een locale of een globale oorzaak heeft en moet dan blijken of de evaluatie op dit punt als negatief wordt beoordeeld. In principe kunnen ook de overige factoren die invloed hebben op ADW_{zp} , het tijdstip van de piekbiomassa beïnvloeden. Er wordt echter verwacht dat de evaluatie van ADW_{zp} in de praktijk op die punten voldoende inzicht zal geven zodat er voor het tijdstip

van de piekbiomassa in combinatie met die reeks parameters geen extra evaluatie nodig is.

E. affinis (ADW_{Ea}) en *E. affinis* (fit_{Ea}):

Naast dat de biomassa aan *E. affinis* (ADW_{Ea}) een indicatie kan zijn voor soortgelijke patronen als de totale zoöplanktonbiomassa (ADW_{zp}) en dus op dezelfde manier wordt geëvalueerd (overigens voor een door saliniteit iets wat ingeperkte trajectrange), is deze parameter tevens aan de evaluatie toegevoegd omdat in tegenstelling tot ADW_{zp} er voor ADW_{Ea} met direct bepaalde gewichten wordt gewerkt in plaats van standaard afgeleide gewichten. Dit heeft als voordeel dat er informatie wordt verkregen over de conditie van de zoöplanktongemeenschap dan wel over de populatieopbouw van de zoöplanktongemeenschap (beiden worden bepaald). De conditie van *E. affinis* (fit_{Ea}) zal voornamelijk worden bepaald door de voedselkwaliteit die kan worden omschreven als de chlorofyl-a/detritus-ratio, of het zich ophouden van de populaties onder optimale dan wel suboptimale condities (hoogst waarschijnlijk voornamelijk terug te brengen tot een verandering in gemiddelde saliniteit). De populatie-opbouw zal weer eerder worden bepaald door factoren als temperatuur (een verandering van de gemiddelde jaartemperatuur of een verandering van de aanvang van het groeiseizoen gerelateerd aan een temperatuur boven de 12 °C) en voedselaanbod (verandering van de primaire productie in de waterkolom). Voor evaluatie van de conditie zal eerst de populatie-opbouw moeten worden bepaald. Bij een onveranderde populatie-opbouw maar een afname van de conditie (afname fit_{Ea}), kan dit het gevolg zijn van een afname in de chlorofyl-a/detritus-ratio, of een verandering (in dit geval wellicht een verhoging) van de gemiddelde saliniteit. Wanneer een afname in gewicht (fit_{Ea}) wordt geconstateerd die niet terug te brengen is tot verandering in conditie, maar tot de aanwezigheid van een hoger percentage aan dieren in de laagste ontwikkelingsstadia, kan dit te maken hebben met een verlaging van de gemiddelde jaartemperatuur of een verlating van de aanvang van het groeiseizoen. Ook een afname van de primaire productie bij monitoring in de zomer, of verhoging van de gemiddelde jaartemperatuur of vervroeging van de aanvang van het groeiseizoen of toename van de primaire productie bij monitoring in het voorjaar kan de basis van de afname van de indicator vormen.

De beoordeling van de biomassa aan *E. affinis* is met name belangrijk voor de zoete en oligohaliene zone. Een verschuiving van de piekbiomassa stroomopwaarts is gewenst wanneer dit een toename in biomassa in de stroomopwaarts gelegen segmenten inhoudt en niet alleen een afname in de stroomafwaarts gelegen segmenten. Een beoordeling van een verandering in de populatie-opbouw voor *E. affinis* is afhankelijk van het tijdstip van monitoring. Daardoor zal deze indicator slechts worden gebruikt als signaal, en betekent dit dat er moet worden gekeken naar de evaluatie van de factor Temperatuur (hoofdstuk 4.5) dan wel de evaluatiemethodiek Primaire productie (hoofdstuk 6.2) wanneer daar veranderingen in worden geconstateerd. De populatie opbouw van *E. affinis* is dus niet leidend voor de beoordeling. Wel is deze indicator noodzakelijk voor de bepaling van de conditie van de populatie. Een afname van fit_{Ea} door een achteruitgang van de conditie onder invloed van een afname van de chlorofyl-a/detritus-ratio zal negatief worden beoordeeld, en vice versa. Wanneer de oorzaak van de afname in conditie lijkt te liggen in een verhoging van de gemiddelde saliniteit dan is dit in principe ongewenst, maar zal de beoordeling voor andere indicatoren (Macrozoöbenthos & Vissen; hoofdstukken 6.6 & 6.7) en evaluatiemethodieken (Saliniteit; hoofdstuk 4.6) maatgevend zijn.

Soortenrijkdom (d_{zp}) en -diversiteit (H'_{zp}):

De soortenrijkdom en soortendiversiteit (respectievelijk d_{zp} en H'_{zp}) zijn enigszins vergelijkbare indicatoren in de zin dat veranderingen in de indicatoren het gevolg kunnen zijn van dezelfde set aan factoren. Echter daar zowel d_{zp} als H'_{zp} behoorlijk wat jaar tot jaar variatie kunnen vertonen, zullen er niet direct significante verschillen en/of trends

waar te nemen zijn. Door beide indicatoren te evalueren wordt de kans op het detecteren van veranderingen vergroot. Evaluatie van d_{zp} en H'_{zp} vindt plaats op niveau 3 (hoofdstuk 2), waarbij een toename in de soortenrijkdom of de –diversiteit een gevolg kan zijn van een toename in het zuurstofgehalte (gemiddelde jaar concentratie en minimum concentratie), een afname in de primaire productie of een afname van de concentraties aan toxische stoffen in de waterkolom. Uiteraard kan ook het tegenovergestelde aan de hand zijn; een afname in soortenrijkdom en –diversiteit ten gevolgen van een afname in zuurstof of een toename in primaire productie of een toename in toxische stoffen.

In principe is een toename in zowel zoöplankton soortenrijkdom als –diversiteit gewenst, en een afname ongewenst, onafhankelijk welke factor hieraan ten grondslag ligt. Zuurstof en primaire productie komen in de evaluatie van diverse indicatoren en evaluatiemethodieken naar voren, wat een compleet beeld moet opleveren. Wanneer de oorzaak moet worden gezocht in de toxische stoffen (met name wanneer zuurstof en primaire productie geen verandering laten zien) wordt het gecompliceerd, omdat dit een hele lijst aan stoffen omvat die ook nog eens gecombineerd aanwezig zijn. Bij nieuwe normoverschrijdingen zouden die de basis kunnen vormen van achteruitgang in soortenrijkdom en –diversiteit; echter deze stoffen zullen in ieder geval in hoofdstuk 4.7 (Toxische stoffen) als negatief worden beoordeeld. Sterke concentratieveranderingen voor toxische stoffen kunnen het probleem zijn, maar zullen altijd vragen om nader onderzoek. Vergelijking van de verschillende segmenten en jaren moet hierbij behulpzaam zijn. Er wordt voorgesteld om toxische stoffen pas in de Zoöplanktonevaluatie te betrekken wanneer patronen niet vanuit andere factoren kunnen worden verklaard. Men dient er rekening mee te houden, en dit geldt in principe voor alle indicatoren, dat veranderingen in indicatoren het gevolg kunnen zijn van veranderingen in meerdere factoren. Zo kan de waarde van de ene factor de tolerantie van organismen ten opzichte van andere factoren beïnvloeden, zoals bijvoorbeeld geïllustreerd in de studie van Kinne uit 1964.

6.4.6. Conclusie

Vooralsnog zijn er geen normen voor zoöplankton opgesteld. De belangrijke rol in het voedselweb wordt echter wel in internationaal verband onderkend (OSPAR Commission, 2008). Verder beveelt het Milieu- en Natuurplanbureau aan om zoöplankton als graadmeter voor de natuurwaarde van de Westerschelde op te nemen; een aanbeveling die ook in de rapportage aangaande 'gezondheidsindicatoren voor het Schelde-estuarium' (Craeymeersch *et al.*, 2008) is overgenomen. Duidelijk mogen zijn dat het zoöplankton in het zoute deel van het Schelde estuarium een belangrijke rol speelt in de draagkracht van het systeem voor organismen van hogere trofische niveaus. Het grotendeels (tot zeer recentelijk) ontbreken van zoöplanktongemeenschappen in het zoete deel van het Schelde-estuarium (Tackx *et al.*, 2005) moet grote gevolgen hebben gehad voor de diversiteit in dit deel van de Schelde. Uiteraard lagen andere factoren ten grondslag aan het ontbreken van zoöplankton en soorten van hogere trofische niveaus. Maar eerst zal herstel van zoöplanktongemeenschappen noodzakelijk zijn alvorens soorten van hogere trofische niveau's succesvol kunnen terugkeren, ondanks mogelijk reeds verbeterde (fysisch-chemische) condities. Niet alleen is zoöplankton belangrijk voor de hogere trofische niveau's, maar kan het een belangrijke factor zijn in de regulatie van het fytoplankton en mogelijke algenbloeien (Escaravage & Soetaert, 1995) onder de huidige (en wellicht ook tot ver in de toekomst) eutrofe condities. Daarbovenop kan de evaluatie van zoöplankton, onderscheidend zijn voor de toestand en veranderingen in het systeem.

Problematisch is natuurlijk dat vooralsnog geen zoöplanktonmonitoring is voorzien voor het gehele Schelde-systeem. Voor het Belgische deel lijkt juist zoöplankton dé indicator te zijn om duidelijk te maken dat het met het systeem de goede kant op gaat. Voor het

Nederlandse deel kan een kleine extra inspanning (4 monitorlocaties) duidelijk meer inzicht geven in de oorzaken van het mogelijk wel of niet voorkomen, of trends in soorten van hogere trofische niveaus. Waar zoöplankton belangrijke informatie geeft over de gezondheidstoestand van het systeem, kan dat juist de benodigde informatie zijn om onderscheid te maken tussen het ecologisch functioneren op zich, en externe invloeden of meer menselijke ingrepen in het gebied als exploitatie, verstoring, effecten van gebruikers functies of activiteiten die consequenties kunnen hebben voor dezelfde soorten.

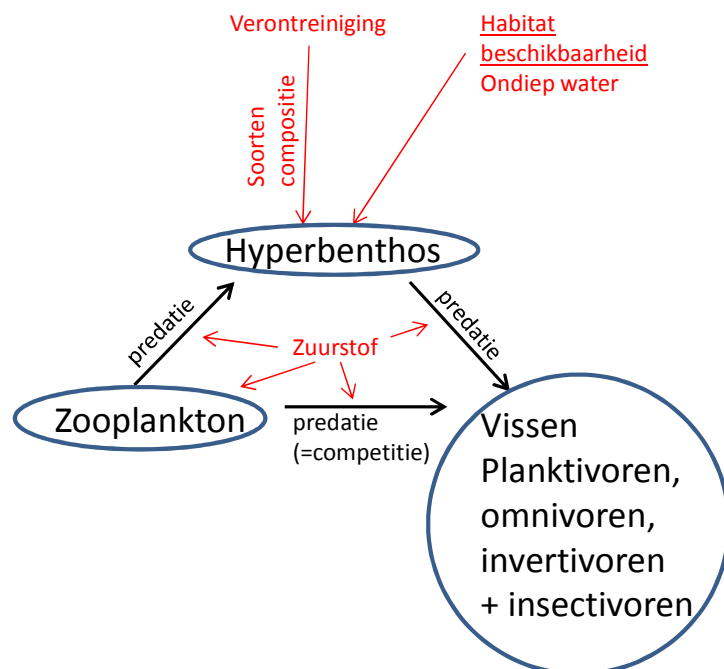
6.5. Epi- en hyperbenthos

6.5.1. Achtergrond

Epi- en hyperbenthische macroïnvertebraten vormen een organismengroep waaraan traditioneel minder aandacht werd besteed en die ook niet in de wettelijke en beleidskaders genoemd worden. De hier behandelde groep omvat niet enkel hyperbenthos, maar ook epibenthos, respectievelijk de fauna die boven en op de bodem leeft. Samen met het macrozoöbenthos en meiozoöbenthos (samen de infauna) vormen zij het benthos. Nochtans omvat het epi- en hyperbenthos commercieel belangrijke soorten zoals de grijze garnaal (*Crangon crangon*) en larven van vissen en krabben. Ze bepalen in belangrijke mate de draagkracht van het systeem (zie figuur 6.5.1) voor een groot aantal commerciële vissoorten (Redant & Polet, 2003, Hostens, 2005), en wellicht ook voor een aantal vogelsoorten (Meire & Maris, 2008). De Westerschelde is zeer belangrijk als kraamkamer voor de grijze garnaal (en ook voor andere dominante epi- en hyperbenthische soorten), en dan met name de ondiepe subtidale en aangrenzende intertidale gebieden. Zo wordt een sterke terugloop in de garnaalvisserij in de Nederlandse en Belgische kustwateren, gerelateerd aan een sterke reductie van de kweekgebieden voor de garnaal in de Westerschelde sinds de jaren '50 (Redant & Polet, 2003).

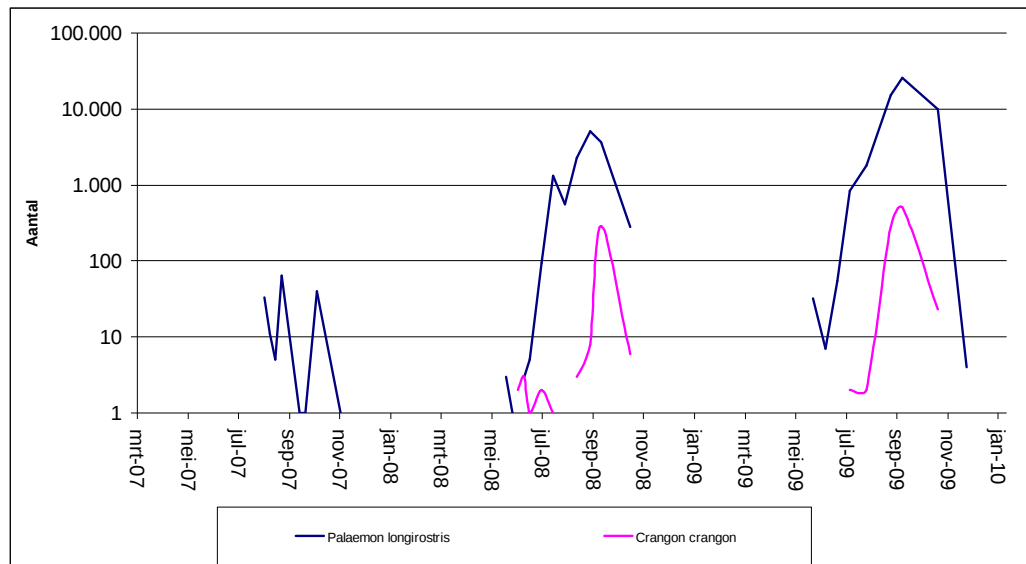
In de Zeeschelde werd tot voor kort nauwelijks epi- en hyperbenthos waargenomen in de lagere saliniteitszones door de lage zuurstofconcentraties die er heersten. Tegenwoordig worden voornamelijk de langneussteurgarnaal (*Palaemon longisrostris*), de aasgarnaal *Neomysis integer* en de grijze garnaal in toenemende aantallen waargenomen tot in de zoete zone (Van den Neucker et al., 2009, figuur 6.5.2). Het lijkt er dan ook op dat deze groep, net zoals het zoöplankton, profiteert van de waterkwaliteitsverbetering aldaar. Het epi- en hyperbenthos lijkt gevoelig te zijn voor slechte zuurstofcondities. Anderzijds is het voor de voedselvoorziening in grote mate afhankelijk van het zoöplankton (Fockedey & Mees, 1999; Hostens & Mees, 2003), een groep die tot voor kort eveneens grotendeels ontbrak in de lagere saliniteitszones. Naast het feit dat lage zuurstofconcentraties een groot effect zullen hebben op de aan te treffen epi- en hyperbenthosbiomassa, zullen verontreinigingen soortspecifiek op de populaties ingrijpen.

Momenteel wordt monitoring van grijze garnalen en steurgarnalen zowel in Vlaanderen als in Nederland gecombineerd met vismonitoring. In Vlaanderen worden de aantallen in



Figuur 6.5.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond het epi- en hyperbenthos en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Epi- en Hyperbenthos.

de fuikvangsten geregistreerd (aantallen per soort en totale biomassa). In de Westerschelde worden de grijze garnaal- en steurgarnaalvangsten geregistreerd tijdens de Demersal Fishing Survey DFS campagnes. Nadeel is dat kleinere soorten van het hyperbenthos, zoals de aasgarnaal *Neomysis integer* door het gebruiken van een te grote maaswijdte niet kunnen worden gekwantificeerd. Nochtans is deze kleine soort een belangrijke en abundante voedselbron voor de echte garnaalsoorten en voor opgroeiende vissoorten en aldus belangrijk voor het vervullen van de kinderkamerfunctie van het estuarium. Een goede evaluatie van de kraamkamerfunctie van de Schelde vereist dus eveneens een kwantificering van de kleinere hyperbenthossoorten. Om hier invulling aan te geven zou best bemonsterd worden met een hyperbenthische slede, in te zetten vanop een schip of boot of intertidaal voort te slepen met mankracht. Deze slede vangt alle dieren in de onderste waterlaag met netten met een maaswijdte van 1 mm. Een bijkomend voordeel is dat tevens zicht kan worden gekregen op het voorkomen van larven en postlarven van garnalen en vissen, waardoor een nog beter beeld van de kramerkamerfunctie kan worden verkregen.



Figuur 6.5.2: Evolutie van de aantallen garnalen als bijvangst in de visfinken te Weert, zoetwaterzone in de Zeeschelde (data Tom Van den Neucker).

6.5.2. Indicatoren

Voor de epi- en hyperbenthosevaluatie zal gebruik worden gemaakt van het bestaande vissenmonitorprogramma (zie hoofdstuk 6.7. Vissen), waarbij onderdelen van het hyperbenthos worden meegeteld (wat momenteel al grotendeels wordt uitgevoerd) uitgebreid met extra bemonsteringen met een hyperbenthische slede. De evaluatie zal dan ook gebruik maken van aantallen en versgewichten die vrij snel bepaald kunnen worden.

Biomassa (FW_{hb}):

Voor bepaling van de (totale) biomassa aan grijze garnalen en steurgarnalen wordt de biomassa (mg versgewicht (FW)) per soort per standaard schietfuikmonster of per ha (boomkorbemonstering) bepaald. Voor de aasgarnalen wordt dit bepaald per ha aan de

hand van hyperbenthische slede opnames. Voor de totale hyperbenthosbiomassa worden de gewichten per soort bij elkaar opgeteld.

Soortenrijkdom (d_{hb}):

De soortenrijkdom van het epi- en hyperbenthos (d_{hb}) wordt bepaald volgens Margalef als:

$$d_{hb} = \frac{(S - 1)}{\ln(n)}$$

waarin S = het aantal soorten, en n = het aantal individuen per standaard fuikmonster of per ha.

Soortendiversiteit (H'_{hb}):

De soortendiversiteit van het hyperbenthos (H'_{hb}) wordt bepaald volgens Shannon als:

$$H'_{hb} = - \sum_{i=1}^n p_i * \ln(p_i)$$

waarin p_i = het aandeel van de i -de soort op het totaal aantal getelde individuen per standaard fuikmonster of per ha.

6.5.3. Ruimtelijk en temporeel bereik

De epi- en hyperbenthosevaluatie zal worden uitgevoerd per segment op niveau 3, met in ieder segment ten minste één monitorlocatie. In Vlaanderen wordt een voor- en najaarsevaluatie uitgevoerd. Elk tijdstip heeft een indicatieve waarde maar de gegevens van biomassa en soortencompositie zijn moeilijk te combineren tot een gemiddelde per jaar, omdat er grote seizoensvariatie wordt verwacht. In Nederland kan de epi- en hyperbenthosevaluatie worden gekoppeld aan de bentische vismonitoring (DFS) opnames met behulp van de boomkor (zie hoofdstuk 8.7), de grijze garnalen en steurgarnalen worden als bijvangst sinds 1970 bijgehouden. Echter voor zowel Vlaanderen als Nederland is uitbreiding van de bemonstering met opnames met de hyperbenthische slede gewenst om ook aasgarnalen te kunnen evalueren en zicht te krijgen op de efficiëntie van de beide andere monstertechnieken voor grijze garnalen en steurgarnalen. Welke variabelen gemeten worden moet nog uitgeklaard worden (niet in datafiches NL). De boomkorbemonstering vindt één maal per jaar plaats in het najaar. Daarom zou een uitbreiding van het schietfuiknetwerk naar de Westerschelde zeer waardevol zijn ter vergelijking. Enerzijds om voor- en najaarsaantallen te kunnen vergelijken, anderzijds om de schietfuikvangsten te kunnen relateren aan aantallen per hectare. Zoals opgemerkt bij de vismonitoring zou moeten worden bekeken of de DFS-bemonsteringsintensiteit voor de Vlake van Raan voldoet.

Het monitoringsprogramma levert voor iedere indicator jaarlijks twee waarden op per segment in de Zeeschelde en één waarde in de Westerschelde. Hiermee kan de situatie ten tijde van de evaluatie (op basis van de voorafgaande 6 jaar) worden vergeleken met een referentie of kan de T_x worden vergeleken met de T_0 , voor zowel het voor- als het najaar. Tevens kan er een trendanalyse worden uitgevoerd op T_x , aangevuld met een trendbreukanalyse indien indicaties aanwezig zijn.

6.5.4. Benodigdheden

Zoals gezegd is tenminste één monsterlocatie (dubbele schietfuis) per segment op niveau 3 gevraagd, waar in het voor- en het najaar wordt bemonsterd. Voor het Nederlandse deel kan voorlopig worden gewerkt met het meenemen van hyperbenthos tijdens de boomkoropnames (waarbij dan wel de voorjaarsopname wordt gemist) en waar zal moeten worden bekeken of er voldoende representatieve opnames voor de Vlake van Raan zijn.

Het epi- en hyperbenthos zal worden geëvalueerd in combinatie met de volgende factoren: gemiddelde en minimale zuurstofconcentratie (hoofdstuk 4.2. Zuurstof), gemiddelde en maximale concentraties toxische stoffen in de waterkolom (hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen), areaal aan ondiep subtidaal habitat (hoofdstuk 5.2. Habitatareaalverdeling en dynamiek), jaargemiddelde en piek zoöplanktonbiomassa (hoofdstuk 6.4. Zoöplankton), jaargemiddelde aantallen voor de combinatie van planktivore, omnivore, invertivore en/of insectivore vissen (hoofdstuk 6.7. Vissen) en aantal ton uit de Westerschelde opgeviste/gelande garnalen (visserijgegevens). De evaluatie zal plaats vinden op niveau 3, met uitzondering van de gecombineerde evaluatie met habitataanbod, het aantal vissen en de visserijgegevens, wat op niveau 2 zal worden uitgevoerd.

Het is onduidelijk of de garnalenvisserij gegevens momenteel beschikbaar zijn voor de Westerschelde afzonderlijk. Verder zal moeten blijken of er reeds voldoende gegevens beschikbaar zijn voor het opstellen van een referentie. Er dient te worden nagegaan of er voldoende gedetailleerde historische epi- en hyperbenthosgegevens beschikbaar zijn. Voor Vlaanderen weten we dat hyperbenthos grotendeels voor velen jaren heeft ontbroken. Voor Vlaanderen dient wellicht een referentie te worden opgesteld voor een situatie met goede ecologische kwaliteit gebaseerd op andere estuaria waarbij de studie beschreven in Mees *et al.* (1995) wellicht kan helpen. De gewenste richting waarin de indicatoren dienen te ontwikkelen is duidelijk, maar bij welke waarde het systeem als in goede conditie kan worden beoordeeld, dient nog te worden bepaald.

6.5.5. Beoordeling

Per indicator krijgen we uiteindelijk twee waarden per jaar (een voor- en een najaarswaarde) die op dezelfde manier zullen worden geëvalueerd. Daarbij is het dus mogelijk dat één of beide waarden een indicatie geven, waarmee de gevoeligheid van de hyperbenthosevaluatie wordt vergroot.

Biomassa (FW_{hb}):

Een toename van de biomassa kan het gevolg zijn van een toename in het voedselaanbod, weerspiegeld door de jaargemiddelde en piekzoöplanktonbiomassa. Anderzijds kan een verbetering in de zuurstofcondities (toename in de gemiddelde dan wel de minimale concentratie) zorgen voor een toename in de hyperbenthosbiomassa. Een verbetering van de zuurstofcondities heeft echter ook een positief effect op de vispopulaties, die enerzijds voor een toename van de predatiedruk op het hyperbenthos kunnen zorgen en anderzijds in competitie gaan voor het belangrijkste voedsel van het hyperbenthos: het zoöplankton. Afname van de predatiedruk (een afname van het gecombineerde aantal planktivore, omnivore, invertivore en/of insectivore vissen) kan toename van de hyperbenthosbiomassa veroorzaken. Uiteraard is het ook mogelijk dat er substantieel minder op garnalen is gevestigd. Verder kan de hyperbenthosbiomassa mogelijk profiteren van een toename van het areaal aan geschikt kinderkamerhabitat, weergegeven als het areaal ondiep subtidaal. Een verbetering van de

verontreinigingstoestand (afname concentraties verontreinigingen in de waterkolom) kan ook ten grondslag liggen aan de verbetering van deze indicator.

Een toename van de hyperbenthosbiomassa in voor- en/of najaar wordt als positief beoordeeld, tenzij veroorzaakt door een afname van de predatiedruk (visaantallen). Een afname is ongewenst.

Soortenrijkdom en soortendiversiteit:

De indicatoren soortenrijkdom en -diversiteit reageren grotendeels op dezelfde veranderingen in het systeem, maar in de ene situatie is d_{hb} gevoeliger, in de andere situatie H'_{hb} . De analyse van beide indicatoren en analyse van zowel voor- als najaarsgegevens, vergroot de indicatorwaarde van hyperbenthosgegevens. De twee factoren die wellicht direct aanwijsbare effecten kunnen hebben op beide indicatoren, zijn de zuurstofcondities en de verontreinigingstoestand. Een toename van één of beide indicatoren kan het gevolg zijn van een toename van de gemiddelde of minimale zuurstofconcentratie in het te evalueren segment of een afname in de gemiddelde of maximale concentratie aan verontreinigingen.

Een toename van één of beide indicatoren wordt als positief beoordeeld.

6.5.6. Conclusie

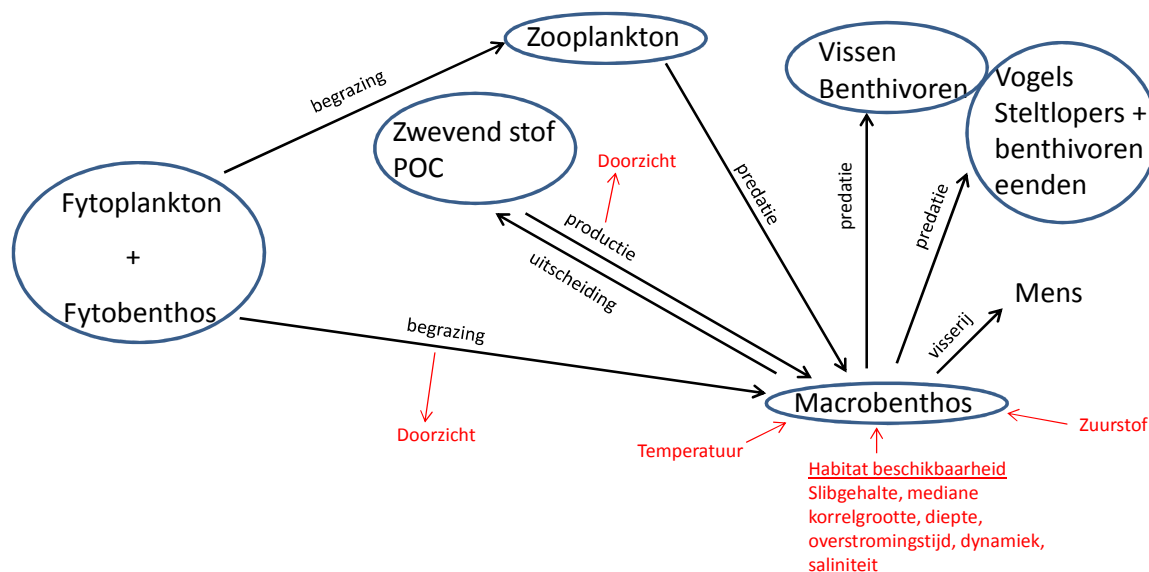
Mits een kleine bijkomende inspanning kan het huidige monitoringnet geschikt worden gemaakt voor de evaluatie van grotere epi en hyperbenthossoorten. Deze kunnen namelijk vrij eenvoudig mee worden bemonsterd met de vissen met behulp van zowel schietfuisen als boomkorren. Evenals voor de vissen (hoofdstuk 6.7. Vissen) zal ook de hyperbenthosevaluatie kunnen profiteren van een kleine uitbreiding van het aantal bemonsteringslocaties zodat de Nederlandse en de Vlaamse evaluatiemethoden kunnen afgestemd worden op elkaar. Of er voldoende gegevens beschikbaar zijn voor het opstellen van een referentiesituatie met goede kwaliteit is de vraag, zeker in de Zeeschelde waar hyperbenthos lange tijd ontbrak. Daar zal vooralsnog een toename van één der indicatoren als een verbetering van het systeemfunctioneren worden beschouwd.

Wel is het mogelijk dat exotische hyperbenthossoorten zoals *Palaemon macrodactylus* en de Chinese wolhandkrab (*Eriocheir sinensis*) zullen profiteren van verbeterende omstandigheden en een open niche. Of een dergelijke trend uiteindelijk als positief of negatief dient te worden beschouwd is voorlopig nog onbeantwoord en wellicht soortafhankelijk. Er is weinig aandacht voor hyperbenthos in beleidsdocumenten, maar met het oog op de huidige ontwikkeling van populaties in het bovenstroomse gedeelte nadat deze daar lange tijd hebben ontbroken en de waarde van deze groep als voedselbron voor grote aantallen vissen en wellicht ook vogels, maakt het zinvol om deze groep in de evaluatiemethodiek MONEOS mee te nemen. Vooralsnog is er geen monitoring voorzien waarbij de aasgarnalen éénvoudig kunnen worden meebemonsterd. Het zou goed zijn om hier in de toekomst toch aandacht aan te besteden.

6.6. Macrozoöbenthos

6.6.1. Achtergrond

Met het macrozoöbenthos worden de bodemdieren (infauna + op het sediment aanwezige evertebraten) van het zachte substraat met een bepaalde minimale grootte aangeduid (dieren die na het zeven van het sediment over een 1 mm grid op de zeef achter blijven). Deze definitie geldt voor de monitoring in het Schelde-estuarium voor zowel het Nederlandse (o.a. Sijm et al., 2009) als het Vlaamse (o.a. VMM, 2008) deel. In Vlaanderen wordt door de aanwezige oligochaeten gedomineerde fauna echter ook een zeef van 0.5 mm gebruikt, met als resultaat twee zeeffracties.



Figuur 6.6.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond het Macrozoöbenthos en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Macrozoöbenthos.

Het macrozoöbenthos vormt een belangrijke schakel in het estuariene voedselweb, en heeft zeer diverse levensstrategieën en voedingswijzen. Dit betekent ook dat de relaties met andere groepen in het voedselweb sterk zullen verschillen tussen de macrozoöbenthos-types. Zacht substraat domineert van nature het Schelde-estuarium. Bij de actuele monitoring van het macrozoöbenthos wordt grotendeels voorbij gegaan aan de organismen van het (vaak artificiële) harde substraat. Hard substraat treft men aan op de vooroevers, maar ook op allerlei bouwwerken en tuigen in het water. Schelpdieraggregaties kunnen op den duur ook een soort hard substraat vormen, waarbij men spreekt van banken. Tenslotte kunnen ook natuurlijke harde lagen (zoals schelpgruis, grint en stenen) aan het oppervlak verschijnen en hard substraat vormen. De overgang tussen hard en zacht substraat is daardoor vaak moeilijk te bepalen. In de praktijk wordt alles wat nog enigszins te bemonsteren is met de gebruikelijke middelen (corers en grijpers) meegerekend bij inventarisaties van zacht substraat. In deze evaluatie zullen schelpbanken nog wel tot het macrozoöbenthos worden gerekend, maar het leven op de artificiële substraten van bijvoorbeeld de vooroevers, kribben en bedijkingen wordt in deze evaluatie buiten beschouwing gelaten. Zo wordt wellicht een in aantallen, biomassa en soorten groeiende groep organismen buiten beschouwing gehouden.

Figuur 6.6.1 geeft een overzicht van de belangrijkste macrozoöbenthos gerelateerde interacties in het estuariene voedselweb. Het macrozoöbenthos leeft van de primaire productie in het systeem en het organische materiaal met de daarop levende micro-organismen. De filtrerende en/of suspensievoedende organismen vormen in grote delen van het estuarium de belangrijkste grazers van het fytoplankton. Over het algemeen bestaat veruit het grootste gedeelte van de biomassa aan filtrerende organismen uit schelpdieren (Bivalvia). Echter, andere groepen zoals zakpijpen (Ascidacea) kunnen lokaal ook een belangrijke rol spelen in de filtratie van de waterkolom. Zeker in het zoute en het brakke gedeelte van het systeem kan de biomassa aan filtrerende dieren hoog oplopen, waardoor ze de aanwezige biomassa aan fytoplankton behoorlijk kunnen reduceren. Dit heeft uiteraard een groot effect op de troebelheid van het water, wat nog eens wordt versterkt doordat ook zwevende stof en detritus uit de waterkolom worden gefilterd en vastgelegd. Het lichtklimaat kan dus in grote mate worden bepaald door de aanwezigheid van schelpdieren (zie de hoofdstukken 3.2. Hydrodynamiek en 4.4. Lichtklimaat (ook voor het zwevende stof gehalte) en 8.2. Primaire productie). Ook spelen schelpdieren een belangrijke rol in de nutriënten turnover en het transport van voedingsstoffen van de waterkolom naar het bodem compartiment, waarbij opgenomen zwevend materiaal wordt uigescheiden als (pseudo-) faeces in de directe omgeving van de schelpdieren. Hiermee kan dan ook worden gesteld dat de pijl van uitscheiding van partikels in figuur 6.6.1 meer naar de bodem dan naar de waterkolom verloopt. Naast een effect op het fytoplankton en de zwevende stof, hebben de filtrerende organismen een effect op het zooplankton (zie hoofdstuk 6.4), wat eveneens als voedsel kan dienen. Dit betekent dat het filtrerende macrozoöbenthos enerzijds door de reductie van het fytoplankton wel het lichtklimaat kan verbeteren, maar anderzijds de begrazing van het fytoplankton door zooplankton indirect enigszins kan beperken. Een andere belangrijke groep binnen het macrozoöbenthos wordt gevormd door de detritivoren. Met name in met nutriënten verrijkte, troebele, maar ecologisch verarmde systemen, kunnen zij de gemeenschappen domineren. Het grootste gedeelte van de detritivoren bestaat uit wormachtigen, polychaeten dan wel oligochaeten, afhankelijk van de systeem kenmerken. Een groot gedeelte van het macrozoöbenthos speelt ook een belangrijke rol in het biologisch actief maken/houden van de bodem door turbatie-activiteiten die kunnen zorgen voor aëratie en/of het opbreken van het substraat. Andere belangrijke groepen binnen het macrozoöbenthos zijn de kleine schaaldieren (Crustacea) en slakken (Gastropoda), waaronder naast detritivoren en enkele filtrerende soorten, een groot aantal omnivoren, herbivoren en predatoren. Ook binnen de polychaeten bevindt zich een groot aantal omnivoren en predatoren. Het onderscheiden van soorten(groepen) aan de hand van hun voedingswijze is niet eenvoudig, daar veel soorten kunnen wisselen tussen voedingswijzes. Zo zijn bijvoorbeeld veel schelpdieren facultatief filtrerend dan wel detritivoor of omnivoor, waarbij ze eenvoudig kunnen schakelen onder bepaalde omstandigheden. Een groot aantal aan omnivoren en herbivoren kan de begrazing van het microfytobenthos en diatomeeën intensiveren waardoor (naast de turberende organismen) ook deze dieren indirect effect hebben op het vast leggen van substraat (een proces waarin bovengenoemde benthische algen en wieren een belangrijke rol spelen; zie hoofdstuk 6.2. Primaire productie). Een speciale vorm van effecten op het substraat wordt geleverd door de 'eco-engineers' onder het macrozoöbenthos. Het betreft soorten die door massale sediment-fixatie en/of bankvorming de hoedanigheid van het milieu drastisch kunnen veranderen (waarbij zacht substraat-gemeenschappen soms zelfs geleidelijk kunnen overgaan in hard substraat-gemeenschappen). Hiermee gaan effecten op hydro- en morfodynamiek gepaard.

Door de hoge dichtheden en biomassawaarden die het macrozoöbenthos kan bereiken vormt het een belangrijke voedselbron voor grote aantallen vogels, vissen en eventueel zoogdieren, waarbij een groot aantal soorten specifiek gespecialiseerd zijn op bepaalde macrozoöbenthos-soorten of -groepen. Binnen de de vissen valt een groep van benthivoren als specifieke macrozoöbenthos-predatoren te onderscheiden (Breine, 2009).

Hieronder vallen soorten die prederen op crustaceeën, polychaeten en oligochaeten, maar bijvoorbeeld ook op de sifons van bivalven, hetgeen veel voorkomt bij platvissen. Een flink aantal benthivore soorten is niet strikt benthivoor, en vaak is er een onderscheid in voedingswijze tussen juvenielen en adulten. Onder de van macrozoöbenthos afhankelijke soorten vallen ook een aantal soorten die onder de habitatrichtlijn vallen, zoals de kleine modderkruiper *Cobitis taenia*, de rivierdonderpad *Cottus gobio*, de rivierprik *Lampetra planeri* (specifiek de juvenielen foerageren op macrozoöbenthos) en de fint *Alosa fallax* (voornamelijk de adulten) (Vlaamse regering, 2001; LNV, 2006; Breine, 2009). Verder is een aantal commercieel belangrijke soorten waarop in het Schelde-estuarium wordt gevist, of die opgroeien in het Schelde-estuarium en waarop elders wordt gevist (zoals kabeljauw *Gadus morhua*, schol *Pleuronectes platessa*, tong *Solea solea* en schor *Limanda limanda*) afhankelijk van het macrozoöbenthos voor hun voedselvoorziening (LTV, 2000). Twee belangrijke groepen vogels in het Schelde-systeem richten zich qua voedselvoorziening grotendeels op het macrozoöbenthos. Enerzijds zijn er de steltlopers, waaronder op bepaalde soorten gespecialiseerde soorten en een aantal generalisten. Inzake biomassa domineren de schelpdieren het voedselaanbod voor de steltlopers. Van het Schelde-estuarium is een belangrijke relatie gekend tussen het kokkelaanbod en de draagkracht van het systeem voor scholeksters (Rappoldt & Ens, 2007), maar is ook bekend dat scholeksters ook foerageren in de brakke zones waar kokkels ontbreken (Rappoldt & Ens, 2007), en dat sommige zich hebben gespecialiseerd in wormen eten (Van de Pol et al., 2010). De volgende steltloper soorten zijn tot op zekere hoogte afhankelijk van het macrozoöbenthos aanbod: scholekster *Haematopus ostralegus*, kluut *Recurvirostra avosetta*, bontbekplevier *Charadrius hiaticula*, strandplevier *Charadrius alexandrinus*, zilverplevier *Pluvialis squatarola*, goudplevier *Pluvialis apricaria*, kanoetstrandloper *Calidris canutus*, drieteenstrandloper *Calidris alba*, bonte strandloper *Calidris alpina*, rosse grutto *Limosa lapponica*, wulp *Numenius arquata*, tureluur *Tringa totanus*, zwarte ruiter *Tringa erythropus*, groenpootruiter *Tringa nebularia* en steenloper *Arenaria interpres*. Voor deze soorten werden instandhoudingsdoelstellingen opgesteld in het kader van Natura2000 (Alkyon, 2006). Verder zijn er de benthivore eenden die voornamelijk foerageren op kleine schaaldieren en slakken. In het brak-zoute gedeelte zijn dat voornamelijk de bergeend en de slobeend (Van Roomen et al., 2007; Van Dijk et al., 2010). In het zoet-brakke gedeelte houden zich vooral in de winter substantiële populaties aan eenden op die over het algemeen als overwegend herbivoor dan wel omnivoor worden aangeduid. Van een aantal is er echter aangetoond, of zijn er zeer sterke vermoedens, dat zij in dit gedeelte van het Schelde-estuarium specifiek op oligochaeten foerageren, die daar zeer abundant aanwezig zijn. Het gaat om wintertaling, krakeend en tafeleend (Van den Bergh et al., 2005 & 2009; Van Ryckegem et al., 2006). Alle genoemde eendensoorten zijn overigens Vogelrichtlijnsoorten (Vlaamse regering, 2000; LNV, 2006). De mens kan dit voedselweb aanzienlijk beïnvloeden door schelpdiervisserij. Momenteel wordt er alleen commercieel op kokkels (*Cerastoderma edule*) gevist en dit slechts in jaren dat na een evaluatie voldoende biomassa wordt aangetroffen, waarbij een aantal gebieden sowieso voor visserij zijn gesloten (LTV, 2000). In de praktijk betekent dit dat er in de Westerschelde na 2005 niet meer commercieel op kokkels is gevist (Kesteloo et al., 2009). Naast het voedselaanbod voor macrozoöbenthos en de predatiedruk op het benthos, wordt zowel de kwantiteit als de samenstelling van de macrozoöbenthos gemeenschappen voornamelijk bepaald door fysico-chemische en morfo- en hydrologische aspecten. Een aantal van die parameters begrenzend eenheden binnen het ecotopenstelsel, zijnde de feitelijke ecotopen die worden gekenmerkt door een karakteristieke gemeenschap. Het gaat daarbij niet uitsluitend om de macrobenthische gemeenschap, maar zij tonen vaak wel de sterkste relatie met een ecotoop. In de praktijk blijkt het even wel om meerdere redenen moeilijk te zijn om ecotopen te onderscheiden uitsluitend op basis van de macrobenthische gemeenschappen (Wijnhoven et al., 2006; Van Wesenbeeck et al., 2010). Dit is ondermeer het gevolg van het feit dat

er vrijwel nooit sprake is van scherpe begrenzingsen maar eerder van geleidelijke overgangen in parameters en daarmee ook in gemeenschappen (Wijnhoven *et al.*, 2007). Het aangeven van scherpe begrenzingsen suggereert ook dat alle parameters heel nauwkeurig bekend zijn, terwijl er in de praktijk grote onzekerheden zijn door meeton nauwkeurigheid. Nog belangrijker, wordt een aantal parameters bepaald door modellering en/of interpolatie daar niet overal alles gemeten kan worden, en een aantal parameters worden bepaald door afgeleide factoren te monitoren. Verder worden de benthische gemeenschappen uiteraard ook beïnvloed door een range van factoren die niet in het ecotopenstelsel worden meegewogen; zoals verstoringen van diverse aard, en de ook in deze evaluatie meegenomen factoren als temperatuur, zuurstofgehalte, voedselaanbod en predatiedruk. Daar komt nog eens de grote interannuele variatie binnen ecotopen boven op. Voor het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium wordt er meestal gesproken over het 'ecotopenstelsel', en is het in kaart brengen van de mozaïek aan ecotopen (middels ecotopenkaarten) ook onderdeel van de monitoring. In Vlaanderen wordt gesproken over 'fysiotopen', maar ook de ontwikkeling daarvan wordt gemonitord, en beiden zijn grofweg opgebouwd uit dezelfde set aan abiotische parameters. De monitoring van ecotopen/fysiotopen verschuivingen is een onderdeel van de evaluatie (zie thema 'Diversiteit habitats'; hoofdstuk 5). De macrozoöbenthossamenstelling wordt sterk bepaald door het substraat, zijnde de ondergrond waarop en waarin soorten zich kunnen vestigen. Dit wordt gekenmerkt door een bepaalde stabiliteit die mogelijk beschermt tegen bepaalde condities van stromingen en anaërobie, maar mogelijk ook een bedreiging vormt bijvoorbeeld door afdekking of schurende werking, of juist datgene is waaruit ze hun voedsel halen. Factoren die de kwaliteit van het substraat beschrijven en onderdeel uit maken van het ecotopenstelsel zijn slibgehalte en mediane korrelgrootte (Bouma *et al.*, 2005). Twee andere belangrijke factoren van zowel het fysiotopen als het ecotopenstelsel met grote invloed op de macrobenthische gemeenschappen zijn diepte en overstromingsduur, die ecologisch relevante natuurlijke gradiënten van lichtklimaat, uitdrogingsrisico's, temperatuur en voedselaanbod induceren. Een belangrijke terugkerende factor in het ecotopenstelsel is de dynamiek. Deze is niet altijd makkelijk te bepalen in het veld, maar is de resultante van stroomsnelheid en orbitaalsnelheid, waarmee een bepaalde fysieke blootstelling wordt aangegeven, maar waardoor ook bijvoorbeeld voedsel- en zuurstofaanbod kunnen worden bepaald. Een eveneens belangrijke factor in een estuarium is saliniteit, zowel gemiddelde als minimum en maximum en saliniteitsvariëaties gedurende een etmaal of gedurende een jaar. Voor de bovengenoemde parameters hebben de macrobenthische organismen bepaalde toleranties en kennen ze tolerantiegrenzen, waarbij deze begrenzing vaak ook door het samenspel aan factoren worden bepaald (Ysebaert *et al.*, 2003). Verder kennen organismen optimum condities voor bijvoorbeeld groei en/of voortplanting, en zullen de condities ook de concurrentiepositie van soorten voor voedsel en/of ruimte ten opzichte van andere soorten bepalen. Twee fysico-chemische factoren die niet rechtstreeks in een ecotopen-/fysiotopenstelsel worden meegewogen zijn temperatuur en zuurstof. Beiden kunnen een grote invloed hebben op de macrobenthische gemeenschappen, zeker wanneer zij onnatuurlijke patronen gaan vertonen, of duidelijk beïnvloed worden van buiten het systeem. Temperatuursveranderingen kunnen veranderingen in productie of lengte van het groeiseizoen, dan wel verschuiving van het groei- en of voortplantingsseizoen geven en kunnen veroorzaken dat de concurrentie positie van soorten verschuift. Lage zuurstofconcentraties kunnen mortaliteit onder bepaalde soorten veroorzaken, en langere perioden van anaërobie kunnen er voor zorgen dat er helemaal geen macrozoöbenthos meer aanwezig is. Aangezien de structuur van de bodem na periodes van anaërobie dusdanig is veranderd (door chemische processen en ontbreken van bioturbatie) dat het de vestiging van organismen bemoeilijkt, zal een toename van het zuurstof gehalte pas na verloop van tijd weer gaan lijden tot een terugkeer van macrobenthische organismen (Van Colen *et al.*, 2008; Wijnhoven *et al.*, 2010). De aan- of afwezigheid van macrozoöbenthos lijkt niet de meest gevoelige indicator voor problemen met het

zuurstofgehalte (diadrome vissen zijn wellicht gevoeliger; hoofdstukken 4.2. Zuurstof en 6.7. Vissen), maar veranderingen in de macrozoöbenthos gemeenschappen zouden wel als een aanwijzing kunnen fungeren voor veranderende omstandigheden zoals lokaal optredende lage zuurstof concentraties in de bodem of permanent verbeterde zuurstof condities.

6.6.2. Indicatoren

De evaluatiemethodiek 'macrozoöbenthos' is opgebouwd uit 7 indicatoren die zullen worden aangeduid als dichtheid ($Dens_{mb}$), biomassa (ADW_{mb}), aantal soorten (S_{mb}), gemeenschapssimilariteit (Sim_{zp}), oligochaetenindex (IOBS), schelpdierbiomassa (FW_{biv}) en areaal schelpdieren (A_{biv}). De eerste 4 indicatoren komen overeen met de huidige BEQI-methodologie voor toetsing van kust- en overgangswateren voor de Kaderrichtlijn Water op niveau 3: het evalueren van macrozoöbenthos gemeenschappen binnen habitats (Van Hoey *et al.*, 2007). Deze methodiek is onder andere ontwikkeld (en reeds uitgewerkt) voor het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium. Er wordt hier voorgesteld de methodologie in ieder geval voor het Nederlandse deel te hanteren en voor zover mogelijk in te vullen en op termijn uit te werken voor het Vlaamse deel. Er zal ten tijde van de T_0 moeten worden nagegaan of er een geschikte referentie kan worden gevonden en/of opgesteld voor het zoete en oligohaliene deel. Voordeel van een evaluatie op deze manier, is dat de integratie met andere evaluatiemethodieken (Primaire productie en Habitat areaal verdeling en dynamiek; zie tevens hoofdstukken 6.2 en 5.2) eenvoudig volgens de BEQI methodiek (evaluatie op niveau 1 en 2) kan worden uitgevoerd, en conform de Kaderrichtlijn water beoordeling is. De oligochaetenindex (IOBS) wordt momenteel reeds als evaluatiemethodiek in het zoete en oligohaliene deel van het Schelde systeem toegepast in het kader van de Kaderrichtlijn Water (Speybroeck *et al.*, 2008; VMM, 2008). Daar met deze methodiek reeds aardig wat ervaring is opgedaan zowel binnen als buiten het Schelde systeem (AFNOR, 2002), en oligochaeten het overgrote deel van de macrobenthische gemeenschappen uitmaken in het zoete en oligohaliene deel van het Schelde-estuarium, is het voor de hand liggend voor dit deel vooralsnog de methodiek te handhaven. Ten tijde van de T_0 en eventueel bij daar op volgende evaluaties zal moeten worden gezien hoe IOBS en BEQI (niveau 3) zich tot elkaar verhouden (of het in ieder geval indicatoren zijn die dezelfde richting op wijzen bij bepaalde ontwikkelingen), en wat de beste werkwijze is voor de toekomst. De twee laatst genoemde indicatoren richten zich specifiek op het schelpdieren aanbod. Enerzijds omdat schelpdieren een goede indicator zijn voor de kwaliteit van het systeem, anderzijds omdat schelpdieren door de hoge biomassa die ze kunnen vertegenwoordigen in een estuarium een grote invloed hebben op het systeem en in belangrijke mate de draagkracht van het systeem bepalen voor organismen op hogere trofische niveaus. Vooralsnog zullen deze twee indicatoren alleen worden berekend voor het Nederlandse deel, omdat schelpdieren (nog) een geringe rol spelen in het zoete en oligohaliene deel van het Schelde estuarium.

Dichtheid ($Dens_{mb}$):

De macrozoöbenthos aantallen worden in eerste instantie per soort bepaald in aantallen individuen per monster. De totale macrozoöbenthos aantallen worden vervolgens berekend voor ieder monster. De gemiddelde totale dichtheid (n/m^2) wordt daarna berekend per ecotoop/fysiotop per ruimtelijke eenheid die wordt geëvalueerd. De totale dichtheid zal echter altijd worden geëvalueerd in combinatie met het bemonsterde oppervlak waarvoor de dichtheid is bepaald.

Biomassa (ADW_{mb}):

De totale macrozoöbenthos biomassa in gram asvrijdrooggewicht (ADW) wordt bepaald door de organismen per locatie en per soort te verzamelen, 2 dagen te drogen bij 80 °C en 2 uur te verassen bij 560-580 °C, om zodoende rechtstreeks het gewicht te bepalen, dan wel door een vers- (FW) naar asvrijdrooggewicht-regressie per soort te bepalen (bij voorkeur gebruik van gegevens uit zelfde gebied en jaargetijde) en deze toe te passen op gemeten versgewichten (kan nodig zijn wanneer de organismen nog voor andere doeleinden worden gebruikt), dan wel door een lengte-gewicht-regressie per soort te bepalen (bij voorkeur gebruik van gegevens uit zelfde gebied en jaargetijde) en deze toe te passen op gemeten lengtes (wordt vaak bij schelpdieren toegepast omdat dit nauwkeuriger is dan een FW-ADW omrekening). Zie onder andere Sijm et al. (2009). De totale macrozoöbenthos biomassa (mg ADW) wordt vervolgens berekend voor ieder monsterpunt. De totale biomassa per vierkante meter wordt vervolgens berekend per ecotoop/fysiotop per spatiële eenheid die wordt geëvalueerd. De totale biomassa zal echter altijd worden geëvalueerd in combinatie met het bemonsterde oppervlak waarvoor de biomassa is bepaald.

Aantal soorten (S_{mb}):

Het totaal aantal soorten per ecotoop/fysiotop per spatiële eenheid die wordt geëvalueerd wordt bepaald. Het totale aantal soorten zal echter altijd worden geëvalueerd in combinatie met het bemonsterde oppervlak waarvoor het aantal soorten is bepaald.

Gemeenschapssimilariteit (Sim_{mb}):

De samenstelling van de gemeenschappen wordt vergeleken met de samenstelling van referentiegemeenschappen. De afwijking van een gemeenschap van de referentie komt tot uitdrukking in de gemeenschapssimilariteit, die wordt berekend volgens Bray-Curtis (o.a. Clarke & Warwick, 2001). De Bray-Curtis similariteit na een 4^{de} machtswortel-transformatie wordt berekend ten opzichte van een referentie set, voor een set aan monsters ter evaluatie. De gemeenschapssimilariteit zal echter altijd worden geëvalueerd in combinatie met het bemonsterde oppervlak waarvoor de similariteit is bepaald.

De 4 bovengenoemde indicatoren worden geëvalueerd ten opzichte van een referentieset. Voor de ecotopen van de Westerschelde wordt voorgesteld om een uitgebreide set aan macrozoöbenthos monsters uit de periode 1979 – 1996 als referentie te hanteren (ondanks dat deze situatie zeker niet vrij van menselijke invloeden zal zijn). Voor ieder ecotoop per spatiële eenheid zal de spreiding van de parameters binnen de referentieset worden bepaald. In overeenstemming met de Kaderrichtlijn Water-evaluatie kunnen hieruit de mediaan, de 5^{de} percentiel waarde en de waarden 2/3 en 1/3 van het 5^{de} percentiel voor het aantal soorten en de gemeenschap similariteit, en de 25^{ste} en 75^{ste} percentielwaarde, het 2.5^{de} en 97.5^{de} percentiel, het 2/3 en 4/3 deel van de 2.5^{de} en 97.5^{de} percentielwaardes en het 1/3 en 5/3 deel van de 2.5^{de} en 97.5^{de} percentielwaardes voor dichtheid en biomassa worden bepaald als klassengrenzen tussen hoge, goede, gemiddelde, arme en slechte status van de benthische gemeenschappen. De waarden, en dus klassegrenzen, voor de referentieset zijn afhankelijk van het bemonsterde oppervlak. Hieruit blijkt al dat bovengenoemde indicatoren altijd in combinatie met het bemonsterde oppervlak dienen te worden geëvalueerd (methodiek naar Van Hoey *et al.*, 2007). Met behulp van een power analyse kan uitgaande van de 'natuurlijke' variatie van een indicator in de referentieset worden berekend hoe groot het bemonsterde oppervlak dient te zijn om een verschil van 50 % met de mediane waarde met een zekerheid van 5 % en een power van 75 % aan te tonen. Andersom kan er ook worden berekend hoe groot een nog te detecteren verschil bij een bepaald monsteroppervlak zal zijn (waarover kan worden geoordeeld of dat acceptabel is). Door alle vier de indicatoren te evalueren wordt de kans op het detecteren van verschillen ten opzichte van de referentie uiteraard 4 x zo groot.

Oligochaeten index (IOBS):

Voor evaluatie volgens de oligochaeten index dient voor een random 100 oligochaeten van een representatief monster te worden bepaald tot welke soort zij behoren. Uiteraard worden er bij voorkeur meerdere locaties per fysiotop en spatiële eenheid beoordeeld. Verder dient te worden aangegeven hoeveel procent de dominante groep (hetzij oligochaeten met -, hetzij oligochaeten zonder capillaire haren) uitmaakt op het totaal. Met die waarden kan IOBS worden berekend volgens:

$$IOBS = 10 * S/T ,$$

waarbij S = aantal soorten binnen een random sample van 100 oligochaeten, en T = percentage oligochaeten behorende tot dominante groep. IOBS te berekenen per fysiotop x spatiële eenheid voor het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium.

Schelpdierbiomassa (FW_{biv}):

In het intertidale gedeelte van het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium worden in het voorjaar de schelpdieren aantallen per soort bepaald na zeven over 2 x 2 mm, door monsters te nemen (0.1 m²) in een grid met een onderlinge afstand van 555 meter (Kesteloo *et al.*, 2009). Tevens wordt het versgewicht (g FW) aan schelpdieren per soort bepaald. Het totale aanbod aan schelpdierenbiomassa wordt bepaald door per monsterpunt de aangetroffen dichtheid en biomassa per soort te vermenigvuldigen met het oppervlak van de bijbehorende gridcellen en dit te berekenen per spatiële eenheid volgens:

$$FW_{spec} = \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{F_i * FW_i}{0.1} \right) * 308025 \right\} ,$$

waarbij FW_{spec} = biomassa versgewicht (g) voor tweekleppige soort 'spec', f_i = factor waarmee monster i eventueel is opgedeeld tot subsample, FW_i = biomassa versgewicht in monster i (g) (methodiek afgeleid van Kesteloo *et al.*, 2009). De totale biomassa aan schelpdieren kan worden berekend door de biomassa's per soort te sommeren (er kan worden overwogen om hierbij de oesters buiten beschouwing te laten).

Areaal schelpdieren (A_{biv}):

Het areaal schelpdieren wordt gedefinieerd als het areaal met minimaal een bepaald aanbod aan schelpdieren. Voor steltlopers wordt een gebied geschikt bevonden als voedselhabitat wanneer in een intertidaal gebied een naar soort gewogen aantal van:

$$N_{biv} = 0.02 * N_{ced} + 0.0241 * N_{spi} + 0.00394 * N_{mba} > 1 ,$$

wordt aangetroffen, waarbij N_{biv} = gewogen aantal schelpdieren per m², N_{ced} = aantal individuen van de gewone kokkel (*Cerastoderma edule*) per m², N_{spi} = aantal individuen van de slijkgaper (*Scrobicularia plana*) per m², en N_{mba} = aantal individuen van het nonnetje (*Macoma balthica*) per m². A_{biv} is dan het areaal met $N_{biv} > 1$ in hectaren voor het intertidaal per spatiële eenheid die wordt geëvalueerd.

Voor platvissen wordt een gebied geschikt bevonden als voedselhabitat wanneer in een subtidaal gebied een naar soort gewogen aantal van:

$$N_{biv} = 0.004 * N_{ced} + 0.0482 * N_{spi} + 0.000787 * N_{mba} + 0.125 * N_{edi} > 1 ,$$

wordt aangetroffen, met dezelfde als hierboven vernoemde parameters, en N_{Edi} = aantal individuen van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*; die ook als zodanig te determineren zijn, wat betekend een minimale lengte van 6 cm). A_{biv} is dan het areaal met $N_{\text{biv}} > 1$ in hectaren voor het subtidaal per spatiële eenheid die wordt geëvalueerd.

6.6.3. Spatieel en temporeel bereik

De evaluatie van de indicatoren Dens_{mb} , ADW_{mb} , S_{mb} , Sim_{zp} en IOBS binnen de evaluatiemethodiek Macrozoöbenthos vindt plaats op niveau 3, die van FW_{biv} en A_{biv} op niveau 2 (zie hoofdstuk 4.2). De evaluatie zal echter niet voor alle indicatoren in alle segmenten plaats vinden. De evaluatie van IOBS vindt plaats in de Vlaamse segmenten, de evaluatie van FW_{biv} en A_{biv} in de Nederlandse segmenten, de overige indicatoren worden bij voorkeur wel in alle segmenten geëvalueerd. Er zal echter moeten blijken of er ook een referentie voor het Vlaamse deel kan worden opgesteld. Men kan eventueel overwegen om voor de Vlaamse segmenten in eerste instantie, of bij het ontbreken van een geschikte referentie, trendanalyses voor de parameters per segment (onafhankelijk van de fysiotopen) uit te voeren in plaats van de evaluatie ten opzichte van een referentieset. Te meer daar ook de volledige BEQI methodologie met integratie van meerdere indicatoren (Van Hoey et al., 2007) vooralsnog niet is uitgewerkt voor de incorporatie van het zoete en oligohaliene gedeelte van het Schelde estuarium. Voor de evaluatie van Dens_{mb} , Biom_{mb} , S_{mb} , Sim_{mb} en IOBS per fysio-/ecotoop binnen de segmenten is het cruciaal dat er per fysio-/ecotoop ook voldoende monsters worden genomen, om bij de 'natuurlijke' variatie van de indicator waarden ook eventuele verschillen te kunnen aantonen. Het benodigde aantal monsters per fysio-/ecotoop per segment per jaar dient te worden berekend via een power analyse (met $\alpha = 0.05$, $(1-\beta) = 75\%$ en het detecteerbare verschil ten minste 50 %).

Tabel 6.6.1. Indicatie voor het aantal benodigde monsters voor de evaluatie van Dens_{mb} , Biom_{mb} , S_{mb} en Sim_{mb} per ecotoop voor de Westerschelde afgeleid van Van Hoey et al. (2007).

	Minimum aantal		Benodigd aantal		Optimum aantal	
	Totaal	Per jaar	Totaal	Per jaar	Totaal	Per jaar
Brak						
Hoogdynamisch litoraal	28.5	5	75.5	13	122.5	21
Slibrijk laagdynamisch midden-litoraal	16.6	3	32.5	6	51	9
Zandig laagdynamisch midden-litoraal	24.5	5	45.7	8		
Hoogdynamisch sublitoraal	15.9	3	90.1	15	147	25
Zout						
Hoogdynamisch litoraal	16.6	3	55	10	106	18
Slibrijk laagdynamisch midden-litoraal	15.2	3	43	8	83.4	14
Zandig laagdynamisch midden-litoraal	17.9	3	44.4	8	104	18
Hoogdynamisch sublitoraal	29.1	5	170.2	29	464.2	78
Ondiep laagdynamisch sublitoraal	37.7	7	111.9	19	187.4	32

Totaal = totaal aantal benodigde standaard monsters met een oppervlak van 0.0151 m^2 (Sisternans et al., 2009); Per jaar = het aantal benodigde monsters per jaar bij een evaluatie eens in de 6 jaar (zoals voorgesteld).

Tabel 6.6.1 geeft een indicatie van het aantal benodigde monsters per ecotoop berekend volgens Van Hoey et al. (2007). In het rapport worden echter niet alle in de monitoring bemonsterde ecotopen (Datafiches systeemmonitoring, zie bijlagen) geëvalueerd en worden een aantal ecotopen samengevoegd. Ter indicatie: voor 11 van de 14 ecotopen die zullen worden bemonsterd in het brakke en zoute Westerscheldesegment kan men vanuit Van Hoey et al. (2007) een indicatie krijgen van de 'natuurlijke' variatie. Dan kan

worden geconcludeerd dat de huidige monitoringsopzet voor 4 ecotopen optimaal is, en voor 7 ecotopen minimaal, bij een evaluatie eens in de 6 jaar.

De evaluatie van IOBS vindt plaats in het Vlaamse deel van het Schelde estuarium waarvan de momenteel geplande 5 of 10 monsters per fysiotoop x segment combinatie (Datafiches systeemmonitoring, zie bijlagen) toereikend en gewenst zijn. Voor de evaluatie van FW_{biv} en A_{biv} kunnen de jaarlijkse kokkelbestandopnames (Kesteloo et al., 2009) worden gebruikt die dan echter moeten worden uitgebreid naar alle bivalven of ten minste *Ensis directus*, *Scrobicularia plana* en *Macoma balthica* zullen moeten omvatten en dienen te worden uitgebreid naar de subtidale delen van de Westerschelde. Het voor de opnames gehanteerde grid (555 meter tussen de monsterpunten) is toereikend. Ten tijde van de T_0 kan de schelpdierbemonstering worden vergeleken met de MWTL-monitoring om te bepalen of de MWTL-monitoring eventueel een voldoende beeld geeft van de verspreiding van schelpdieren met name in de subtidale delen, zodat de afstand tussen de monsterpunten voor schelpdierbemonstering eventueel kan worden vergroot.

Zoals voor andere evaluatiemethodieken/indicatoren zal de monitoring moeten worden uitgebreid naar de Vlakte van Raan. Voor andere indicatoren zullen later ook de gegevens uitgewerkt op niveau 2 nodig zijn, het geen kan worden bereikt door gemiddelden en standaarddeviaties per segment (Vlakte van Raan, Westerschelde, Zeeschelde, zijrivieren) te berekenen.

De standaard macrozoöbenthosmonitoring vindt één maal per jaar plaats in het najaar (september – oktober). Dit is het seizoen waarin met name de piek in biomassa kan worden verwacht. De schelpdiermonitoring vindt ook één maal per jaar plaats, maar wordt standaard in het voorjaar plaats, omdat zodoende ook de jaarlijkse broedval in kaart kan worden gebracht. Er wordt van uit gegaan dat de schelpdiermonitoring uiteraard niet de piek beschikbaarheid van bivalven voor hogere trofische niveaus in beeld kan brengen, maar dat het wel een goede maat zal zijn voor de jaarrond-beschikbaarheid van voedsel en de trend van jaar tot jaar daarin.

Op T_0 zal de huidige situatie (bij voorkeur meetgegevens van de afgelopen 6 jaar) worden vergeleken met een referentie situatie voor de indicatoren $Dens_{mb}$, $Biom_{mb}$, S_{mb} , Sim_{mb} . Bij de daarop volgende evaluaties (om de 6 jaar) zullen steeds de voorafgaande 6 jaren worden vergeleken met dezelfde referentie periode, en kunnen ontwikkelingen ten opzichte van de T_0 worden geëvalueerd. De indicatoren IOBS, FW_{biv} en A_{biv} kunnen door middel van trend- dan wel trendbreukanalyse worden geëvalueerd. De macrozoöbenthosbiomassa en het subtidale bivalven areaal (A_{biv}) berekend op niveau 2 zullen dienen als factor voor de evaluatie van de vissen (hoofdstuk 6.7), en de macrozoöbenthos biomassa en het intertidale bivalven areaal (A_{biv}) en de bivalvenbiomassa op niveau 2 als input voor de evaluatie van de vogels (hoofdstuk 6.8).

6.6.4. Benodigdheden

Zoals reeds aangegeven vindt monitoring van het macrozoöbenthos in het kader van MWTL (Nederland) en uitgezet door de Vlaamse Milieu Maatschappij (Vlaanderen) jaarlijks plaats. De monitoring voor Vlaanderen voldoet momenteel om deze evaluatie uit te voeren. Voor de Nederlandse ecotoop x segment combinaties zal ten tijde van de T_0 met behulp van power analyses moeten worden bepaald of de bemonsteringsintensiteit voor iedere combinatie voldoet. De kokkelbestandopnames zullen moeten worden uitgebreid naar schelpdierbestandopnames en er dient uitbreiding plaats te vinden naar de subtidale delen. De monitoring zoals die reeds in het Nederlandse deel plaats vindt zal moeten worden uitgebreid naar de Vlakte van Raan.

Voor de biomassabepaling als voedsel voor vogels en vissen is mogelijk de voorjaarsbiomassa het meest representatief. Voor oogstbare hoeveelheden aan kokkels voor de visserij wordt er met de piekbiomassa van het najaar gerekend (Kesteloo *et al.*, 2009). Wanneer wordt geconstateerd dat de najaarbiomassa mogelijk een betere indicator is voor voedselaanbod voor hogere trofische niveaus, moet er worden gekeken of door het combineren van de schelpdiermonitoringsgegevens (momenteel verzameld door Wageningen IMARES) en de macrozoöbenthosmonitoringgegevens verzameld in het kader van MWTL (momenteel verzameld door de Monitor Taakgroep van het NIOO-CEME), er een goede schatting kan worden gemaakt van de totale biomassa aan schelpdieren in het najaar. Dit vereist dan mogelijk éénmalig een extra schelpdierenmonitoring in het najaar of zouden oudere voor- en najaarsdata van het NIOO-CEME kunnen worden vergeleken.

Voor de berekening van het schelpdierareaal wordt in deze evaluatiemethodiek voorgesteld, om intertidaal *S. plana* en *M. balthica* en subtidaal ook nog eens *E. directus*, naast *C. edule* mee te nemen in de berekeningen. Het is bekend dat de scholekster, waarvan wordt aangenomen dat die afhankelijk is van het kokkelaanbod, ook foerageert in delen waar de kokkel niet wordt gevonden, maar waar wel andere schelpdieren (zoals *M. balthica*) voorradig zijn (Rappoldt & Ens, 2007). Ook is recentelijk aangetoond dat de relatieve nieuwkomer *E. directus* in toenemende mate belangrijk wordt in het voedselpakket van zowel vissen als vogels (Tulp *et al.*, 2010). Voor de in deze evaluatiemethodiek samengestelde formules voor de berekening van N_{biv} ter bepaling van A_{biv} , zijn de in de Westerschelde qua biomassa dominante schelpdiersoorten geselecteerd (de soorten waarvan gemiddeld meer dan 1 g ADW/m² kan worden aangetroffen (Tabel 6.6.2).

Tabel 6.6.2. Gemiddelde biomassa (mg ADW/m²) en dichtheid (n/m²) aan schelpdieren per soort voor de Westerschelde gebaseerd om de MWTL monitoring voor de periode 2006-2009.

Species	Gemiddelde biomassa (mg ADW/m ²)	Gemiddelde dichtheid (n/m ²)
<i>Ensis sp</i>	3701.26	8.01
<i>Macoma balthica</i>	2659.33	659.87
<i>Scrobicularia plana</i>	1377.30	55.79
<i>Cerastoderma edule</i>	1056.60	51.61
<i>Crassostrea sp</i>	251.09	2.62
<i>Mya arenaria</i>	131.84	7.57
<i>Petricola pholadiformis</i>	83.82	0.75
<i>Mytilus edulis</i>	37.69	5.25
<i>Abra sp</i>	17.52	10.73
<i>Barnea candida</i>	2.32	0.06
<i>Acanthocardia echinata</i>	0.92	0.15
<i>Ostrea sp</i>	0.57	0.64
<i>Mysella bidentata</i>	0.21	2.50
Tellinidae	0.08	4.96
<i>Spisula subtruncata</i>	0.02	0.09
<i>Montacuta ferruginosa</i>	0.00	0.03

De 4 eerstgenoemde soorten zijn gedetecteerd als de dominante schelpdiersoorten die kunnen dienen als voedsel in het huidige Westerschelde systeem.

(*Let wel: gemiddelden zijn berekend over het totale aanbod MWTL monsters, die echter niet random over de gehele Westerschelde zijn genomen; maar gestratificeerd

naar stratum, en in 2009 zijn met name de ecotopen met grote variatie (veelal ook die met hoge biomassa) veelvuldiger bemonsterd dan macrozoöbenthos-arme ecotopen. Hierdoor vallen de gemiddelde waarden iets hoger uit dan de werkelijk gemiddelde waarden voor de Westerschelde.)

meer dan 50 kokkels per m² volgens Kesteloo et al. (2009), maar is vervolgens via het gemiddelde asvrijdrooggewicht voor de kokkel in de Westerschelde, en de gemiddelde gewichten voor de andere schelpdiersoorten (Tabel 6.6.3), bepaald in welke verhouding de andere soorten of combinaties van soorten aanwezig dienen te zijn om aan het zelfde voedselaanbod op basis van asvrijdrooggewicht te komen. In het subtidale vormen schelpdieren een belangrijke voedselbron voor platvissen. Het zijn hier echter specifiek de sifons waarop de platvissen foerageren. In de huidige evaluatiemethodiek is een aanname gedaan dat de sifon 1/5^{de} deel van het asvrijdrooggewicht van de schelpdieren uitmaakt, en er dus 5x zo veel schelpdieren benodigd zijn om een goed foerageergebied te vormen. Uiteraard zou het goed zijn om een dergelijke relatie te staven met data. Voor het uitvoeren van trend- en trendbreuk-analyses is de exacte omrekenfactor (evenals de benodigde biomassa aan schelpdieren om een geschikt foerageergebied te vormen) niet eens zo van belang, omdat de parameters als afgeleide waarden slechts verschuivingen dienen weer te geven. De huidige selectie van dominante schelpdieren als voedselbron is gebaseerd op het gemiddeld voorkomen van schelpdieren gedurende de periode 2006-2009. Er dient om de 6 jaar te worden bekeken of er geen grote verschuivingen in het schelpdieren aanbod hebben plaatsgevonden waardoor andere soorten een belangrijke voedselbron kunnen gaan vormen, of juist minder van belang worden. Zo is het niet ondenkbaar dat een soort als de Japanse oester (*Crassostrea sp*) in de nabije toekomst een groter aandeel in de schelpdierenbiomassa gaat uitmaken, zoals recentelijk met name *E. directus* sterk is opgekomen (Wijnhoven & Hummel, 2009).

Tabel 6.6.3. Gemiddeld gewicht per individu en het aantal dat in gewicht overeen komt met 50 kokkels voor de 4 in biomassa dominante schelpdiersoorten van de Westerschelde als bepaald aan de hand van de MWTL monitoring gegevens van de periode 2006 – 2009.

Species	Nederlandse naam	Gemiddeld gewicht (mg ADW/ind)	aantal per m ²
<i>Ensis directus</i>	Amerikaanse zwaardschede	641.52	1.6
<i>Macoma balthica</i>	Nonnetje	4.03	254
<i>Scrobicularia plana</i>	Platte Slijkgaper	24.69	41.5
<i>Cerastoderma edule</i>	Gewone kokkel	20.47	50

Het gemiddelde gewicht van 50 kokkels uit de Westerschelde komt overeen met 1023.5 mg ADW.

De macrozoöbenthos-indicatoren zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren jaargemiddeld zwevende stof (detritus) gehalte (hoofdstuk 3.2), jaargemiddelde waterretentie (hoofdstuk 3.2), jaargemiddelde temperatuur, datum waarop de watertemperatuur voor het eerst 12 °C haalt, en lengte van de periode met temperatuur boven de 12 °C (hoofdstuk 4.5. Temperatuur), jaargemiddelde saliniteit en saliniteitsvariatie als (4*standaarddeviatie saliniteit)/(gemiddelde saliniteit) (hoofdstuk 4.6. Saliniteit), jaargemiddelde zuurstofconcentratie en minimum zuurstofconcentratie (hoofdstuk 4.2. Zuurstof), jaargemiddelde en maximumconcentraties aan toxische stoffen in waterkolom en sediment (hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen), areaal per ecotoop (hoofdstuk 7.2. Habitat areaal verdeling), jaargemiddelde primaire productie waterkolom en microfytoëbenthos (intertidaal) en jaargemiddelde chlorofyl a-gehalte waterkolom (hoofdstuk 6.2. Primaire productie), jaargemiddelde zooplanktonbiomassa (hoofdstuk 6.4. Zooplankton), voorjaarsaantallen benthivore vissen (hoofdstuk 6.7. Vissen), voorjaarsaantallen steltlopers en benthivore eenden (hoofdstuk 6.8. Vogels), hoeveelheid

opgeveste schelpdieren door schelpdiervisserij. Voor alle factoren zal de met dichtheid ($Dens_{mb}$), biomassa (ADW_{mb}), aantal soorten (S_{mb}), gemeenschap similarity (Sim_{zp}) en/of oligochaetenindex (IOBS) gecombineerde evaluatie plaats vinden op schaalniveau 3, waarbij dient te worden opgemerkt dat evaluatie wordt uitgevoerd per eco-/fysiotop binnen ieder segment. De evaluatie van schelpdier biomassa (FW_{biv}) en areaal schelpdieren (A_{biv}) zal plaats vinden op niveau 2. De geïntegreerde evaluatie van $Dens_{mb}$, ADW_{mb} , S_{mb} en Sim_{zp} in combinatie met habitat aanbod en primaire productie volgens 'BEQI' vind idealiter plaats voor het gehele systeem (niveau 1) maar is vooralsnog alleen realiseerbaar voor de Westerschelde (segment niveau 2).

6.6.5. Beoordeling

Dichtheid ($Dens_{mb}$):

De gemiddelde dichtheid aan macrozoöbenthos in het najaar per segment niveau 3 wordt steeds geëvalueerd per eco-/fysiotop (met in acht name van de mogelijkheid om eventuele verschillen te detecteren afhankelijk van het bemonsterde oppervlak). In eerste instantie wordt geanalyseerd of de gemiddelde dichtheid voor het gehele segment een significante verandering laat zien ten opzichte van de referentie, dan wel op T_x of deze verschilt van T_0 , waarna wordt bekeken of dit een gevolg kan zijn van een verandering in de habitat areaal verdeling. Vervolgens wordt de ontwikkeling binnen ieder eco-/fysiotop geanalyseerd op de zelfde wijze. Dit geldt overigens ook voor de indicatoren biomassa (ADW_{mb}), aantal soorten (S_{mb}) en gemeenschapssimilariteit (Sim_{zp}).

De totale gemiddeld dichtheid voor een segment kan een toe- of afname laten zien ten gevolgen van een verandering in habitat areaal verdeling, waarbij deze gewenst is wanneer de habitat areaal verdeling in de richting van het maximale ecologische potentieel (MEP) gaat. Voor de Westerschelde is de MEP weergegeven in Tabel 6.6.4, voor evaluatie van andere segmenten of het systeem als geheel is het voor de hand liggend om aan te sluiten bij de in hoofdstuk 5.2 (Habitat areaal verdeling en dynamiek) voorgestelde ecotopenverdeling volgens de GEP (daar het Schelde-estuarium moet worden gequalificeerd als een sterk verandert waterlichaam; zie tevens Brys *et al.*, 2005).

Tabel 6.6.4. Het maximale ecologische potentieel in habitat areaal verdeling voor de Westerschelde naar Van Hoey *et al.* (2007).

Habitat type	Areaal verdeling (%)
Schorren (supratidaal)	12
Slibrijke intertidaal	15
Zandig intertidaal	12
Ondiepe subtidale delen	15
Diepe subtidale delen (>5m NAP)	47

Een toename in macrozoöbenthosdichtheid onafhankelijk van de habitatareaalverdeling kan het gevolg zijn van een toename van het slibgehalte, een toename van de plaathoogte (of afname van de overstromingsduur), een toename van de saliniteit, een toename van de dynamiek (stroomsnelheid) (Ysebaert & Herman, 2002), een toename van de nutriënten input, of een afname van de begrazingsdruk (door vissen en/of vogels) of afname van de visserij, en vice versa. Dergelijke patronen kunnen

uiteraard zowel optreden wanneer er wel of geen veranderingen in habitatareaalverdeling hebben plaats gevonden. Het optreden van dergelijke patronen binnen één of enkele eco-/fysiotopen binnen een segment kunnen een indicatie geven van welke factor ten grondslag ligt aan de veranderingen.

In principe is een toename van $Dens_{mb}$ gewenst, maar dan wel evenredig aan en niet ten koste van de macrozoöbenthos biomassa (zie ADW_{mb}). Een toename van de aantallen en afname van de biomassa wijst op een verworming van het systeem, veelal ten koste van organismen als schelpdieren. Een toename van de dichtheden door verhoogde zout indringing (verlaagde zoetwater afvoer) in brakke en zoute delen en/of afname van de dichtheden door verhoogde zoutindringing in de zoete delen is in principe ongewenst (zie hoofdstuk 6.2. Primaire productie). Een toename van de dichtheden door een afname van de begrazingsdruk is ongewenst.

Biomassa (ADW_{mb}):

Voor de evaluatie van macrozoöbenthos biomassa geldt hetzelfde als voor $Dens_{mb}$ met eerst een evaluatie met betrekking tot bovengenoemde MEP/GEP aan habitatareaalverdeling.

Een toename in ADW_{mb} onafhankelijk van de habitatareaalverdeling kan het gevolg zijn van een toename van de primaire productie, een toename van de chlorofyl a- en/of zooplanktonbiomassa, een toename van de saliniteit, of een afname in mediane korrelgrootte (Ysebaert & Herman, 2002), een afname van de begrazingsdruk (door vissen en/of vogels) of een afname van de visserij, en vice versa. Herman *et al.* (1999) geven aan dat voor de Westerschelde de verhouding tussen macrobenthische biomassa en primaire productie in dynamisch evenwicht wordt beschreven door $ADW_{mb} = -1.5 + 0.105 \cdot PP$. Afwijking van deze trend indiceert in principe onevenwicht waarbij ofwel de macrobenthische biomassa achter blijft bij de aantallen (ook wel verworming of onevenwicht tussen detritivoren en filtrerende organismen), of dat de totale productie van het macrozoöbenthos achter blijft bij de productie van het systeem, wat vooral kan duiden op invloeden van verontreinigingen, anaerobie, zwevend stof en/of lange retentietijden en geringe circulatie (het laatste zal in het Scheldesysteem, behalve zeer lokaal, nauwelijks een rol spelen).

In principe is een toename in ADW_{mb} gewenst. Een toename van de biomassa door verhoogde zoutindringing (verlaagde zoetwater afvoer) in brakke en zoute delen en/of afname van de biomassa door verhoogde zoutindringing in de zoete delen is echter in principe ongewenst. Een toename van de biomassa door een afname van de begrazingsdruk is ongewenst. Een toename van de biomassa door een toename van de primaire productie (met eventueel een toename van chlorofyl a en/of zooplankton) wordt beoordeeld als positief. In principe wordt er gestreefd naar een macrobenthische biomassa die zich verhoudt tot de primaire productie volgens de vergelijking: $ADW_{mb} = -1.5 + 0.105 \cdot PP$ voor de Westerschelde en is een ontwikkeling in de richting van deze verhouding gewenst.

$Dens_{mb}$ en ADW_{mb} dienen echter ook gezamenlijk te worden geëvalueerd, waarbij een toename in $Dens_{mb}/ADW_{mb}$ -verhouding kan duiden op een toename van het zwevende stofgehalte of een afname in het zuurstof gehalte (komt dan echter ook tot uitdrukking in een afwijking van de gewenste $ADW_{mb} - PP$ relatie), dewelke beide ongewenst zijn.

Aantal soorten (S_{mb}):

Het bereiken van een groot aantal soorten in een systeem is veelal een streven en duidt op goede ecologische condities. Een estuarium, per definitie een dynamisch systeem, is echter met name op lokaal niveau soortenarmer dan een systeem met een stabiel milieu. Het gehele systeem, met vele gradiënten in omgevingsomstandigheden, zal wel eerder soortenrijker zijn dan een stagnant systeem met veel minder gevarieerde omstandigheden. Een toename van de soortenrijkdom kan het gevolg zijn van een verandering in de gemiddelde saliniteit; dit zal dan veelal spelen in het brakke deel waar de saliniteit naar zout dan wel naar zoet verschuift. Ook kan het een gevolg zijn van een

afname van de saliniteitsvariatie. Verder kan er een toename in de soortenrijkdom optreden bij een toename in het slibgehalte of een toename van het zuurstofgehalte (Ysebaert *et al.*, 2000). Wederom kunnen de relaties ook omgekeerd optreden.

Een toename van het aantal soorten is in principe gewenst, tenzij dit wordt veroorzaakt door een afname van de variatie in saliniteit of een reductie van de brakwaterzone (vanaf een bepaalde minimumvariatie en minimumafmeting; mogelijk ten opzichte van een referentiesituatie, dan wel bepaald door andere indicatoren).

Gemeenschapssimilariteit (Sim_{mb}):

Een toename van de gemeenschapssimilariteit (ten opzichte van een referentie) is een streven op zich, waarbij het echter altijd de vraag is of een terugkeer naar exact dezelfde soortensamenstelling als onder referentiecondities wel mogelijk is (en of dat goed is). Dit hangt niet alleen af van de condities en kwaliteit van het systeem, maar ook van de bereikbaarheid van het systeem voor soorten die dan zouden moeten terugkeren en van de samenstelling van de reeds aanwezige gemeenschappen. Bijzonder hierbij zijn niches die zijn ingenomen door exoten in tijden dat deze vrij waren, waarbij het niet vanzelfsprekend is dat die niches weer vrij komen wanneer het systeem weer ten goede verandert (zie de korte exotenverhandeling aan het einde van deze paragraaf). In omgekeerde richting, kan wel worden gesteld dat de gemeenschapssimilariteit zou kunnen afnemen onder invloed van een toename in fytoplankton biomassa, een afname in doorzicht, een afname in zuurstof, en een toename van de retentietijd en/of een toename van predatiedruk of visserij activiteiten. Er wordt dan aangenomen dat de similariteit eerder zal toenemen of tenminste niet afnemen bij omgekeerde trends. Cruciaal hierbij is uiteraard de referentie. Hierbij weten we dat de momenteel gehanteerde referentie voor de Westerschelde niet vrij is van verstoring (en dat is een understatement), en met name invloeden van verontreinigingen kent. Het zou dus kunnen dat uiteindelijk een daling van de similariteit ten opzichte van de referentie wordt waargenomen bij een toename van de ecologische kwaliteit van het systeem. In die zin zal de gemeenschapssimilariteit ook zeker moeten worden geëvalueerd in combinatie met andere indicatoren. Voor het Vlaamse deel is er momenteel ook geen geschikte referentie beschikbaar. Deze zou misschien buiten het Scheldesysteem kunnen worden gezocht. Er dienen in de toekomst in ieder geval een aantal mogelijke referenties te worden geëvalueerd.

Een toename van de gemeenschapssimilariteit is in principe gewenst. Een afname van Sim_{mb} ten gevolge van een afname in doorzicht of zuurstof of een toename van de retentietijd is in principe ongewenst.

Oligochaetenindex (IOBS):

De oligochaetenindex, die zal worden toegepast per segment op niveau 3 voor het Vlaamse deel van de Schelde, is in feiten een soortendiversiteitsindicator. Zolang het overgrote deel van de gemeenschappen wordt uitgemaakt door oligochaeten zal deze indicator goed functioneren. Wanneer andere organismen een belangrijkere rol gaan spelen in het zoete getijdengebied, moet worden nagegaan of de IOBS nog volledig de lading dekt, en onderscheidend kan zijn als indicator voor verbeteringen in de ecologische kwaliteit. Idealiter wordt op termijn de BEQI uitgebreid naar het Vlaamse deel, waarvoor een referentie dient te worden aangepast en/of ontwikkeld, en kan worden geëvalueerd of BEQI en IOBS dezelfde informatie geven. De IOBS zal normaal gesproken een waarde innemen tussen de 0 en 10 (in theorie 0 en 20). Hierbij wordt gestreefd naar een waarde boven de 6 en (nog beter) in de richting van de 10 (VMM, 2008). Een toename in de IOBS kan net zoals een toename in de BEQI-indicatoren S_{mb} en Sim_{mb} het gevolg zijn van een afname in de saliniteit (IOBS wordt ten slotte uitsluitend in het Vlaamse deel toegepast), een afname in de saliniteitsvariatie, een

toename van het zuurstofgehalte, een afname van de retentietijd en een afname van het zwevende stofgehalte of toename in doorzicht zijn.

Een toename in de IOBS wordt als positief beoordeeld, tenzij veroorzaakt. Een toename van de IOBS is in principe gewenst, tenzij dit wordt veroorzaakt door een afname van de variatie in saliniteit of een toename van de zoetwaterzone (vanaf een bepaalde minimumvariatie en maximumafmeting; mogelijk ten opzichte van een referentiesituatie, dan wel bepaald door andere indicatoren). Een afname van IOBS ten gevolge van een afname in doorzicht, een toename in zwevende stofgehalte, een afname in zuurstof of een toename van de retentietijd is in principe ongewenst.

Schelpdierbiomassa (FW_{biv}):

De schelpdierbiomassa zal worden geëvalueerd voor het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium per segment op niveau 2. Een eventuele toename in de schelpdierbiomassa kan samenhangen met een toename van de primaire productie en eventueel een toename van fyto- en/of zooplankton. Verder kan deze samenhangen met een toename van de zuurstofconcentraties, een afname van het zwevende stofgehalte, een afname van de retentietijd, een afname van de saliniteitsvariatie, of een toename van het intertidaal en/of het ondiepe subtidaal. Een toename van de schelpdier biomassa kan ook het gevolg zijn van een afname van de predatiedruk (platvissen in het subtidaal en steltlopers in het intertidaal) en/of een afname van de visserijdruk. Verder kan een bijzondere gebeurtenis als ijsgang van invloed zijn op de intertidale schelpdiergemeenschappen (perioden met zeer lage oppervlaktewatertemperatuur).

Een toename van de schelpdierbiomassa wordt positief beoordeeld, tenzij veroorzaakt door een achteruitgang van de predatiedruk. Een streven is minimaal 4 miljoen kg en bij voorkeur meer dan 8 miljoen kg versgewicht kokkels, zoals door LNV gehanteerd voor het uitgeven van visserij vergunningen (Kesteloo *et al.*, 2009). Hoeveel dit zou moeten zijn voor de dominante schelpdieren *Ensis sp.*, *Macoma balthica* en *Scrobicularia plana* (Tabellen 6.6.2 en 6.6.3) als voedselreservering voor vogels en vissen zou ten tijde van de T_0 kunnen worden berekend door historische schelpdierbestanden en predatieraantallen te vergelijken. Veranderingen in schelpdierbiomassa ten gevolge van een ontwikkeling van het habitatareaalaanbod in de richting van de MEP (Tabel 6.6.4) is gewenst.

Areaal schelpdieren (A_{biv}):

Het schelpdierenareaal zijnde het areaal met een dusdanig schelpdierenaanbod dat het geschikt is als foerageergebied voor steltlopers (intertidaal) dan wel platvissen (ondiep subtidaal) is enerzijds afhankelijk van het habitatareaalaanbod, en anderzijds van de eerder genoemde factoren die de schelpdierbiomassa bepalen. Het schelpdierenareaal is niet direct van belang als indicator voor de ontwikkeling van andere parameters, maar vooral als indicatie van de draagkracht van het systeem voor hogere trofische niveaus (voornamelijk platvissen en steltlopers, maar hiermee ook weer voor op vis foeragerende dieren: piscivore vogels en zeezoogdieren).

Voor het areaal schelpdieren leid een toename tot een positieve beoordeling, een afname tot een negatieve. Ook voor deze indicator geldt dat ten tijde van de T_0 dient te worden berekend aan de hand van historische gegevens hoeveel schelpdierareaal er nodig is om bepaalde gewenste steltloper- en platvisaantallen van voedsel te kunnen voorzien.

Verhandeling aangaande exoten:

Zoals het geval is voor diverse indicatoren binnen het thema Ecologisch Functioneren, wordt de aanwezigheid of een toename van het aantal exoten niet als problematisch

gezien voor het ecologisch functioneren. Het zou wel een indicatie kunnen zijn voor de gezondheidstoestand van een systeem, maar dit staat nog ter discussie (Wijnhoven *et al.*, 2009), te meer daar het risico op het binnenkomen van exoten ook samenhangt met gebruiksfuncties van het systeem. Uiteraard wordt hier aanbevolen om de kans op introductie van exoten tot een minimum te beperken, maar wanneer soorten zich succesvol hebben gevestigd, tellen zij gewoon mee in de indicatoren van de evaluatie Macrozoöbenthos (en eventuele andere evaluaties), en kunnen zij een positieve inbreng hebben. Exoten die invasief zijn en dus dominant worden of inheemse soorten verdrukken of doen verdwijnen zullen sowieso een negatieve beoordeling opleveren doordat hun aanwezigheid en impact tot uitdrukking zal komen in indicatoren als S_{mb} en Sim_{zp} . De vraag is echter of exoten in dergelijke gevallen de oorzaak zijn van achteruitgang van de ecologische kwaliteit of eerder een gevolg ervan of een fenomeen behorende bij een systeem onder druk. We neigen hier te kiezen voor het laatste, maar laten dit vooralsnog in het midden door exoten niet als indicator te gebruiken.

6.6.6. Conclusie

De zeer belangrijke rol van macrobenthische gemeenschappen voor het functioneren van estuaria staat niet ter discussie. Het macrozoöbenthos is dan ook een belangrijke component in de beoordeling van de kwaliteit van wateren volgens de Kaderrichtlijnwater (KRW) (o.a. Brys *et al.*, 2005; Altenburg *et al.*, 2007; Van Hoey *et al.*, 2007; Speybroeck *et al.*, 2008; VMM, 2008). Een aantal in deze Evaluatiemethodiek gehanteerde indicatoren zijn conform de indicatoren die worden gebruikt voor de evaluatie van overgangswateren voor de KRW in zowel Nederland ($Dens_{mb}$, $Biom_{mb}$, S_{mb} , Sim_{mb}) als Vlaanderen ($Dens_{mb}$, $Biom_{mb}$, S_{mb} , Sim_{mb} , IOBS). Er zijn geen instandhoudingsdoelen voor macrobenthische soorten in het kader van de Habitatrichtlijn, maar uiteraard vormt het macrozoöbenthos voor een groot aantal soorten van de Vogel- en de Habitatrichtlijn het voedsel, en bepalen de gemeenschappen hiermee voor een groot deel de draagkracht van het systeem voor die soorten (o.a. Adriaensen *et al.*, 2005; LNV, 2006). Er zijn wel specifiek een behoorlijk aantal regels en normen opgesteld waaraan de waterkwaliteit van schelpdierwateren (inclusief Westerschelde en Vlake van Raan) moet voldoen in het kader van de Europese Richtlijn voor Schelpdierwater (Rijkswaterstaat, 2009). Dit is niet zo zeer om de schelpdieren zelf te beschermen, maar meer om de veiligheid van consumptie van schelpdieren uit die wateren te garanderen. De normen hierin hebben alle betrekking op abiotische parameters, maar geven het belang van macrozoöbenthos en schelpdieren in het bijzonder weer voor de mens. In de Westerschelde en de Vlake van Raan is de schelpdiervisserij, dus de exploitatie van natuurlijke bestanden, veel belangrijker dan schelpdierenkweek. De functie van wateren voor schelpdieren en de daarbij behorende normen zijn dan ook vastgelegd in de normen voor oppervlaktewater in zowel Nederland als Vlaanderen. Met het belang van schelpdieren als voedselbron voor hogere trofische niveaus wordt momenteel ook rekening gehouden in het Beleidsplan Westerschelde, waarbinnen de kokkelsector zelf heeft bepaald dat er niet op kokkels zal worden gevisd wanneer er minder dan 4 miljoen kg versgewicht aan kokkels in de Westerschelde aanwezig is (Kesteloo *et al.*, 2009). In deze evaluatiemethodiek zullen we in eerste instantie ook deze grens hanteren in de beoordeling van de aanwezige biomassa aan schelpdieren als voedsel voor hogere trofische niveaus, maar ook andere belangrijke schelpdiersoorten zullen worden meegewogen. Hiermee ligt het voor de hand dat de totale schelpdier reservering als voedsel voor hogere trofische niveaus veel hoger dan 4 miljoen kg dient te liggen. Relaties uit het verleden tussen schelpdieraanbod en de aanwezigheid van hierop foeragerende steltlopers en platvissen dienen echter ten tijde van de T_0 nog te worden geanalyseerd om hier meer inzicht in te krijgen. Dit geldt ook voor de geschiktheid van habitats voor op schelpdieren foeragerende soorten. Exacte waarden van hoeveel biomassa dan wel areaal er aanwezig dient te zijn in een gezond

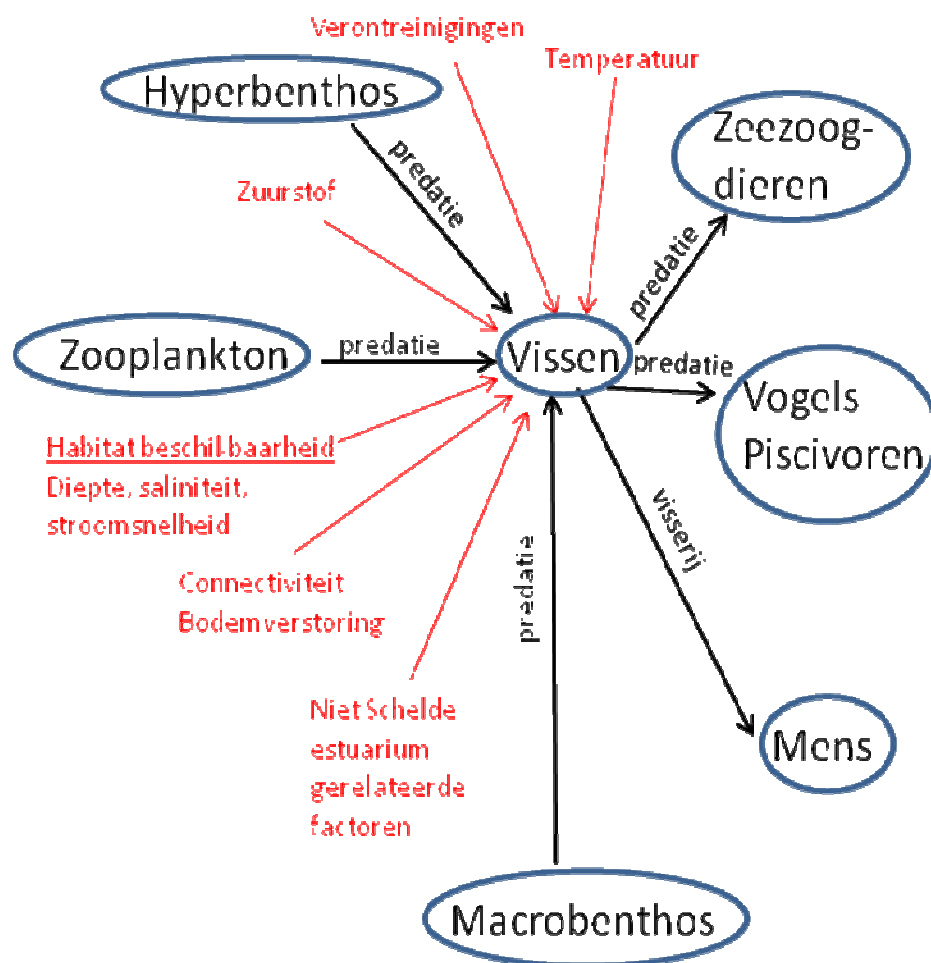
Schelde systeem kunnen hiermee nog niet direct worden bepaald, maar ten tijde van de T_0 kan al wel worden geëvalueerd of er positieve ontwikkelingen aanwezig zijn en kan een vergelijking worden gemaakt met een eventuele referentie. De belangrijke rol van macrozoöbenthos op de water- en waterbodembodemkwaliteit via processen als nutriënten recycling, filtratie en bioturbatie worden in het huidige normenstelsel nauwelijks meegenomen. Daar deze processen zeer bepalend zijn voor de kwaliteit van het ecologisch functioneren van het systeem, zullen deze processen via interacties met indicatoren uit andere thema's een belangrijke rol spelen in de huidige evaluatiemethodiek. Dat macrobenthische gemeenschappen een goede indicator vormen voor de kwaliteit van estuariene systemen en de omvang van allerhande verstoringen kunnen weergeven, wordt al decennia onderkent en toegepast in relatie tot verontreinigingen en eutrofiering (o.a. Beukema, 1988; Warwick & Clarke, 1993; Borja *et al.*, 2000), maar niet uitsluitend tot deze verstoringen. Ook deze indicatorfunctie zal in deze evaluatiemethodiek worden gebruikt. Daar het macrozoöbenthos relatief immobiel is, is macrozoöbenthos als indicator voor een achteruitgang of verstoring van het systeem heel gevoelig. Echter, herstel of verbetering van de kwaliteit van het systeem zal in de macrozoöbenthosindicatoren wellicht vaak met enige vertraging zichtbaar worden, het geen vaker het geval is bij indicatoren van hogere niveaus. Anderzijds kan men stellen dat indicaties vanuit het macrozoöbenthos veelal aangeven dat het in het geval van verbeteringen niet om een tijdelijke verbetering gaat, maar om iets wat al enige tijd gaande is.

Er lijkt momenteel reeds een behoorlijk monitoringnetwerk te bestaan, met een behoorlijke historie, grotendeels afdoende om deze evaluatie uit te voeren. Er zal echter dienen te worden geëvalueerd of het bemonsterde oppervlak ook in alle ecotoop – segmentcombinaties volstaat om eventuele verschillen aan te tonen, wat ten tijde van de T_0 dient te worden geëvalueerd. Eventueel kan hiervoor in de toekomst de distributie van de monsters over de diverse ecotopen nog iets worden hergeschikt om met dezelfde monsterintensiteit een optimale indicatorfunctie te bereiken. Het is op dit moment niet duidelijk of de huidige kokkel inventarisatie ook als schelpdier inventarisatie kan fungeren, waarvoor ten minste alle dominante schelpdieren dienen te worden gemonitord. Als alternatief kan ten tijde van de T_0 worden bekeken of vergelijkbare bestandsopnames te verkrijgen zijn uit de MWTL-monitoring, het geen kan worden getoetst aan de hand van de kokkel-gegevens. Ook zou de schelpdierareaal monitoring bij voorkeur dienen te worden uitgebreid naar het ondiepe subtidaal of moet worden nagegaan in hoeverre de huidige monitoring voor MWTL (boxcore bemonstering) in deze behoefte kan voldoen. Verder is het aan te bevelen om na te gaan of de BEQI-methodologie en de daarbij horende indicatoren, die ook in deze evaluatie worden gebruikt, kunnen worden uitgebreid naar het Vlaamse deel en hoe de resultaten van een dergelijke evaluatie zich verhouden tot de IOBS-methodologie (die ook hier als indicator voor het Vlaamse deel wordt ingezet) met het oog op het in de toekomst eventueel belangrijker worden van andere groepen naast oligochaeten in de macrobenthische gemeenschappen van het zoete getijdensysteem. Zoals voor een groot aantal indicatoren, is er vooralsnog geen gestandaardiseerde periodieke monitoring van het macrozoöbenthos in de Westerschelde monding (de Vlakte van Raan). Om te beginnen lijken ten minste 5 bodemdiermonsters per ecotoop per jaar ook in dit deel gewenst, waarna eventueel in een later stadium kan worden bezien of een herverdeling van dit aantal monsters een nog optimalere indicatie waarde kan geven.

6.7. Vissen

6.7.1. Achtergrond

Vissen zijn zeer geschikt als kwaliteitsindicatoren omdat ze gevoelig zijn voor kwaliteitsveranderingen, gebruik maken van een groot aantal aspecten van het estuarium en een centrale rol innemen in het voedselweb. Figuur 6.7.1 geeft een overzicht van de belangrijkste aan vissen gerelateerde interacties in het estuariene voedselweb.



Figuur 6.7.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond de Vissen en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Vissen.

Vissen in het estuarium vormen een zeer diverse groep. Er zijn soorten die gebruik maken van het gehele estuarium en waarvoor de natuurlijke gradiënten (saliniteit, dynamiek, bathymetrie, ed.) van essentieel belang zijn. Andere soorten zijn specifiek gerelateerd aan bepaalde zones en/of habitats voor diverse levensbehoeften die kunnen verschillen naargelang het levensstadium. Om het estuarien functioneren ten aanzien van vissen te analyseren worden soorten samengebracht in functionele groepen of 'gilden' op

basis van habitatgebruik en migratiepatronen (estuariën gebruik), voedingswijze (trofische gilde), en voortplantingsstrategie (Franco *et al.*, 2008). Tabel 6.7.2 geeft een overzicht van de meest voorkomende soorten vissen in het Schelde-estuarium, de verschillende functionele groepen waarin ze kunnen worden ondergebracht, hun gevoeligheid voor verstoring en de samenstelling van de MEP/GEP lijsten voor de verschillende saliniteitszones of waterlichamen.

Het gebruik van de verschillende saliniteitszones, de afhankelijkheid van het estuarium en migratiepatronen vormen de basis van de 'estuariën gebruik' gilden. Estuariene residente soorten (Ers) kunnen hun hele levenscyclus in het estuarium doorbrengen en zijn euryhalien. Dat betekent dat ze zich langs de volledige saliniteitsgradiënt kunnen bewegen indien de waterkwaliteit het toelaat. Mariene migranten (Mm) zijn eveneens euryhalien. Ze planten zich voort op zee maar komen het estuarium binnen in grote aantallen en zoeken er de gunstige condities op om te schuilen voor predatoren en om te foerageren. We onderscheiden hierin mariene juvenielen (Mj) die in het eerste levensjaar het estuarium als kraamkamer gebruiken en mariene seizoensgasten (Ms) die het estuarium bezoeken als (sub)adulten op seizoensbasis in bepaalde maanden van het jaar. Dit seizoenaal patroon is redelijk specifiek en het doorbreken ervan kan indicatief zijn voor verstoring. Tabel 6.7.2 geeft de piekmaand aan voor de meest relevante mariene seizoensgasten. Diadrome vissen of trekvisser vertonen paaitrek. Anadromen (A) zijn zeevissen die het estuarium doortrekken om te paaien in zoetwater; catadromen (C) doen het omgekeerde. Het onderscheid met mariene migranten en estuariene residenten is niet altijd even duidelijk en patronen in het trekgedrag kunnen voor sommige soorten variëren van estuarium tot estuarium. Zo worden bot en dunlipharder soms als catadroom beschouwd, soms als estuariene resident of als mariene seizoensgast (Breine 2009, Franco *et al.*, 2008, Kranenburg en Zwager, 2008). Zoetwatervissen kunnen resident zijn in het estuarium en hun levenscyclus volbrengen in de zoete en licht brakke zones. Ze zijn niet echt karakteristiek voor het estuarium maar omdat ze een groot aandeel van de estuariene visgemeenschap uitmaken zijn ze opgenomen in de MEP/GEP lijsten. In de zoute zone zijn er mariene dwaalgasten (M), typische stenohaliene zeevissen die vanuit de zee in het estuarium terecht komen. Hun toenemende aanwezigheid kan als positief signaal voor de estuariene kwaliteit opgevat worden. Echter omdat het sporadisch voorkomende gasten zijn wiens aanwezigheid in het estuarium ook door externe factoren op de situatie op de Noordzee beïnvloed wordt zijn ze niet in de referentie- of MEP/GEP soortenlijsten in de zin van de Kaderrichtlijn Water opgenomen.

Met betrekking tot de voedingswijze wordt er onderscheid gemaakt in (P) planktivore (fytoplankton en/of (Z) zooplankton), (B) benthivore, (F) piscivore (inclusief parasitaire), (BZ) benthivoor-zooplanktivore, (BF) Benthivoor-piscivore (V) invertivore (of insectivore), (H) herbivore (De) detritivore en (O) omnivore voedingswijze. Het is niet altijd mogelijk om de aanwezige visgemeenschappen onder te brengen in trofische groepen zonder overlap. Sommige soorten ondergaan ontogenetische verschuivingen en veranderen van voedingswijze naargelang het levensstadium. Andere soorten zijn generalist of opportunist en schakelen over naargelang het aanbod (Franco, 2008; Breine, 2009). De positie van de vissen in de waterkolom is indicatief voor foerageerwijze en dieet. We onderscheiden bij de bodem levende of benthische (B), in de waterkolom levende of pelagische (P) en zowel op de bodem als in de waterkolom levende of demersale (D) vissen.

Met betrekking tot de voortplantingswijze onderscheiden we (Ob) ovipaar met benthische eieren, (Og) ovipare nestbewakers (Op) ovipaar met pelagische eieren, (Os) ovipaar met broedzorg (vb muilenbroeders), (Ov) ovipaar met adhesive eieren (aan substraat of vegetatie) en (V) vivipaar. Naargelang de voortplantingswijze stellen vissen andere habitateisen.

We verwachten dat de draagkracht van het systeem voor vissen met betrekking tot het voedselaanbod vooral wordt bepaald door het aanbod aan primaire en secundaire consumenten: het zoöplankton (Hoofdstuk 6.4), het epi- en hyperbenthos (Hoofdstuk 6.5) en het macrozoöbenthos (Hoofdstuk 6.6). Dit voedselaanbod wordt dan weer mede bepaald door de aanwezige habitats. De laagdynamische ondiepwatergebieden worden een belangrijke functie voor vis toegedicht, en dan vooral in de zout-zoet overgang. Hier sterft heel wat plankton af waarop de aasgarnaal predeert, die dan weer prooi is voor garnaal en vis.

Het aanbod aan vis in het estuarium bepaalt op zijn beurt mede de draagkracht van het estuarium voor de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de Bruinvis (*Phocoena phocoena*), beiden soorten uit de Habitatrichtlijn (Hoofdstuk 6.9. Zoogdieren) en voor een groot aantal piscivore vogels (Hoofdstuk 6.8. Vogels); waaronder een aantal soorten uit de Vogelrichtlijn zoals Zwartkopmeeuw (*Larus melanocephalus*), Grote stern (*Sterna sandvicensis*), Visdief (*Sterna hirundo*), Dwergstern (*Sterna albifrons*) en Fuut (*Podiceps cristatus*) (LNV, 2006).

Daarnaast bepaalt dit aanbod het rendement van de estuariene visserij en van de visserij in de Noordzee voor soorten waarvan de juvenielen in het estuarium opgroeien (kraamkamerfunctie van het estuarium). Vissoorten die ten minste een gedeelte van hun levenscyclus in het Schelde estuarium volbrengen en van commercieel belang zijn, zijn onder andere Spiering (*Osmerus eperlanus*), Haring (*Clupea harengus*), Bot (*Platichthys flesus*), Sprot (*Sprattus sprattus*), Schol (*Pleuronectes platessa*), Paling (*Anguilla anguilla*), Tong (*Solea solea*), Schar (*Limanda limanda*) en Zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) (Werkgroep Westerschelde, 2000; Breine 2009).

Een groot aantal abiotische parameters kan invloed hebben op de visgemeenschappen, maar door de diversiteit aan habitats, verblijfgebieden en voedingswijzes, kunnen veranderingen en/of verstoringen locale effecten hebben en specifieke soorten en/of groepen beïnvloeden. De meeste vissen blijken zeer gevoelig te zijn voor lage zuurstof concentraties (Hoofdstuk 4.2. Zuurstofgehalte). Tot op zekere hoogte kunnen vissen ongunstige omstandigheden als hypoxische omstandigheden ontwijken, maar niet alle soorten zijn daar even succesvol in (vb. Bot). Wanneer gehele zones een lage zuurstofconcentratie kennen, zullen de residente soorten aldaar niet meer aan zuurstoftekort kunnen ontkomen. Voor trekvisserij betekent een hypoxische zone een barrière op hun trekroute, waardoor ze eventueel geschikt paaihabitat niet kunnen bereiken en zich niet kunnen voortplanten. Een zeer gevoelige soort voor lage zuurstof concentraties is de Fint (*Alosa fallax*; Maes et al., 2008), tevens een 'Natura2000 soort' waarvoor instandhoudingsverplichtingen gelden. Andere soorten die sterk op zuurstof reageren zijn de Spiering en de Bot (Maes et al., 2005b; 2007). De watertemperatuur kan één van de oorzaken zijn van verslechterde zuurstof condities (Hoofdstuk 4.5. Temperatuur). Een structureel verhoogde temperatuur kan er tevens voor zorgen dat bepaalde inheemse 'koudwatersoorten' competitief minder scoren ten opzichte van frequent in de Schelde opduikende exoten, zoals soorten die populair zijn bij aquariumhouders of soorten die zijn aangevoerd via ballastwater. Temperatuur bepaalt eveneens de migratie- en paaiperiode voor vele soorten. Daardoor migreren en paaien soorten op verschillende tijdstippen (Riemersma, 1994). De Noord-Atlantische oscillatie (NAO, een maatstaf voor het verschil in luchtdruk tussen de depressie bij IJsland en het hogedrukgebied bij de Azoren) verklaart bijvoorbeeld een groot aandeel van de variatie in de samenstelling, abundantie en groei van juveniel mariene soorten tijdens hun estuariene residentieperiode (Attrill & Power, 2002). Variatie in het temperatuurverschil tussen het estuarium en de zee wordt hiervoor als mogelijk mechanisme aangegeven. Ook verontreinigingen kunnen een grote invloed hebben op de soortensamenstelling van de visgemeenschappen daar er tussen soorten grote verschillen in gevoeligheid bestaan voor verschillende toxische stoffen (Hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen).

Verschillende vissoorten bezetten verschillende niches en zijn afhankelijk van een diversiteit aan biotopen voor het volbrengen van hun levenscyclus. Verschuivingen in het habitat aanbod kunnen leiden tot verschuivingen in de visgemeenschappen. Hierbij spelen eigenlijk alle habitat bepalende parameters een rol. Men kan er van uit gaan dat veranderingen in de bathymetrie (Hoofdstuk 3.3), saliniteit (Hoofdstuk 4.6), stroomsnelheid en/of dynamiek (Hoofdstuk 3.2) en bodemgesteldheid (Hoofdstuk 3.3) grote effecten kunnen hebben op de aanwezige visgemeenschappen. Voor benthische en demerse soorten heeft de habitat areaal verdeling een grote invloed (Hoofdstuk 5.2). Voor soorten die in verschillende levensstadia andere habitatbehoeften kennen is connectiviteit van essentieel belang. Dit geldt het sterkst voor trekvis, maar ook voor soorten die periodiek naar andere biotopen migreren om te foerageren of op te groeien. Barrières kunnen ontstaan door ongunstige fysisch-chemische omstandigheden maar ook door constructies als sluizen en waterwerken.

Voor een aantal vissoorten gelden instandhoudingverplichtingen in de zin van de Habitatrichtlijn. Dit zijn de Zeepril (H1095, *Petromyzon marinus*), de Rivierpril (H1099, *Lampetra fluviatilis*), de Fint (H1103, *A. fallax*), de Kleine modderkruiper (H1149, *Cobitis taenia*) en de Bittervoorn (H1134, *Rhodeus sericeus amarus*) (Vlaamse regering, 2001; LNV, 2006).

6.7.2. Indicatoren

Met betrekking tot de implementatie van de Kaderrichtlijnwater zijn een aantal grondige studies uitgevoerd naar vissen als kwaliteitsindicatoren, ook voor Vlaanderen en Nederland (Breine et al., 2007; Kranenborg & Jager, 2008; Speybroek et al., 2008; Breine, 2009). Deze studies hebben zich tevens gericht op de gebruikte methodieken in de ons omliggende landen en stellen indicatoren voor de verschillende zones binnen estuaria voor. Al deze studies besluiten dat evaluatie van de visgemeenschappen op basis van meerdere indicatoren moet gebeuren. Juist door het grote aantal gebruikersfuncties, benodigdheden, levensstrategieën en gevoeligheden van de vissoorten kan de combinatie van een behoorlijk aantal indicatoren voor vissen een goede beoordeling van het ecosysteem functioneren opleveren. De Nederlandse en Belgische maatlatten voor de KRW verschillen in meerdere opzichten. De Nederlandse methode maakt gebruik van ankerkuil en boomkor als vistuig en beoordeelt in principe het volledige estuarium. De Belgische methode gebruikt de dubbele schietfuis als vistuig en beoordeelt elke saliniteitszone apart. Daarnaast wordt maandelijks gedurende drie uur rond laagwater de vis van de roosters aan de koelwater inlaat van de kerncentrale in Doel gemonitord. Deze resultaten zijn een vinger aan de pols met betrekking tot migratie patronen. Voor deze evaluatiemethodiek op basis van vissen selecteren we een groot aantal indicatoren die hun waarde reeds bewezen, echter wel specifiek voor iedere zone in het estuariene traject. We houden voorlopig rekening met de monitoringprogramma's aan beide zijden van de grens. Mogelijk kan in een later stadium het aantal indicatoren gereduceerd worden na vergelijking van de resultaten van de Vlaamse en de Nederlandse methoden.

Voor de indicatoren die naar soortenaantallen refereren wordt enkel rekening gehouden met de soorten die op de MEP/GEP lijsten staan (Tabel 6.7.2), voor indicatoren die naar aantallen of percentages individuen refereren worden ook de individuen van soorten die niet op de MEP/GEP lijsten staan meegeteld. F achter de indicator betekent dat die berekend wordt op basis van de fuikvangsten, D op basis van boom- of garnalen kor van het Demersal Fishing Survey (DFS) programma, A op basis van Ankerkuilvisserij, K op basis van de monitoring in de kerncentrale van Doel.

1. Totaal aantal soorten: F-D-A-K

Het totaal aantal soorten (MnsTot) wordt berekend per zone. Alle vangsten van één seizoen worden gecombineerd per zone (waterlichaam).

2. Totaal aantal individuen: F-K

Het totaal aantal individuen (MnsInd) wordt berekend per zone. Alle vangsten van één seizoen worden gecombineerd per zone (waterlichaam).

3. Estuarien residente soorten (F-D-A) en individuen (F)

Het totaal aantal estuarien residente soorten (MnsEs) en het aandeel estuarien residente individuen (MpiErs) op het totale visaanbod worden berekend per zone. Alle vangsten van één seizoen worden gecombineerd per zone (waterlichaam).

4. Diadrome soorten (F-D-A) en anadrome individuen (F):

Het totaal aantal diadrome soorten (MnsDia) en het percentage anadrome individuen (MpiAna) op het totale visaanbod worden berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd. De catadrome soorten worden niet meegewogen daar de relatieve abundantie van de paling zo groot is dat de gevoeligheid van de indicator er door vertroebeld zou worden.

5. Mariene seizoensgasten soorten (F-D-A) en individuen (F):

Het totaal aantal soorten mariene seizoensgasten (MnsMms) en het aandeel individuen (MpiMms) op het totale visaanbod worden berekend per zone. Alle vangsten van één seizoen worden gecombineerd per zone (waterlichaam).

6. Marien juveniel migrerende soorten (F-D-A) en individuen (F)

Het totaal aantal marien juveniel migrerende soorten (MnsMjm), en percentage marien juveniel migrerende individuen (MpiMjm), ook wel die soorten waarvoor het estuarium fungeert als een kinderkamer, op het totale visaanbod wordt berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

7. Benthische soorten en individuen (F):

Het totaal aantal benthische soorten (MnsBen) en het aandeel benthische individuen (MpiBen) op het totale visaanbod worden berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

8. Habitatgevoelige soorten en individuen (F):

Habitat gevoelige soorten zijn soorten die gevoelig zijn aan verstoring van habitatstructuur zoals baggeren en kanalisatie. Door de structuurverandering komt hun voortplanting in het gedrang doordat nesten worden vernietigd of paaiplaatsen onbereikbaar worden (Breine, 2009). Het totaal aantal habitatgevoelige soorten (MnsHab) en het aandeel habitatgevoelige individuen (MpiHab) op het totale visaanbod worden berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

9. Habitatfragmentatie gevoelige soorten en individuen (F):

Het aantal habitatfragmentatie gevoelige soorten (MsnFra) en aandeel individuen (MpiFra) op het totale visaanbod wordt berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

10. Gespecialiseerde ei-afzettende soorten en individuen (F):

Voor de evaluatie van voortplantingsmogelijkheden voor vissen in het estuarium worden niet de voortplantingsgilden gebruikt maar per saliniteitszone worden enkele soorten met speciale voortplantingseisen aangeduid als indicator voor de kwaliteit van het estuarium als paaihabitat (Breine *et al.*, 2004; 2007; 2010) waterlichaam Tabel 6.7.1: Voortplantingseisen). Het totaal aantal gespecialiseerde ei-afzettende soorten (MnsSpa) en het aandeel gespecialiseerde ei-afzettende individuen (MpiSpa) op het totale visaanbod worden berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

11. Verontreiniging intolerante soorten en individuen (F):

De verontreiniging intolerante soorten zijn bepaald op basis van literatuurstudie (Belpaire *et al.*, 2000; Breine *et al.*, 2007; Breine *et al.*, 2010). Het totaal aantal verontreiniging intolerante soorten (MnsInt) en het aandeel verontreiniging intolerante individuen (MpiInt) op het totale visaanbod wordt berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

12. Piscivore soorten en individuen (F):

Het totaal aantal piscivore soorten (MnsPis) en het aandeel piscivore individuen (MpiPis) op het totale visaanbod worden berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

13. Omnivore individuen (F):

Het aandeel omnivore individuen (MpiOmn) op het totale visaanbod wordt berekend per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

14. Abundantie + Lengte verdeling van Spiering en Fint (A):

Als indicator voor de abundantie van de anadrome vissen wordt het aantal Spieringen en Finten per standaard vangst berekend per zone waarbij onderscheid wordt gemaakt in 0+ (juvenile fractie), subadulte en adulte exemplaren. De grens wordt gelegd bij een lengte van respectievelijk 7 en 10cm voor de Spieringen en respectievelijk 11 en 23cm voor de Finten.

15. Abundantie Bot (A) en Puitaal (D):

Als indicator voor de abundantie van de estuarien residente soorten worden het aantal Botten en het aantal Puitaalen per standaard vangst berekend per zone.

16. Abundantie Haring (A) en Schol (D):

Als indicator voor de kraamkamerfunctie van het estuarium worden het aantal Haringen en het aantal Schollen per standaard vangst berekend per zone.

17. Seizoenale dynamiek van marien-estuariene vissen (K):

Het uitgesproken seizoenaal karakter in de soortensamenstelling van de marien-estuariene visgemeenschap in Doel duidt op de jaarrond goede invulling van de foerageer- en kinderkamerfunctie. Als indicator wordt voor iedere soort de piekmaand in Doel geëvalueerd voor elke soort die volgens tabel 6.7.1 een specifieke piekmaand vertoont

18. Natura 2000 soorten (F-D-A-K)

Op een aantal soorten rusten instandhoudingsdoelen in de zin van de Habitatrichtlijn. Voor elke zone gelden andere bepalingen. Het totaal aantal beschermde individuen wordt berekend per soort en per zone waarbij alle vangsten van één seizoen per zone (waterlichaam) worden gecombineerd.

Tabel 6.7.1. Belang van de Natura 2000 gebieden in het Schelde-estuarium voor vissoorten van Habitatrichtlijn bijlagen: X belangrijk, XX zeer belangrijk, XXX essentieel.

		Vlakte van de Raan	Westerschelde en Saeftinghe	Schelde-en Durme-estuarium	Vallei van de Kleine Nete	Bovenloop van de Grote Nete
<i>Alosa fallax</i> (H1103)	Fint	X	X	XXX	XXX	
<i>Lampetra fluviatilis</i> (H1099)	Rivierprik	X	X	XXX	XX	
<i>Petromyzon marinus</i> (H1095)	Zeeprik	X	X			
<i>Cobitis taenia</i> (H1149)	Kleine modderkruiper			XX	XXX	X
<i>Cottus gobio</i> (H1163)	Rivierdonderpad				XX	
<i>Lampetra planeri</i> (H1096)	Beekprik				XX	XX
<i>Misgurnus fossilis</i> (1145)	grote modderkruiper				X	
<i>Rhodeus sericeus</i> (H1134)	Bittervoorn			XX	X	X

6.4.3. Spatieel en temporeel bereik

De evaluatie van de indicatoren binnen de evaluatiemethodiek Vissen vindt plaats op niveau 3 (zie hoofdstuk 2), met in ieder segment ten minste één monsterlocatie. De ankerkuil visserij opnames worden in principe op 3 locaties uitgevoerd die representatief zijn voor respectievelijk de polyhaliene (nabij Paulinapolder), mesohaliene (nabij de plaat van Walsoorden) en oligohaliene zone. Tot nog toe echter, ontbrak een bemonsteringscampagne in de oligohaliene zone (Figuur 6.7.2). Bemonsteringen gebeuren in het voorjaar (mei) en in het najaar (september). De boomkor opnames (DFS) worden uitsluitend over vrijwel de volledige Westerschelde uitgevoerd en vinden eens per jaar plaats, in het najaar. De huidige monitoring bestaat uit 34 boomkortrekken verdeeld over 3 dieptestrata, wat voldoende resolutie geeft om de bijbehorende indicatoren te berekenen. De fuikbemonsteringen gebeuren in voorjaar, zomer en herfst. Er wordt gebruikt gemaakt van telkens twee dubbele schietfuiken per locatie (Figuur 6.7.2). Daarnaast wordt maandelijks in de kerncentrale van Doel maandelijks bemonsterd aan de koelwaterinlaat.

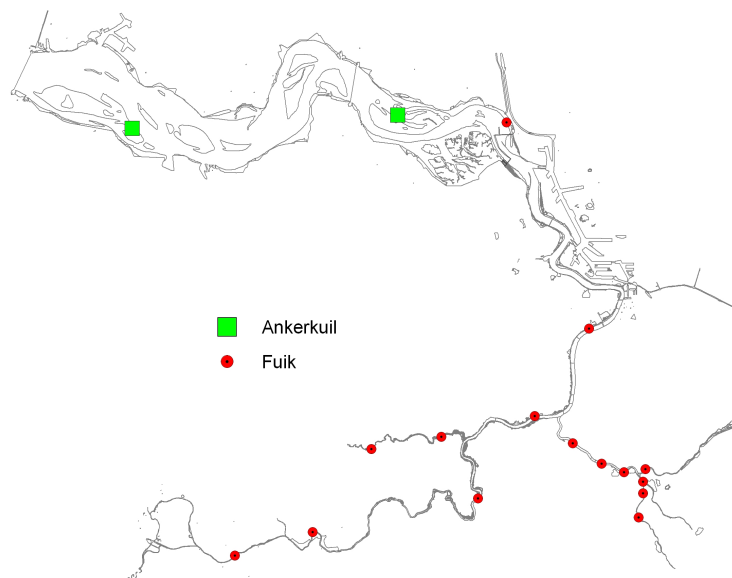
Om de Nederlandse KRW maatlat te implementeren is er ook nog een ankerkuillocatie in de oligohaliene zone nodig. Het valt eveneens te overwegen om de schietfuikmonitoring ook door te trekken naar Nederland wat dan 3 extra monsterlocaties zou vereisen (Westerschelde brak, Westerschelde zout, Vlakte van Raan). Dat zou een vergelijking toelaten van monitoringstechnieken en de resulterende evaluatie. De demersale opnames met de boomkor worden momenteel ook al uitgevoerd in de Vlakte van Raan (onderdeel van de DFS opnames voor de Noordzee door Wageningen IMARES). Gezien het belang van het gebied voor juveniele platvissen, haring en kabeljauw ([Werkgroep Westerschelde, 2000](#)) is het aan te bevelen die gegevens in de evaluatie betrekken.

Het monitoringsprogramma levert voor iedere indicator jaarlijks een waarde op per segment. Hiermee kan de situatie ten tijde van de evaluatie (de voorafgaande 6 jaar) worden vergeleken met een referentie dan wel kan de T_x worden vergeleken met T_0 . Tevens kan er een trendanalyse worden uitgevoerd, op T_x aangevuld met een trendbreukanalyse indien indicaties aanwezig zijn.

Tabel 6.7.2. Referentielijst voor vissen in het Schelde estuarium (Breine 2009). De Natura 2000 code is weergegeven voor soorten waarop in het gebied instandhoudingsplicht rust in de zin van de Habitatrichtlijn. Soorten in vetjes weergegeven zijn opgenomen in de MEP en/of GEP lijst in de zin van KRW in één of meerdere zones van het estuarium. **(MEP/GEP): Estuaries gebruik groep:** A anadroom, C catadroom, Es estuarien resident, F zoetwatersoort (*=exotische soort), Mj marien juveniel, Ms mariene seizoensgast, M mariene dwaalgast. Voor Driedoornige stekelbaars bestaan 2 morfologische varianten. **Piekmaand in Doel:** maand waarin de grootste aantallen van de betrokken soort verwacht wordt ter hoogte van Doel. **Lichte verschuivingen mogelijk door klimatologische omstandigheden.** **Habitat:** D op de bodem en in de waterkolom, B op de bodem, P in de waterkolom. **Trofische groep:** B eet zoobenthos, F eet vis, Z eet zooplankton, P eet plankton, De eet detritus, O omnivoor, V vertivoor. **Voortplantingsstrategie:** Ob bentisch eieren, , Op pelagische eieren, Ov eieren vastgehecht, Og broedzorg op nest Os broedzorg in mond of broedzak, V levendbarend. **Voortplantingseisen:** indicator is relevant in M mesohalien, O oligohalien of F zoetwater. **Habitatgevoeligheid:** F fragmentatiegevoelig, H gevoelig voor habitat aanbod. **Vervuilinggevoeligheid:** I intolerant, T tolerant.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Estuaries gebruik groep	Piekmaand in Doel	Habitat	Trofische groep (Juveniel)	Trofische groep (Adult)	Reproductiestrategiegroep	Voortplantingseisen	Habitatgevoeligheid	Vervuilinggevoeligheid	MEP Westerschelde	MEP Mesohaliene zone	MEP Oligohaliene zone	MEP zoetwater zone	MEP zijrivieren	GEP Mesohaliene zone	GEP Oligohaliene zone	GEP Zoetwater zone	GEP zijrivieren
<i>Acipenser sturio</i>	Atlantische steur	A		D	B	BF	Ov				X	X	X	X	X				
<i>Alosa alosa</i>	Elft	A		P	P	BF	Ob				X	X	X	X	X				
<i>Alosa fallax (H1103)</i>	Fint	A	5	P	P	BF	Ob	F	F	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Coregonus oxyrinchus</i>	Houting	A		P	BZ	BZ	Ob			I	X								
<i>Lampetra fluviatilis (H1099)</i>	Rivierprik	A	2	B	B	F	Ob	F	F/H	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Osmerus eperlanus</i>	Spiering	A	7	P	B	BF	Ob	F	F	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Petromyzon marinus (H1095)</i>	Zee-prik	A		D	B	F	Ob	MOH	F/H	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Salmo salar</i>	Zalm	A		P		F	Ob				X	X	X	X	X				
<i>Salmo trutta</i>	Zeeforel	A		P	B	BF	Ob		F	I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Driedoornige stekelbaars	A/F	2	P	BZ	BZ	Og	F	F/H	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Anguilla anguilla</i>	Paling	C	4/8	B	O	O	Op		F	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Liza ramado</i>	Dunlipharder	C		P	P/De	De/O	Op			I	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Agonus cataphractus</i>	Harnasmannetje	Es		B	B	B	Ov				X	X							
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleine zandspiering	Es	4	B	P	P	Ob				X	X							
<i>Aphia minuta</i>	Glasgrondel	Es		P	P	P	Os				X				X				
<i>Liparis liparis</i>	Slakdolf	Es		B	B	B	Ov			I	X	X			X				
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Zeedonderpad	Es		B	B	BF	Og			T	X	X	X		X	X			
<i>Pholis gunnellus</i>	Botervis	Es		D	B	B	Og				X	X							
<i>Platichthys flesus</i>	Bot	Es	5	B	BZ	BF	Op		F/H	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pomatoschistus microps</i>	Brakwatergrondel	Es	10	B	BZ	B	Og	MO	H		X	X	X	X		X	X		
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Dikkopje	Es	10	B	BZ	B	Og	MO	H		X	X	X			X	X		
<i>Syngnathus acus</i>	Grote zeenaald	Es	10	B	BZ	B/BF	Os	M	H	I	X	X	X		X	X			
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine zeenaald	Es	9	B	P	BZ	Os	M	H	I	X	X	X		X	X			
<i>Zoarcetes viviparus</i>	Puitaal	Es		B	BZ	B	V	M	H		X	X	X		X	X			
<i>Gobius niger</i>	zwarte grondel	Es		B		B/BF	Og												
<i>Hippocampus guttulatus</i>	Zeepaardje	Es		P		B/BF	Os												
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Kortsnuitzeepaardje	Es		P		B	Os												
<i>Raniceps raninus</i>	Vorskwab	Es		D		BF	Op												
<i>Spinachia spinachia</i>	Zeestekelbaars	Es		D		BZ	Og												
<i>Nerophis ophidion</i>	Zeenaald sp.	Es		D	B	BZ	Os												
<i>Chelidonichthys lucernus</i>	Rode poon	Mj	6	D	BZ	BF	Op		H		X	X			X				
<i>Clupea harengus</i>	Haring	Mj	12	P	P	P	Ov			T	X	X	X		X	X			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Zeebaars	Mj	9	D	BZ	BZ/BF	Op			T	X	X	X		X	X			
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljauw	Mj	12	D	BZ	BZ/BF	Op			I	X	X							
<i>Limanda limanda</i>	Schar	Mj	11	B	B	B/BF	Op				X	X							
<i>Merlangius merlangus</i>	Wijting	Mj	11	D	B	BF	Ob		H	T	X	X			X				
<i>Pleuronectes platessa</i>	Schol	Mj	5	B	B	B	Op		H		X	X			X				
<i>Psetta maxima</i>	Tarbot	Mj		B		BF	Op				X	X							
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Griet	Mj	11	B	BZ	BF	Ob				X	X							
<i>Solea solea</i>	Tong	Mj	7	B	BZ	B	Op		H	I	X	X	X		X	X			

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Estuarien gebruik groep	Piekmaand in Doel	Habitat	Trofische groep (Juvéniel)	trofische groep (Adult)	Reproductiestrategiegroep	Voortplantingseisen	Habitatgevoeligheid	Vervuilinggevoeligheid	MEP Westerschelde	MEP Mesohaliene zone	MEP Oligohaliene zone	MEP Zoetwater zone	MEP zijrivieren	GEP Mesohaliene zone	GEP Oligohaliene zone	GEP Zoetwater zone	GEP zijrivieren
<i>Atherina presbyter</i>	Grote koornaarvis	Ms	7	P	P	P/B	Ov				X								
<i>Belone belone</i>	Geep	Ms		P		F					X	X							
<i>Chelon labrosus</i>	Diklipharder	Ms		D		De	Op				X	X							
<i>Ciliata mustela</i>	Vijfdradige meun	Ms	12	B	BZ	B	Op		H	T	X	X							
<i>Cyclopterus lumpus</i>	Snotolf	Ms		B		BZ	Og				X	X							
<i>Dasyatis pastinaca</i>	Pijlstaartrog	Ms		B		B					X								
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Ansjovis	Ms	9	D	BF	P	Op				X	X				X			
<i>Pomatoschistus lozanoi</i>	Lozano's grondel	Ms	10	B	BZ	B/BZ	Og				X								
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprot	Ms	11	P	P	P	Op				X	X	X			X	X		
<i>Trisopterus luscus</i>	Steenbolk	Ms	7	D	B	B/BF	Op				X	X	X			X	X		
<i>Abramis brama</i>	Brasem	F		B	P	B	Ov			T			X	X	X		X	X	X
<i>Alburnus alburnus</i>	Alver	F		P	P	O	Ov						X	X					
<i>Barbatula barbatula</i>	Bempje	F		P		B	Og		H	I					X				
<i>Blicca bjoerkna</i>	Kolblei	F		D	P	O	Ob			T			X	X	X		X	X	X
<i>Carassius carassius</i>	Kroeskarper	F		P	BZ	O	Ov		H	T			X	X			X	X	
<i>Cobitis taenia (H1149)</i>	Kleine modderkruiper	F		B	B	B	Ov								X				X
<i>Cottus gobio (H1163)</i>	Rivierdonderpad	F		B		B	Og						X	X					
<i>Esox lucius</i>	Snoek	F		D	BZ	VF	Ov	F	F/H	I			X	X	X		X	X	X
<i>Gobio gobio</i>	Riviergrondel	F	10	B	B	B	Ov								X				X
<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Pos	F		B	BZ	B	Ov		H	T	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lampetra planeri (H1096)</i>	Beekprik	F		D	P	-	Ob								X				
<i>Leucaspis delinatus</i>	Vetje	F		P		B	Og								X				
<i>Leuciscus cephalus</i>	Kopvoorn	F		P	BZ	O	Ov								X				
<i>Leuciscus idus</i>	Winde	F		P	BZ	BF	Ov		F	I			X	X	X		X	X	X
<i>Leuciscus leuciscus</i>	Serpeling	F		P	B	B	Ob								X				
<i>Lota lota</i>	Kwabaal	F		B	B	F	Ob				X	X	X	X					
<i>Misgurnus fossilis (1145)</i>	grote modderkruiper	F		B	B	B	Ov		H	T			X	X	X		X	X	X
<i>Perca fluviatilis</i>	Baars	F		P	B	BF	Ov			T	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phoxinus phoxinus</i>	Elrits	F		P	B	B/V/H	Ob			I					X				
<i>Pungitius pungitius</i>	Tiendornige stekelbaars	F	1	D	BZ	B	Og	F	F/H	T			X	X	X		X	X	X
<i>Rhodeus sericeus (H1134)</i>	Bittervoorn	F		B	P	BZ	Og		F/H	T			X	X	X		X	X	X
<i>Rutilus rutilus</i>	Blankvoorn	F		P	O	O	Ov			T			X	X	X	X	X	X	X
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Rietvoorn	F		P	O	O	Ov		H	T			X	X	X		X	X	X
<i>Siluris glanis</i>	Europese meerval	F		B	BZ	VF	Og	F	F	T			X	X	X		X	X	X
<i>Tinca tinca</i>	Zeelt	F		D	P	B	Ov								X				X
<i>Sander lucioperca</i>	Snoekbaars	F*		D	BZ	BF	Og			T						X	X	X	
<i>Carassius gibelio</i>	Giebel	F*		P		O	Ob												
<i>Cyprinus carpio</i>	Karper	F*		D		O	Ov												
<i>Lepomis gibbosus</i>	Zonnebaars	F*		P		B	Og												
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Regenboogforel	F*		P		O	Ob												
<i>Pseudorasbora parva</i>	Blauwbandgrondel	F*		D		B	Ob												
<i>Arnoglossus laterna</i>	Schurftvis	M		B															
<i>Buglossidium luteum</i>	Dwergtong	M		B		B	Op												
<i>Callionymus lyra</i>	Pitvis	M		D		B	Op												
<i>Echiichthys vipera</i>	Kleine pieterman	M		B		BF	Op												
<i>Entelurus aequoreus</i>	Adderzeenaald	M		D		BZ	Os												
<i>Eutrigla gurnardus</i>	grauwe poon	M		D		B	Op												
<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>	Hondstong	M		B															
<i>Hippoglossus hippoglossus</i>	Heilbot	M		B															
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	grote zandspiering	M		D	Z	F	Ob												
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Schelvis	M		D		O													
<i>Mullus surmuletus</i>	Mul	M		D		B	Op												
<i>Pollachius pollachius</i>	Pollak	M		D		F													
<i>Pomatoschistus pictus</i>	geklekte grondel	M		B		B	Ob												
<i>Raja clavata</i>	Stekelrog	M		B															
<i>Sardina pilchardus</i>	Sardien	M		P		P													
<i>Scomber scombrus</i>	Makreel	M		P		BF	Op												
<i>Trachinus draco</i>	Grote Pieterman	M		D			Op												
<i>Trachurus trachurus</i>	Horsmakreel	M		P		BF	Op												
<i>Trigloporus lastoviza</i>	Gestreepte poon	M		D		BF													
<i>Trisopterus minutus</i>	Dwergbolk	M		D		BF													



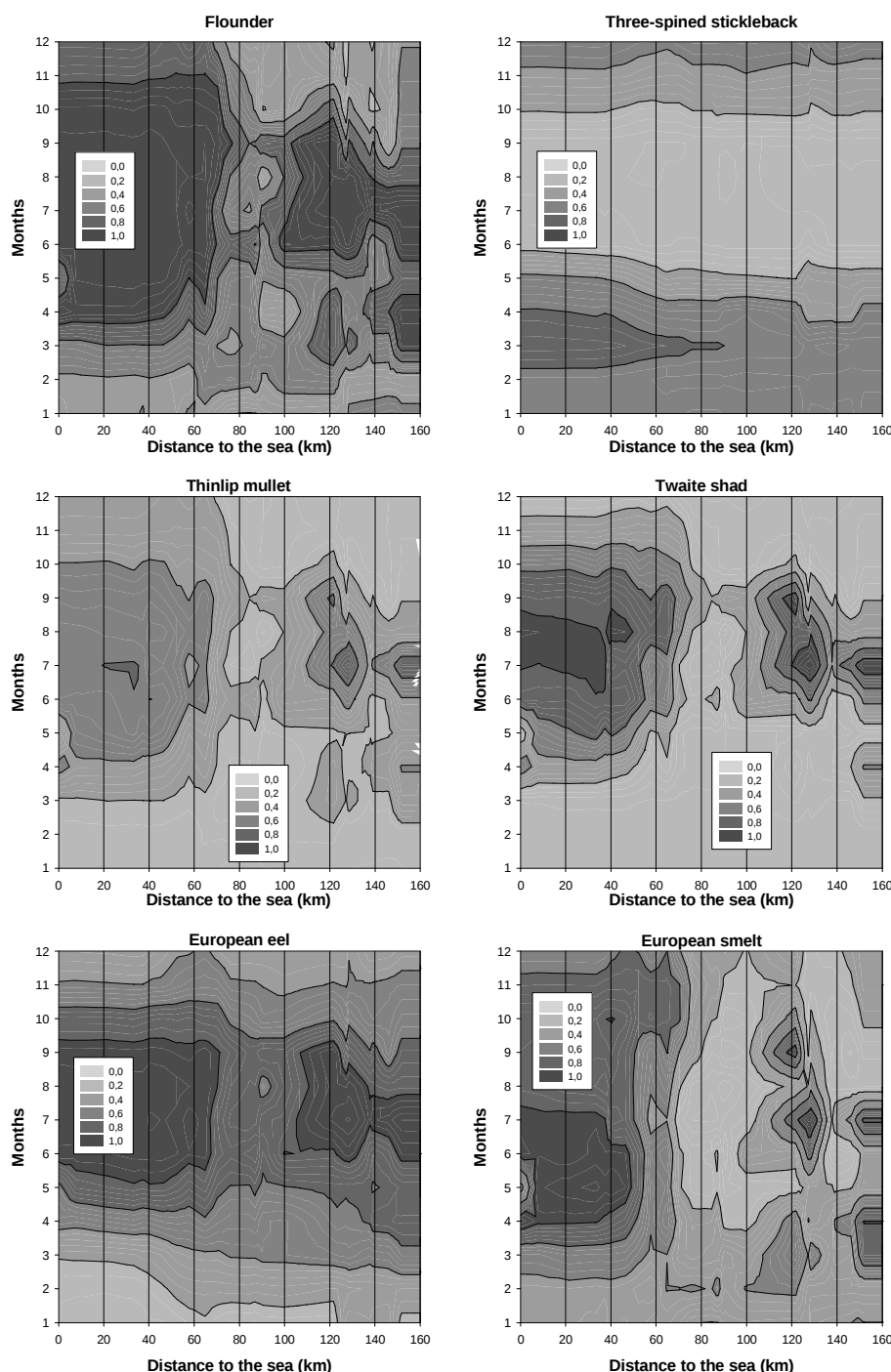
Figuur 6.7.2. Visbemonsteringslocaties met ankerkuil en dubbele schietfuik in het Schelde-estuarium.

6.7.4. Benodigdheden

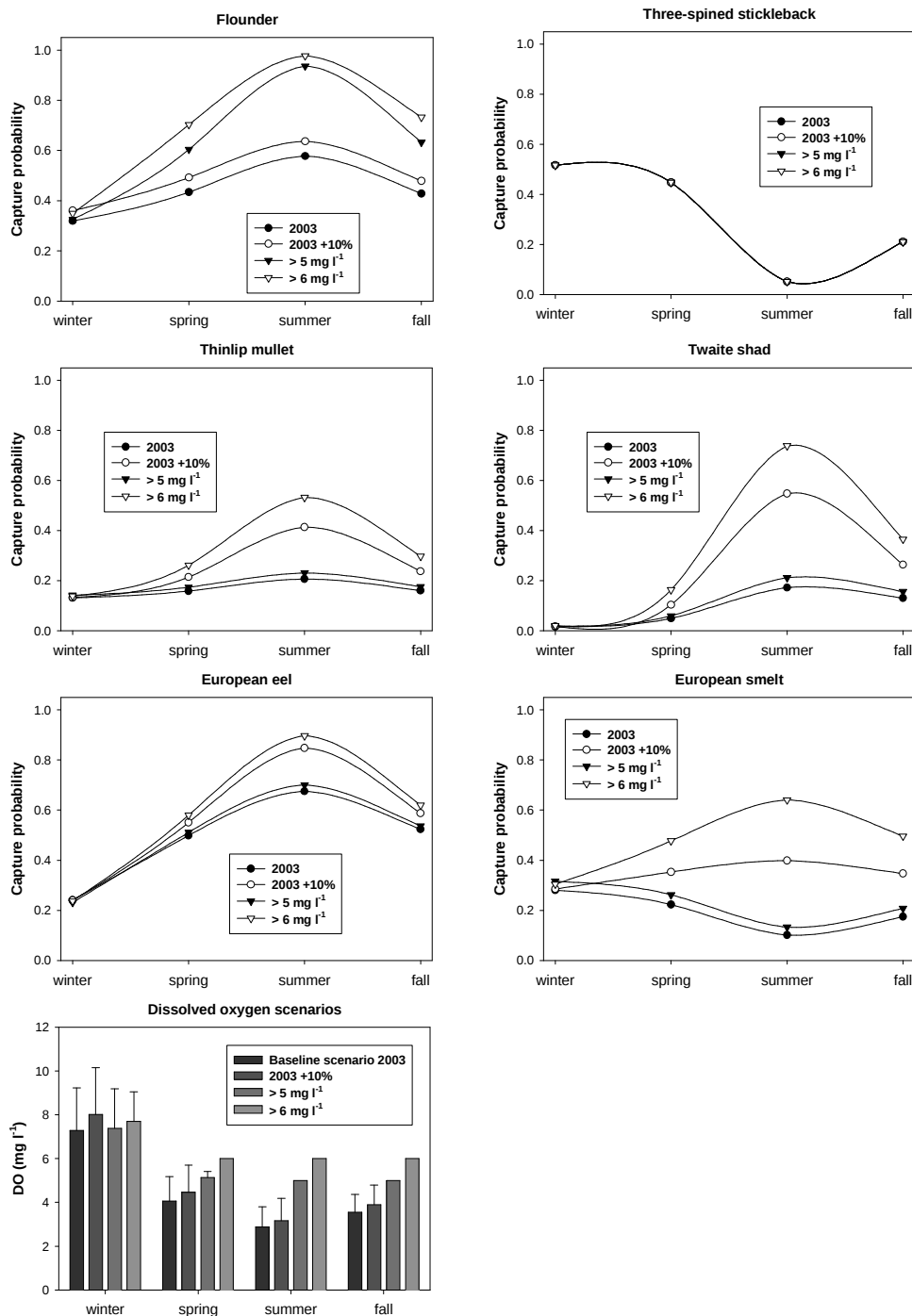
Zoals reeds aangegeven wordt de voor deze evaluatie benodigde vismonitoring grotendeels reeds uitgevoerd in bestaande monitoringprogramma's behalve dan de ankerkuil in het oligohaliene. Er dient te worden bekeken of de huidige monitoringintensiteit in het kader van de DFS (uitgevoerd door Wageningen IMARES) voldoet om een goed beeld te krijgen van de Vlake van Raan (Hoskens & Moulaert, 2006). Daarnaast is tenminste tijdelijk een overlap van de Nederlandse en de Vlaamse monitoringprogramma's en evaluatiemethoden gewenst om beide methoden te 'interkalibreren'.

De vissenindicatoren zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren gemiddelde dynamiek (lineaire stroomsnelheid en orbitaalsnelheid) (hoofdstuk 3.2. Morfologische diversiteit), jaargemiddelde temperatuur en lengte periode met temperatuur boven de 12 °C (hoofdstuk 4.5. Temperatuur), jaargemiddelde saliniteit en saliniteitsvariatie (standaard deviatie) en gemiddelde areaal zoet, oligohalien, mesohalien, polyhalien, euhalien (begrenzungen respectievelijk bij saliniteit van 0.5, 5, 18 en 30 per jaar (hoofdstuk 4.6. Saliniteit en 5.2 Habitat areaal verdeling), jaargemiddelde zuurstofconcentratie en minimum zuurstofconcentratie (hoofdstuk 4.2. Zuurstofgehalte), jaargemiddelde en maximum concentraties aan toxische stoffen in de bodem en de waterkolom (hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen), areaal aan ondiep subtidaal (hoofdstuk 5.2. Habitat areaal verdeling), jaargemiddelde zoöplanktonbiomassa (hoofdstuk 6.4. Zoöplankton), jaargemiddelde hyperbenthosbiomassa (hoofdstuk 6.5. Epi- en hyperbenthos), jaargemiddelde macrozoöbenthosbiomassa, biomassa schelpdieren subtidaal en schelpdieren areaal subtidaal (hoofdstuk 6.6. Macrozoöbenthos), aantallen visetende vogels (hoofdstuk 6.8. Vogels), aantallen zeehonden en bruinvissen (hoofdstuk 6.9. Zoogdieren), aantal tonnen gelande vis afkomstig uit Westerschelde en Vlake van de Raan (Visserijgegevens), overzicht waterwerken (sluizen inclusief uitwisselingstijden, barrages, vistrappen, ed.), overzicht bodemverstorende activiteiten inclusief verstoord oppervlak (verdieping, zandsuppletie, oeververdediging, ed.). Voor alle factoren zijn de gegevens voor evaluatie op schaalniveau 3 benodigd, met uitzondering van biomassa

schelpdieren subtidaal, schelpdieren areaal subtidaal, aantallen zeezoogdieren, visserijgegevens, en waterwerken overzicht waar de informatie per segment op niveau 2 voldoet.



Figuur 6.7.3. Gemodelleerde spatio-temporele vangstkans voor Bot (Flounder), Driedoornige stekelbaars (Threespined stickleback,) Dunlipharder (Thinlip mullet), Fint (Twaite shad), Paling (European eel) en Spiering (European smelt) onder de in 2003 heersende milieuomstandigheden. Indien uitgegaan wordt van 50% vangstkans was er in 2003 enkel voor de Paling geen probleem. Voor Bot, Dunlipharder, Fint en Spiering doen de problemen zich vooral voor in de buurt van Antwerpen (km 80).



Figuur 6.7.4. Scenariomodellering voor vangstkansen van Bot, Driedoornige stekelbaars, Dunlipharder, Fint, Paling en Spiering tussen km 80 en 100. Gebruikte scenario's zijn de waterkwaliteit in 2003, 10% verbetering tov 2003 en jaarrond nooit minder dan 5 en 6 mg/l opgeloste zuurstof. Winter: dec-feb, lente: maart-mei, zomer:juni-augustus, herfst: september-november. Het staafdiagram vergelijkt de seizoengemiddelde opgeloste zuurstofconcentratie voor de verschillende scenario's.

De gemiddelde biomassa aan vis en specifiek aan platvis zal worden gebruikt voor de evaluatie van zoöplankton, hyperbenthos, macrozoöbenthos, vogels en zoogdieren op schaalniveau 2.

Vissen nemen een centrale plaats in het estuariene voedselweb door hun belangrijke rol als consumenten maar ook als prooi voor hogere trofische niveaus. Door hun soortspecifieke gebruik van het estuarium op velerlei manieren en de gevoeligheid voor diverse veranderingen en verstoringen is de evaluatie van de vissen via een groot aantal indicatoren belangrijk voor de systeemevaluatie. Bijvoorbeeld de minimale zuurstofconcentratie over het gehele traject van het Schelde-estuarium is bepalend voor potenties voor vispopulaties, en in het bijzonder voor trekvis die goede condities in het volledige estuarium nodig hebben om er hun levenscyclus te volbrengen. Figuur 6.7.3 geeft een beeld van migratiemogelijkheden, uitgedrukt in vangstkans in een fuik over een periode van 24 u voor Bot, Driedoornige stekelbaars, Dunlipharder, Fint, Paling en Spiering in de heersende milieuomstandigheden van 2003. De grootste problemen situeerden zich toen rond Antwerpen (km 80). Figuur 6.7.4 geeft de gemodelleerde vangstkans weer ter hoogte van deze zone in vier verschillende scenario's: de waterkwaliteit zoals die in 2003 was, en de toename van de vangstkans bij 10% verbetering van de zuurstofhuishouding t.o.v. 2003, en jaarrond nooit minder dan 5, respectievelijk 6mg/l opgeloste zuurstof (Breine, 2009).

6.7.5. Beoordeling

De indicatoren zijn afkomstig van Breine (2009), Breine *et al.* (2010) voor de Zeeschelde en van Kranenbarg & Jaeger (2008) voor de Westerschelde. Per indicator wordt aangegeven voor welke zone deze dient te worden berekend. Het valt echter te overwegen om na enkele evaluaties via multivariate methodieken (Breine, 2009) te evalueren of de meest geschikte en onderscheidende indicatoren zijn gekozen per saliniteitszone. De segmenten 1 en 2 vormen samen het polyhalien, 3 en 4 het mesohalien, 5 het oligohalien, 6 en 7 het zoetwater gedeelte en 8 en 9 de zijrivieren (indeling niveau 3). De indicatoren worden berekend als gemiddelden per standaard vangstinspanning per jaar, de indicator seizoensale dynamiek van marien-estuariene vissen uitgezonderd.

De soortensamenstelling van de visgemeenschap in het estuarium, vooral in de poly- en mesohaliene zones hangt nauw samen met de evolutie van de Noord Atlantische oscillatie, een maatstaf voor het verschil in luchtdruk tussen de depressie bij IJsland en het hogedrukgebied bij de Azoren (NAO, Attrill & Power 2002). Vermits deze een impact heeft op de migratiepatronen van mariene soorten is het dan ook noodzakelijk om bij de beoordeling van de indicatoren voor vis rekening te houden met mogelijke invloed gerelateerd aan de heersende NAO index waarden.

1. Totaal aantal soorten (MnsTot):

Het totale aantal soorten wordt in alle saliniteitszones beoordeeld. Een toename van het aantal soorten kan het gevolg zijn van verbeterde zuurstofomstandigheden, zowel meetbaar als een toename van de gemiddelde of de minimum zuurstofconcentratie. Een toename van MnsTot kan veroorzaakt worden door een verandering in het voedselaanbod; wellicht niet direct door een toename van de totale kwantiteit, maar eerder door een verandering waardoor een bepaalde voedselbron die nauwelijks beschikbaar was, dan wel beschikbaar is (zoals ontwikkeling van zoöplankton, epi- en hyperbenthos en/of schelpdieren in zones waar het grotendeels ontbrak, of een toename van de diversiteit van de voedselorganismen). MnsTot kan toenemen doordat visserij activiteiten zijn verminderd en/of de habitatconnectiviteit met betrekking tot waterwerken is verbeterd, de concentraties van verontreinigende stoffen zijn gedaald, dan wel dat er veranderingen in de temperatuur zijn opgetreden. In principe zal MnsTot toenemen bij een afnemende watertemperatuur, maar het is ook mogelijk dat het aantal soorten door lokale opwarming toeneemt door tijdelijke of permanente vestiging van exoten.

Als referentie kan worden aangehouden dat MnsTot overeen komt met 23 soorten voor zowel zijrivieren als zoetwater, 31 soorten voor het oligohalien, 30 soorten voor het mesohalien (Breine, 2009) en 32 soorten voor het polyhalien (Kranenbarg & Jager, 2008).

Zowel Breine als Kranenbarg & Jager houden bij de beoordeling enkel rekening met de soorten die op de MEP/GEP lijsten staan. In principe is de aanwezigheid van elke soort echter een signaal van het ecologisch functioneren. Wij stellen voor om ook soorten die niet op de MEP/GEP lijsten staan mee te nemen in de evaluatie. Herziening van de referentie aantallen kan daarom eventueel nodig blijken in de toekomst.

In principe is iedere toename van het aantal soorten gewenst, tenzij veroorzaakt door opwarming van delen van het systeem of verder verspreiding van exotische soorten.

2. Totaal aantal individuen (MnsInd):

Ook het totale aantal individuen wordt geëvalueerd voor alle saliniteitszones. Een toename van MnsInd wordt voornamelijk verwacht bij een toename van het voedselaanbod (biomassa zoöplankton, epi- en hyperbenthos en/of macrobenthos en schelpdieren in het bijzonder). Ook kan de habitatareaalverdeling invloed hebben op de waargenomen aantallen. Met name een toename van de ondiepe subtidale wateren en van het intertidaal gebied (kraamkamers en foergebied, vb in de ontpolderingen, GGG's en GOG's) kan een positief effect hebben op de totale visaantallen, maar er wordt verwacht dat het effect van habitatareaalveranderingen eerder duidelijk zal worden in de gespecialiseerde groepen die ook als indicator worden gehanteerd (zie verderop), omdat bij een verandering de ene groep mogelijk zal profiteren waar de andere achteruit kan gaan. MnsInd kan ook toenemen wanneer de predatiedruk afneemt. Een afname van het aantal piscivore vogels en/of zeezoogdieren kan een effect hebben. Belangrijker is wellicht nog de impact van visserijactiviteiten waarbij een afname van de visserij een toename van MnsInd tot gevolg kan hebben.

Breine *et al.* (2010) geven als referentie 193 en 200 individuen per standaardvangst per fuik voor respectievelijk de zoetwater en de oligohaliene zone, referenties voor de zijrivieren het mesohalien en het polyhalien dienen nog te worden opgesteld.

Een toename van het totale aantal individuen is gewenst, tenzij ten gevolge van een achteruitgang van de predatiedruk of een explosieve toename van tolerante soorten.

3. Estuariene soorten (MnsEs) en individuen (MpiEs):

Het totaal aantal estuariene soorten zal worden geëvalueerd voor het oligohalien, het mesohalien en het polyhalien. Het aandeel estuariene individuen zal worden geëvalueerd in dezelfde zones. Een toename in het aantal estuariene soorten en/of het aandeel estuariene individuen kan het gevolg zijn van verbeterde habitatomstandigheden ten gevolge van de aanleg van de nieuwe estuariene gebieden. Verder zullen beiden indicatoren profiteren van een afname van de temperatuur en een afname van de concentraties aan toxische stoffen en een toename van het zuurstofgehalte.

Breine *et al.* (2010) geven een referentiewaarde van gemiddeld 7 estuarien residente soorten in het mesohalien en 6 aanwezig in het oligohalien. Het aandeel estuarien residente individuen wordt op 23,3 in het mesohalien en op 19,35 in het oligohalien als referentie gesteld. Voor het gehele estuarium (polyhalien tot en met oligohalien) wordt een referentie gelijk gesteld aan in totaal 13 estuarien residente soorten (Kranenbarg & Jager, 2008). Referentie voor de abundantie aan estuarien residente soorten in deze zone wordt bepaald op basis van de aantallen Puitaal en Bot (zie verder).

Een toename van het aantal estuariene soorten en het aandeel estuariene individuen is gewenst.

4. Diadrome soorten (MnsDia) en individuen (MpiAna):

Het aantal diadrome soorten wordt in alle saliniteitszones geëvalueerd. In de Zeeschelde wordt eveneens het relatieve aantal anadrome individuen geëvalueerd. Als indicator voor de abundantie van diadrome vissen in de Westerschelde worden Spiering en Fint gekwantificeerd (zie verder). Een toename van het aantal diadrome soorten kan het gevolg zijn van een toename van de gemiddelde zuurstofconcentratie of een verhoging van de minimum waargenomen zuurstofconcentratie (verbetering van de zuurstofcondities). Verder speelt de connectiviteit een belangrijke rol, en kan een toename het gevolg zijn van het opheffen van migratiebarrières, zowel longitudinaal naar de bovenstroomse gebieden als lateraal naar de GOG's en GGG's. Het valt te verwachten dat zeker diadrome soorten zullen profiteren van een afname van verontreinigende stoffen.

In het oligohalien, het zoetwater en de zijrivieren zijn bij optimale condities gemiddeld respectievelijk 9 diadrome soorten per fuik aan te treffen. Een referentie voor het aantal anadrome individuen moet nog vastgesteld worden in de verschillende zones van de Zeeschelde, Breine *et al.* (2010) berekenden respectievelijk 30 en 39% diadrome individuen inclusief de palingen in de mesohaline en oligohaliene zone en in het zoetwatergedeelte en de zijrivieren. Kranenbarg & Jager (2008) vermelden 10 diadrome soorten voor hun referentielijst voor het hele estuarium.

Een toename van het aantal diadrome soorten en het aandeel anadrome individuen zal altijd positief beoordeeld worden.

5. Mariene seizoensgasten (MnsMms):

Het aantal soorten mariene seizoensgasten wordt wellicht voornamelijk bepaald door het voedselaanbod, waarbij vooral de diversiteit aan voedselbronnen, het aanbod aan foerageergebieden en de visserij invloeden een rol spelen. MnsMms wordt geëvalueerd voor het oligohalien, mesohalien en polyhalien. Hier dient te worden geëvalueerd of een eventuele toename parallel loopt aan een toename in aanbod aan geschikt habitat, diversiteitstoename in zoöplankton, epi- en hyperbenthos en macrozoöbenthos, dan wel dat de biomassa substantieel is gestegen. Anderzijds kan een wijziging van het aantal soorten mariene seizoensgasten het gevolg zijn van NOA index schommelingen en binnen een bepaald segment kan verschuiving van de saliniteitszones aan de basis liggen.

Voor de Westerschelde is de referentie voor het aantal soorten mariene seizoensgasten 5. Voor de Zeeschelde werd de referentie bepaald voor de marien juveniele en mariene seizoensgasten samen. Aparte referenties dienen nog nader te worden bepaald. Voor het mesohalien worden onder referentiecondities gemiddeld 10 mariene migrerende soorten (Msm en Mjm samen) per fuikvangst verwacht, voor het oligohalien 4 (Breine *et al.*, 2010).

Een toename van het aantal mariene migrerende soorten wordt als positief beoordeeld, tenzij deze plaats vindt in de segmenten 3 en 4 (niveau 3) ten gevolge van een toename van de saliniteit.

6. Marien juveniel migrerende soorten (MnsMjm) en individuen (MpiMjm):

Het aantal marien juveniel migrerende soorten en het bijbehorende aandeel aan individuen wordt geëvalueerd in het volledige estuarium de zijrivieren uitgezonderd. Beiden geven een indicatie van het habitatareaaanbod en het voedselaanbod, en/of de diversiteit daarin. Een toename in MnsMjm kan het gevolg zijn van een verschuiving in

de habitatareaalverdeling of een toename in de diversiteit van het zoöplankton, epi- en hyperbenthos en/of het macrozoöbenthos. Een toename in het MpiMjm is veelal eerder het gevolg van een verandering in de habitatareaalverdeling en/of een toename in de biomassa van bovengenoemde voedselbronnen. Eventueel, een toename van specifiek de schelpdierbiomassa en/of het subtidale schelpdierenareaal.

Het aantal kinderkamersoorten zoals hier bedoeld wordt ter referentie door Kranenbarg & Jager (2008) gesteld op 10. Referenties voor het aantal soorten en bijhorende percentages dienen in de Zeeschelde nog te worden onderscheiden van de mariene seizoensgasten. Abundantie van de marien juvenielen in Westerschelde wordt beoordeeld op basis van de juveniele Schol en Haring (zie verder).

Een toename van beide indicatoren is in principe gewenst, maar een verandering in het habitatareaalaanbod dient bij voorkeur te gaan in de richting van de MEP zoals onder andere beschreven door Van Hoey *et al.* (2007) en Brys *et al.* (2008) tengevolge van de estuariene herstelmaatregelen van uit de OS2010 en het geactualiseerde Sigmaplan, en weergegeven elders in deze evaluatiemethodiek MONEOS (Tabel 6.6.4).

7. Benthische soorten (MnsBen) en individuen (MpiBen):

Een mogelijke toename van het aantal benthische soorten kan wellicht vooral bereikt worden door een vermindering van de bodemconcentraties aan toxische stoffen, dan wel een vermindering van bodemverstoring activiteiten. Echter ook een toename van de zuurstofconcentraties (gemiddeld en/of minimum) kan de oorzaak zijn, en een afname van de gemiddelde dynamiek (stroomsnelheid en orbitaalsnelheid) kan een rol spelen. Naast verontreinigingen heeft ook de habitatbeschikbaarheid een impact op het aandeel benthische individuen. Een toename van MpiBen kan het gevolg zijn van een toename van ondiep subtidaal en intertidaal habitat, bijvoorbeeld door ontpolderingen, de aanleg van GOG's en GGG's. Verder kan het voedselaanbod een rol spelen, en moet er worden gefocust op een toename van de schelpdier biomassa en/of het schelpdierenareaal. Hiermee samenhangend kan ook de predatiedruk (door zeezoogdieren en piscivore vogels), maar vooral de visserijdruk op schelpdieren en/of benthische vissen zelf zijn afgenomen. Er wordt verwacht dat effecten van predatiedruk en/of visserij, die vooral spelen in meso- en polyhalien, ook zichtbaar zullen worden in MnsMjm en MpiMjm. MnsBen en MpiBen zullen dan ook alleen worden geëvalueerd voor de zoetwater segmenten, en MpiBen ook voor de zijrivieren.

Ter vergelijking, voor de zoetwaterreferentie wordt verwacht dat ruim 30 % van de individuen tot benthische soorten behoort (Breine *et al.* (2010), in de zijrivieren is dat ruim 36 % (Speybroek *et al.*, 2008). In zoetwater kunnen onder goede omstandigheden gemiddeld 7 soorten worden aangetroffen.

Een toename van het aantal benthische soorten en/of individuen wordt als positief beoordeeld.

8. Habitatgevoelige soorten (MnsHab) en individuen (MpiHab):

Het aantal habitatgevoelige soorten is uiteraard gerelateerd aan het habitataanbod, en de beschikbaarheid van diverse habitattypes in het bijzonder (habitatdiversiteit). Ook hydrologische veranderingen en habitatverstoring kunnen een effect hebben. Een toename van het aantal habitatgevoelige soorten kan een gevolg zijn van een afname van het verstoorte bodemoppervlak, of een toename van de diversiteit aan dynamiek (stroomsnelheden en orbitaalsnelheden) binnen een segment. Het percentage habitatgevoelige individuen op het totaal kan toenemen met een toename van het ondiepe subtidaal, maar wellicht ook met parameters als aanwezigheid van vegetatie of

een diversiteit aan substraten. Het aantal habitatgevoelige soorten en het percentage habitatgevoelige individuen worden geëvalueerd in de segmenten van de Zeeschelde.

Als referentie kan worden aangehouden dat er gemiddeld zo'n 16 habitatgevoelige soorten in het mesohalien aanwezig kunnen zijn, 14 in het oligohalien en 11 in de zoetwaterzones (Breine *et al.*, 2010). Het bijhorende percentage habitatgevoelige individuen is respectievelijk 53,45 en 48%

Een toename van MnsHab en/of MpiHab wordt als positief beoordeeld.

9. Fragmentatiegevoelige soorten en individuen (MnsFra en MpiFra):

Het percentage habitatfragmentatiegevoelige soorten hangt uiteraard sterk samen met de habitatdiversiteit, de connectiviteit tussen de diverse habitats, en de individuele grootte van de habitatpatches. Dit zijn factoren die veelal moeilijk meetbaar zijn (zie hoofdstuk 5.2. habitatareaalverdeling). Het aantal fragmentatiegevoelige soorten en percentage individuen zijn hiervoor echter goede indicatoren. Deze indicatoren zullen worden geëvalueerd in de zoetwaterzone.

Onder optimale condities kan MnsFra tot 14 bereiken MpiFra tot ruim 60% (Breine *et al.*, 2010).

Een toename van het aantal habitat fragmentatiegevoelige soorten en individuen is een streven op zich, en wordt als positief beoordeeld.

10. Gespecialiseerde ei-afzettende soorten (MnsSpa) en individuen (MpiSpa):

Het totaal aantal gespecialiseerde ei-afzettende soorten, zijnde soorten met specifieke voortplantingseisen, en het percentage ei-afzettende individuen, kan toenemen onder invloed van een toename van de zuurstof condities (gemiddelde en/of minimum concentratie), kan toenemen wanneer er maatregelen zijn getroffen om de connectiviteit te verhogen, of kan toenemen bij een toename van de beschikbaarheid van specifieke habitats. MnsSpa en MpiSpa zullen worden geëvalueerd in het mesohalien, oligohalien en in de zoetwater zone.

Het aantal gespecialiseerde ei-afzettende soorten in het mesohalien kan 6 bedragen, 3 in het oligohalien en 8 in de zoetwaterzone; referenties voor de bijhorende MpiSpa bedragen respectievelijk 20, 10 en 34% (Breine *et al.*, 2010).

Ook voor deze indicatoren wordt een toename nagestreefd en als positief beoordeeld.

11. Verontreiniging intolerante soorten (MnsInt) en individuen (MpiInt):

Het aantal verontreiniging intolerante soorten en bijhorend percentage individuen zal worden geëvalueerd in de Zeeschelde. Beide indicatoren zijn uiteraard sterk negatief gerelateerd aan de aanwezigheid van verontreinigingen in zowel bodem als de waterkolom. Een toename van de gemiddelde en/of minimum zuurstof concentraties kan ook een toename van MnsInt en MpiInt laten zien.

Het aantal verontreiniging intolerante soorten onder referentiecondities bedraagt 10 in mesohalien en oligohalien en 8 in het zoetwatergedeelte, de bijhorende percentages intolerante individuen bedragen 33, 33 en 35 respectievelijk (Breine *et al.*, 2010).

Een toename van MnsInt en MpiInt worden als positief geëvalueerd.

12. Piscivore soorten (MnsPis) en individuen (MpiPis):

Het aantal piscivore soorten aandeel piscivore individuen worden beoordeeld in de Zeeschelde. Een toename van één van beiden indicatoren kan het gevolg zijn van een toename in de zuurstofconcentraties, een toename van het habitataanbod, een toename van het voedselaanbod of een verbetering van de waterkwaliteit.

Het totaal mogelijk aan te treffen piscivoren soorten bedraagt 14 in het mesohalien, 15 in het oligohalien bedraagt en 11 in de zoetwaterzone en de zijrivieren. De bijhorende percentages piscivore individuen bedragen 46% in het mesohalien en 48 in de rest van de Zeeschelde.

Een toename van het aantal piscivore soorten en/of individuen wordt als positief beoordeeld.

13. Omnivore individuen (MpiOmn):

Het percentage omnivore individuen binnen de vispopulaties is eigenlijk de enige vissenindicator waarvoor een afname nagestreefd wordt. Deze indicator wordt geëvalueerd voor de zijrivieren en de zoetwaterzone. Een toename van het percentage omnivore individuen kan duiden op een toename van de nutriëntenconcentraties, een afname van het doorzicht of een toename van het zwevend stofgehalte, eventueel in combinatie met een toename in verontreinigingen (Belpaire *et al.*, 2000; Breine *et al.*, 2004, 2007, 2010).

Het percentage omnivore vissen ligt onder referentieomstandigheden rond de 21 % (Breine *et al.*, 2010).

Een afname van het percentage omnivore individuen tot het hierboven vermelde niveau is gewenst.

In tegenstelling tot de bovengenoemde indicatoren die evalueren per zone, geven de volgende indicatoren een beeld van het estuarium tot en met de oligohaliene zone. De volgende indicatoren abundantie van Spieringen, Finten, Botten en Haringen worden verkregen uit de bemonstering met de ankerkuil, waarbij de gecombineerde resultaten van opnames in oligohalien, mesohalien en polyhalien (dus 3 meetpunten) worden geëvalueerd. De abundantie van Puitaal en Schol wordt verkregen uit boomkorvisserij opnames, die uitsluitend in het Nederlandse deel worden uitgevoerd.

14. Abundantie + Lengte verdeling Spiering en Fint:

Met de evaluatie van Spieringen en Finten worden 2 representatieve en ten minste voorheen algemene soorten van trekvisen geëvalueerd, die gebruik maken van vrijwel het gehele traject. De toename van adulten van één of beiden soorten kan duiden op een verbeterde connectiviteit van het systeem, een toename van de zuurstofcondities over het gehele traject, en een verminderde visserijdruk. Een toename in de juveniele fractie kan het gevolg zijn van een toename in ondiep subtidaal habitat, met name bovenstrooms, en een afname van concentraties aan verontreinigingen. Een toename in de subadulten fractie kan het gevolg zijn van een toename in het voedselaanbod (biomassa macrobenthos) en verbetering van doorzicht dan wel afname zwevend stofgehalte (Kranenbarg & Jager, 2008).

Als referentie voor het aantal Spieringen dat per standaard ankerkuilvangst (80 m² per uur) gevangen kan worden bij een goede ecologische kwaliteit van het systeem, kunnen aantallen van 11285 juvenielen, 5900 subadulten en 1145 adulten worden gehanteerd voor de Spiering, en 2500 juvenielen, 110 subadulten en 81 adulten voor de Fint (Kranenbarg & Jager, 2008).

Een toename van alle fracties van beiden soorten wordt nagestreefd, en iedere toename wordt als positief beoordeeld.

15. Abundantie Bot en Puitaal:

De abundantie aan Bot en Puitaal geeft een indicatie van de ontwikkeling van estuariale residente soorten. Beiden soorten kennen een bentisch bestaan en zijn daarmee bij een toename goede indicatoren voor een verbetering van de bodemconcentraties aan verontreinigingen. De bot kan profiteren van een toename aan ondiep subtidaal habitat, een afname van de bodemverstoring, een afname van de visserijdruk, en een toename aan zooplankton en/of macrobenthos. De puitaal kan mogelijk profiteren van een toename het areaal aan schelpenbaken.

Kranenbarg & Jager (2008) hanteren 11.9 Puitalen per hectare en 121 Botten per standaard ankerkuilvangst als referentie.

Een toename van één of beiden soorten wordt als positief beoordeeld.

16. Abundantie Haring en Schol:

De Haring en de Schol zijn belangrijke doelsoorten waarvan de juvenielen het estuarium gebruiken om er in op te groeien. Een toename van één van beiden soorten kan gelegen zijn in een afname van de visserijdruk, een toename in het voedselaanbod (zoöplankton en epi- en hyperbenthos voor de haring, en macrobenthos met in het bijzonder schelpdierenbiomassa en/of areaal aan schelpdierenhabitat voor de Schol). De populatiegrootte van beide soorten kan afnemen bij toenemende predatiedruk (piscivore vogels en zeezoogdieren). De Haring kan wellicht profiteren van een toename in het doorzicht, en de Schol wellicht meer van een afname in de concentraties aan bodemverontreinigingen. Voor beide soorten geldt echter dat ook invloeden van buiten het Scheldesysteem en rol kunnen spelen (vb. zeevisserij).

Als referentie kan 346 (juvenile) Schollen per hectare en 2000 (juvenile) haringen per standaard ankerkuilvangst, worden gehanteerd (Kranenbarg & Jager, 2008).

Een toename van één of beide soorten is gewenst.

17. Seizoensale dynamiek van marien-estuariene vissen.

Het uitgesproken seizoenaal karakter in de soortensamenstelling van de marien-estuariene visgemeenschap in het estuarium bestaande uit marien juveniele vissen, mariene seizoensgasten en estuariene vissen duiden op een jaarrond goede invulling van de kraamkamer- en foerageerfunctie van het estuarium. De weergegeven piekmaanden in tabel 6.7.1 zijn gebaseerd op de resultaten van het monitoringprogramma in Doel sinds 1992 (Wambacq, 2010). Maandelijks wordt anderhalf uur voor laagwater tot anderhalf uur na laagwater het aantal vissen op het rooster van de koelwaterinlaat gemonitord. De geobserveerde vissamenstelling dient gerelateerd aan zuurstofconcentratie, watertemperatuur, turbiditeit en saliniteit. Resultaten zijn mogelijk nog beïnvloed door het feit dat de vispopulatie zich aan het herstellen is en moeten na enige jaren opnieuw geëvalueerd worden. Daarnaast kunnen de weergegeven pieken ook licht variëren in de tijd tengevolge van de NAO index.

18. Natura 2000 soorten.

Zeeprk: Het Natura 2000 (ontwerp)besluit voor de Vlake van de Raan en voor de Westerschelde en Saeftinge geven voor de Zeeprk het volgende doel op (LVN, 2009; 2010): Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie. Het gebied is voor de Zeeprk van belang als doortrekgebied. De populatie is afhankelijk van de

ontwikkelingen bovenstrooms van de Nederlandse grens in Vlaanderen. In het gebied Vlake van de Raan en het gebied Westerschelde & Saeftinghe zijn geen herstelmaatregelen noodzakelijk, omdat de oorzaak van de landelijk matig ongunstige staat van instandhouding niet in dit gebied ligt.

Er zijn geen gewestelijke instandhoudingsdoelstellingen voor deze soort vastgesteld. De Zeeprík is dan ook voor het gebied Schelde- en Durme-estuarium niet aangemeld maar wordt er sporadisch wel gevangen. Ook de Zeeschelde doortrekgebied voor zeeprík, die verder stroomopwaarts paait. Voor 1900 werd zeeprík waargenomen in de Schelde, Demer en Leie (zie Stevens *et al.*, 2009). Vermoedelijk was ook de Nete paaigebied. Gegevens zijn echter schaars, waarschijnlijk omdat Zeeprík in België nooit een populaire soort voor consumptie was. Omdat de Zeeprík niet noodzakelijk terugkeert naar de rivier waar hij uit het ei geslopen is, is de kans op spontane herkolonisatie vrij groot. Referenties voor het aantal Zeepríken zijn niet voorhanden, dit kan beschouwd worden als een leemte in de kennis.

Rivierprík: Het Natura 2000 (ontwerp)besluit voor de Vlake van de Raan en voor de Westerschelde en Saeftinghe geven voor de Rivierprík het volgende doel op (LVN, 2009; 2010): Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie. De Westerschelde als doortrekgebied van Nederlands belang. In dit gebied zijn geen herstelmaatregelen noodzakelijk. De populatie is afhankelijk van de ontwikkelingen bovenstrooms van de Nederlandse grens in Vlaanderen. In Vlaanderen zijn volgende gewestelijke doelen voor de Rivierprík opgegeven (Paelinckx *et al.*, 2009):

- Uitbreiding van het actuele areaal door het overbrugbaar maken van de migratieknelpunten.
- Tot stand brengen van duurzame populatie in Vlaanderen
- Verbetering van de kwaliteit van het leefgebied: verbeteren van waterkwaliteit tot zuurstofgehalte van min 8 mg/l; verbeteren van structuurkwaliteit, opheffen migratieknelpunten.

Het estuarium van Schelde en Durme is aangemeld als essentieel habitat, het valleigebied van de Kleine Nete als zeer belangrijk.

Specifiek voor de Zeeschelde geldt volgende doelstelling (Adriaenssen *et al.*, 2005): Het Scheldebekken heeft op korte termijn (2010) een zichzelf instandhoudende populatie van Rivierprík, dit impliceert dat de rivierprík niet langer gehinderd wordt om naar de Bovenschelde te migreren doordat er aangepaste vispassages zijn aan de stuwen en sluizen.

Deze doelstellingen dienen verder gekwantificeerd te worden.

Fint: Het Natura 2000 (ontwerp)besluit voor de Vlake van de Raan en voor de Westerschelde en Saeftinghe geven voor de Fint het volgende doel op (LVN, 2009; 2010): Behoud omvang en kwaliteit leefgebied voor uitbreiding populatie. De Westerschelde als doortrekgebied van Nederlands belang. In dit gebied zijn geen herstelmaatregelen noodzakelijk. De populatie is afhankelijk van de ontwikkelingen bovenstrooms van de Nederlandse grens in Vlaanderen. In Vlaanderen zijn volgende gewestelijke doelen voor de Fint opgegeven (Paelinckx *et al.*, 2009):

- Uitbreiding van het actuele areaal stroomopwaarts in de Schelde en de Nete
- Herstellen van een zichzelf reproducerende populatie in het Schelde estuarium met herstel van de historische paaigebieden in de Schelde en de Nete (Maes *et al.*, 2008)
- Verbetering van de kwaliteit van Schelde en Nete: verbeteren van waterkwaliteit tot zuurstofgehalte van min 7-8 mg/l; verbeteren van structuurkwaliteit van Schelde en Nete (herstel van paaisubstraat van zandbanken, stromend water (1-1.5 m/s); opheffen migratieknelpunten om geschikte paaigronden te bereiken.

Het estuarium van Schelde en Durme en het valleigebied van de Kleine Nete zijn aangemeld als essentieel habitat.

Specifiek voor de Zeeschelde geldt volgende doelstelling (Adriaenssen *et al.*, 2005): Het Scheldebekken heeft op korte termijn (2010) een zichzelf instandhoudende populatie van Fint, dit impliceert dat de zuurstofspanning voldoende hoog is voor Fint om de hoofdstroom van de Netes en de Bovenschelde te bereiken.

Deze doelstellingen dienen verder gekwantificeerd te worden.

Kleine modderkruiper: In Vlaanderen zijn volgende gewestelijke doelen voor de Kleine modderkruiper opgegeven (Paelinckx *et al.*, 2009):

- Minimaal behoud van het actuele areaal.
- Uitbreiding van het aantal populaties
- Verbetering van de kwaliteit van het leefgebied (Vandeloannoote *et al.*, 1998): verbeteren van waterkwaliteit tot het niveau 'viswater-karperachtigen', verbeteren van structuurkwaliteit (substraat van zand, stilstaand tot zwak stromend water; opheffen migratieknelpunten).

Het SBZ 'Estuarium van Schelde en Durme' is aangeduid als zeer belangrijk gebied, het valleigebied van de Kleine Nete essentieel habitat en de bovenloop van de Grote Nete als 'belangrijk'.

Deze doelstellingen dienen verder gekwantificeerd te worden.

Rivierdonderpad : In Vlaanderen zijn volgende gewestelijke doelen voor de Rivierdonderpad opgegeven (Paelinckx *et al.*, 2009):

- Minimaal behoud van het actuele areaal.
- Uitbreiding van het aantal populaties
- Verbetering van de kwaliteit van het leefgebied: terugdringen van waterverontreiniging (zuurstofgehalte van minimaal 8 mg/l, bewaken van constant goede waterkwaliteit, geïsoleerde lozingspunten saneren), terugdringen van klei- en leemafspoeling naar waterlopen waardoor grindsubstraat bedekt wordt met fijn substraat, verbeteren van structuurkwaliteit (substraat van zand, met grind, ijzerzandsteen of grote stenen, matige stroomsnelheid en aanwezigheid van groot dood hout); opheffen migratieknelpunten.

Het valleigebied van de Kleine Nete is aangeduid als zeer belangrijk habitat. Deze doelstellingen dienen verder gekwantificeerd te worden, specifiek voor de Zeeschelde zijn geen doelstellingen gesteld voor deze soort.

Beekprik en Grote modderkruiper: De doelstellingen voor Vlaanderen voor deze soorten situeren zich bovenstrooms de getij-invloed en zijn hier dus niet zo relevant.

Bittervoorn: In Vlaanderen zijn volgende gewestelijke doelen voor de Rivierdonderpad opgegeven (Paelinckx *et al.*, 2009):

- Instandhouding van het actuele areaal.
- Instandhouding van de huidige populaties
- Instandhouding en/of lokale verbetering van de kwaliteit van het leefgebied: waterkwaliteit: 'viswater-karperachtigen', structuurkwaliteit: traagstromend tot stilstaand water, zoetwatermossels en uitgebreide waterplantenvegetaties.

Het SBZ 'Estuarium van Schelde en Durme' is aangeduid als zeer belangrijk gebied, het valleigebied van de Kleine Nete en de bovenloop van de Grote nete als 'belangrijk'.

Deze doelstellingen dienen verder gekwantificeerd te worden, specifiek voor de Zeeschelde zijn geen doelstellingen gesteld voor deze soort.

6.7.6. Conclusie

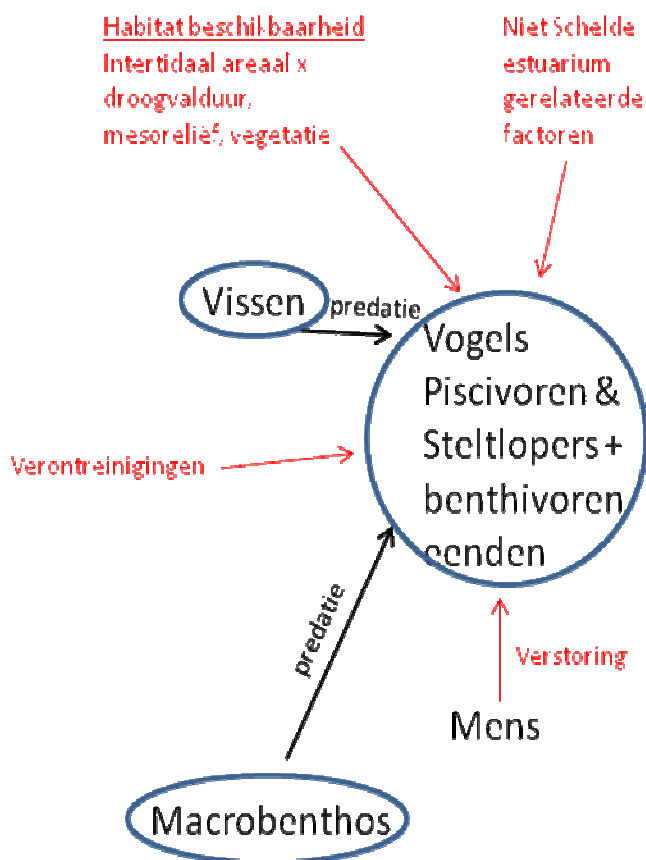
Vissen nemen een centrale rol in in het estuariene systeem. De grootte variëteit aan estuaria gerelateerde soorten met zeer specifieke kenmerken, gebruikmakend van zeer uiteenlopende onderdelen van het systeem, maakt dat vissen goede indicatoren zijn voor het ecologisch functioneren van het systeem. Daar komt nog eens bij dat veel soorten ook nog eens zeer gevoelig zijn voor veranderingen en verstoringen. De hier gepresenteerde evaluatiemethodiek Vissen bestaat uit een groot aantal indicatoren, die echter gericht (in de zones waar ze het meest indicatief bevonden zijn) worden ingezet. De indicatoren komen overeen met de indicatoren die momenteel hetzij in Vlaanderen hetzij in Nederland worden gehanteerd voor de evaluatie in het kader van de Kaderrichtlijn water en voor de Habitatrichtlijn. De huidige systeemevaluatie kan dan ook prima worden gehanteerd om een beoordeling voor de Kaderrichtlijnwater te berekenen (zie o.a. Speybroek *et al.*, 2008; Kranenbarg & Jager, 2008). Daarbij komt nog eens dat een aantal vissen een specifieke beschermingsstatus hebben in het kader van Natura2000, en dat een aantal vissen van commercieel belang zijn. Vissen zijn ook goede indicatoren omdat er behoorlijk wat historische informatie beschikbaar is over het voorkomen van soorten ook onder nog relatief onverstoorde omstandigheden. Verder is er momenteel een gedegen monitoringnetwerk wat slechts op een enkel punt een uitbreiding vraagt (locaties voor dubbele schietfuisen in Nederland om uitwisselbaarheid van gegevens tussen methodieken te evalueren; 1 extra ankerkuil locatie in het oligohalinen in de Zeeschelde), wat slechts dient te worden gecontinueerd. Met het meten van aantallen, lengte en biomassa kunnen alle indicatoren worden berekend.

	Zuurstof	Voedselaanbod	Visserij	Fragmentatie/Connectiviteit	verontreinigende stoffen	temperatuur	habitatruimteverdeling	nutriënten en doorzicht		1-2 Polyhalinen	3-4 mesohalinen	5 oligohalinen	6-7 zoet	8-9 ziltvieren
MnsTot	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+
MNnsInd		+	+				+			+	+	+		
MnsErs	+				+	+	+			+	+	+		
MpiErs	+				+	+	+			+	+	+		
MnsDia	+			+	+					+	+	+	+	+
MpiDia	+			+	+					+	+	+	+	
MnsMms		+	+				+			+	+	+		
MnsMjm		+					+			+	+	+	+	
MpiMjm		+					+			+	+	+	+	
MnsBen	+		+		+		+				+	+	+	
MpiBen	+		+		+		+					+	+	
MnsHab							+				+	+	+	+
MpiHab							+				+	+	+	+
MnsFra				+			+					+	+	
MpiFra				+			+					+	+	+
MnsSpa	+			+			+				+	+	+	+
MpsSpa	+			+			+				+	+	+	+
MnsInt					+									
MpiInt					+									
MnsPis	+	+			+		+	+			+	+	+	
MpiPis	+	+			+		+	+			+	+	+	
MpiOmn								+					+	+
Spiering &	+		+	+			+			+	+	+		
Bot & Puitaal			+		+		+			+	+	+		
Haring & Schol		+	+		+			+		+	+	+		

6.8. Vogels

6.8.1. Achtergrond

Wereldwijd is er grote aandacht voor vogels, vogelbescherming en habitatbescherming met betrekking tot vogels. Dit is niet anders voor het Schelde-systeem, waar periodieke vogeltellingen worden uitgevoerd en waar voor een behoorlijk aantal vogels instandhoudingsdoelen zijn opgesteld (met name in het kader van de Habitat- en Vogelrichtlijn: Adriaensen *et al.*, 2005; Anoniem, 2009). Veelal wordt er onderscheid gemaakt in broedvogels en niet-broedvogels (in het Schelde-estuarium voornamelijk watervogels) gerelateerd aan de functie van het gebied voor de soorten (Meire & Maris, 2008).



Figuur 6.8.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond de Vogels en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Vogels.

doorgaans habitateisen met betrekking tot foerageren, of als rustgebied. Broedvogels stellen doorgaans extra habitateisen aan hun leefgebied (nestgelegenheid, strengere eisen ten aanzien van verstoring). Het Schelde estuarium heeft een belangrijke functie of potentieel zowel voor broedvogels als voor niet-broedvogels. De instandhoudingsdoelstellingen voor zowel de Westerschelde & Saeftinghe alsook de Zeeschelde selecteerden soorten en formuleerden doelstellingen met betrekking tot het potentieel aantal broedparen en het vooropgestelde seizoens aantal vogels (de niet-broedvogels). Een overzicht hiervan wordt gepresenteerd in Tabel 6.8.1. Voor al die soorten moeten de populatieontwikkelingen gemonitord worden. Maar niet alleen de biodiversiteitswaarde op zich is van belang. Ook de aanwezigheid van grote (zich zelf instandhoudende) populaties van meerdere soorten is een teken van goede ecologische kwaliteit, omdat elke soort specifieke eisen stelt. Zo kunnen vogels ingedeeld worden in verschillende **voedsel**gilden naargelang hun specialisme of

voedselvoorkeur. De aanwezigheid van vogels met een bepaalde voedselvoorkeur is dus een goede indicatie voor de abundantie en beschikbaarheid van dat voedsel in het systeem. We onderscheiden herbivoren (plantenetters; plankton, macrofyten, macroalgen), piscivoren (viseters), benthivoren (levend van het macrozoöbenthos aanwezig in de bodem; vooral de steltlopers). Daarnaast gedraagt een belangrijk deel van de soorten zich in de Schelde als opportunist (dieet aangepast aan aanbod), deze soorten zijn te beschouwen als omnivoor (figuur 6.8.1). De aantallen van vogels met een

bepaalde voedingswijze (of vogels van een bepaalde voedselgilde) zijn goede indicatoren voor

Tabel 6.8.1. Instandhoudingsdoelstellingen (IHD) voor de Westerschelde (WS) (Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied 'Westerschelde en Saefinghe'), en IHD voor de Zeeschelde (ZS) (Adriaensen *et al.*, 2005) voor de broedvogels en niet-broedvogels voor WS, voor de broedvogels voor de ZS.

Soort	IHD WS* (broedparen)	streefdoel evaluatiemethodiek broedparen WS**	seizoensdoelste- lling (aantal) WS***	Opmerking WS	IHD ZS (broedparen)	Habitatdoelst- elling (ha)	Habitattypen
Baardman					100	588	riet/ruigte
Bergeend			4500				
Blauwborst	450			WS-doel	550	833	riet/ruigte
Bontbekplevier	100	10	430	Doelstelling IHD gehele Delta			
Bonte strandloper			15100				
Bruine kiekendief	20			WS-doel (=sleutelpopulatie)	50	1250	riet/ruigte
Drieteenstrandloper			1000				
Dodaars					50	2000	plas, oever, riet/ruigte
Dwergster	300	100		Doelstelling IHD gehele Delta			
Fuut			100				
Goudplevier			1600				
Grauwe gans			16600				
Groenpootruiter			90				
Grote karekiet					40	18	riet/ruigte
Grote stern	4000			Doelstelling IHD gehele Delta			
Grutto					80		
Kanoet			600				
Kievit			4100				
Kleine zilverreiger			40				
Kluut	2000	> 150	540	Doelstelling IHD gehele Delta	350	350	slik/plaat
Kolgans			380				
Krakeend			40				
Kwartelkoning					40	1290	grasland
Lepelaar			30		40	500	bos, grasland, estuaries, plas
Middelste zaagbek			30				
Paapje					40	1481	grasland
Pijlstaart			1400				
Porseleinhoen					40	1290	riet/ruigte
Purperreiger					60	500	riet/ruigte
Rietzanger					170	340	riet/ruigte
Roerdomp					20	1000	riet/ruigte
Rosse grutto			1200				
Scholekster			7500		190	1188	grasland/ estuaries
Slechtvalk			8	seizoensmaximum			
Slobeend			70		150	1875	riet/ruigte, plas, oever
Snor					100	1250	riet/ruigte
Smient			16600				
Steenloper			230				
Strandplevier	220	40	80	Doelstelling IHD gehele Delta			
Tureluur			1100		130	813	grasland/ estuaries
Visdief	6500	1600		Doelstelling IHD gehele Delta			
Wilde eend			11700				
Wintertaling			1100				
Woudaapje					20	1000	riet/ruigte
Wulp			2500				
Zeearend			2	seizoensmaximum			
Zilverplevier			1500				
Zomertaling					20	1000	grasland/ estuaries
Zwarte ruiter			270				
Zwartkopmeeuw	400	> 4		Doelstelling IHD gehele Delta			

* IHD vermeldt in aanwijzingsbesluit Westerschelde & Saefinghe

** Afleiding gebaseerd op de toelichting gegeven in aanwijzingsbesluit (streefdoel specifiek voor de evaluatiemethodiek diversiteit vogelsoorten)

*** De aantallen voor WS niet broedvogels zijn gebaseerd op seizoensgemiddelde (= periode van een jaar juni tot juli) periode van 5 jaar 1999/2000 - 2003/2004 tenzij anders vermeldt in 'opmerking WS' (seizoensmaximum)

(de werking van) het onderliggende voedselweb, maar evaluaties dienen altijd te geschieden in combinatie met de onderliggende trofische niveaus. Naast het voedselaanbod is ook het **habitaanbod** voor vogels van groot belang. Enerzijds moet er voldoende geschikt biotoop zijn waarin kan worden gevoerd. Belangrijk voor de benthivore soorten zijn intergetijdegebieden. Bijvoorbeeld gebieden met een droogvalpercentage tussen 30 en 70% bieden steltlopers een lange foerageerperiode. De vorm van de plaat en de reliëfvariatie (reliëfindex/mesoreliëf) is van belang omdat variatie in de topografie langere waterlijnen creëert in combinatie met zones met lokale plasjes, vochtigere zones, etc., gekenmerkt door hogere slibgehalten en vaak hogere macrozoöbenthos dichtheden (Alkyon, 2006). Vaak hebben soorten ook behoefte aan gebieden waar ze de hoge waters **rustig** kunnen doorbrengen (hoogwatervluchtplaatsen) of waar ongestoord kan worden gebroed. Een aantal soorten maakt daarom specifiek gebruik van de platen, vaak met een specifieke begroeiing of juist relatief kaal, maar er zijn ook soorten die de rust op het water zoeken. De mens speelt in deze dus vaak weer een belangrijke rol, doordat die door middel van allerlei activiteiten verstorend aanwezig kan zijn in het gebied (Alkyon, 2006). Opererend in de top van het voedselweb, kunnen diverse vogelsoorten ook gevoelig zijn voor **verontreinigingen** in het systeem. Dit geldt met name voor de piscivore soorten, voor welke de blootstelling door accumulatie veelal het grootste is, en met name voor in het gebied broedende soorten, omdat de voortplanting één van de gevoeligste fases in de levenscyclus is. Men moet echter bij dergelijke mobiele soorten als vogels die geregeld in en uit het gebied vliegen, bijvoorbeeld naar binnendijkse gebieden, of voor trekvogels zelfs naar andere continenten, er op bedacht zijn dat de ontwikkelingen in de aantallen ook door factoren buiten het Schelde-estuarium kunnen worden bepaald. De aantallen geobserveerd in het estuarium zijn niet zelden gecorreleerd met de Europese populatiedynamiek die vaak sterk gecorreleerd is met klimaatomstandigheden in zowel het broedgebied (laag broedsucces door bv. extreme weersomstandigheden, of juist hoog broedsucces) als in het overwinteringsgebied (bv. sterfte of lage aantallen door gewijzigd doortrekgedrag in onze contreien wegens strenge vorst).

Diversiteit soorten: de instandhoudingsdoelstellingen

In Vlaamse context is het verhaal van instandhoudingsdoelstellingen versnipperd in verschillende beleidsdocumenten. Dit maakt het verhaal in zijn geheel complex. De IHD-Z beschrijft de doelstellingen voor de Lange Termijn Visie voor het Vlaamse deel van het Schelde-estuarium en de Scheldevallei. Deze kunnen niet opgevat worden als de invulling van de IHD's voor de verschillende speciale beschermingszones van Natura2000 in het Zeeschelde-estuarium en de Zeescheldevallei. Gebiedsspecifiek IHD's gericht op de SBZ's in het Vlaamse deel van het estuarium is nog in ontwikkeling. De IHD-Z gebruiken we wel als de leidraad voor de evaluatie van de soortdiversiteit in het Vlaamse deel van het estuarium. Een ander beleidsdocument is de Achtergrondnota Natuur. Dit document beschrijft de doelstellingen voor het Natura2000-gebied in het Antwerpse havengebied (Anoniem, 2006). Binnen dit studiegebied zijn specifieke streefdoelen (IHD's) opgesteld voor (stukken van) de speciale beschermingszones. Een aantal buitendijkse of dicht tegen de Schelde gelegen kregen specifieke doelstellingen: Groot Buitenschoor, Noordelijk gebied, Galgeschoor, Ketenisseschor en Blokkersdijk. De doelstellingen die hiervoor geformuleerd werden, worden als toestingscriterium genomen voor deze gebieden (projectmonitoring). De aantallen worden ook verminderd van de totale doelstelling IHD-Z (zie Piesschaert *et al.*, 2007 voor achtergrond met betrekking tot deze afstemming) (Tabel 6.8.2). Het vooropgestelde aantal potentiële broedkoppels in de overige delen van het Zeescheldebekken vormen dus het saldo gepresenteerd in Tabel 6.8.2. Zo is het de doelstelling om alle habitat voor de Kluut te realiseren in de buitendijkse gebieden vermeld in de Achtergrondnota Natuur (Noordelijk gebied en Ketenissepolder). De evaluatie van de instandhoudingsdoelstellingen voor het Achtergrondnotagebied wordt niet in deze systeemevaluatie behandeld. Concreet worden

hierdoor delen van de SBZ-VRL 3,6 (Schorren en Polders van de Beneden Zeeschelde) en SBZ-VRL 2,2 Kuifeend en Blokkersdijk) niet opgenomen. Meerbepaald zijn dit de poldergebieden in het alluvium van de Beneden Zeeschelde op de linkeroever en het natuurgebied de Kuifeend op de rechteroever. Deze worden geëvalueerd binnen het monitoringsproject van het havengebied.

Tabel 6.8.2. Overzicht van de bijdragen van verschillende deelgebieden aan IHD-Z met de streefdoelen voor de deelgebieden opgenomen in de Achtergrondnota Natuur. Het saldo toont het netto aantal broedparen potentieel te realiseren in het estuarium en valleigebied.

	IHD Zeeschelde	Blokkers- dijk	Galge- schoor	Ketenisse- schor	Noordelijk Gebied	a priori toegekend (# koppels)	saldo (# koppels)
Baardmannetje	100					0	100
Blauwborst	550	12	27	4	122	165	385
Bruine kiekendief	50	4	2		12	18	32
Dodaars	50					0	50
Grote karekiet	40					0	40
Grutto	80				29	29	51
Kluut	350			16	350	366	-16
Kwak	20					0	20
Kwartelkoning	40					0	40
Lepelaar	40					0	40
Paapje	40					0	40
Porseleinhoen	40					0	40
Purperreiger	60					0	60
Rietzanger	170				23	23	147
Roerdomp	20	2				2	18
Scholekster	190	119				119	71
Slobeend	150				41	41	109
Snor	100					0	100
Tureluur	130				112	112	18
Woudaap	20					0	20
Zomertaling	20					0	20

Er zijn ook instandhoudingsdoelstellingen gemaakt voor het Belgische deel van het Zwin (Spanoghe *et al.*, 2003) (geen specifieke doelstelling met betrekking tot aantallen voor de soorten). Het Nederlandse deel van het Zwin is aangemeld voor de kleine zilverreiger (niet-broedvogel) (Behoud omvang en kwaliteit leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 9 vogels (seizoensmaximum)). De evaluatie van deze IHD's werden niet in rekening gebracht voor deze methodiek. Voor de T0 opdracht moet de gebiedsgrens exclusief Zwin bevestigd worden.

De Nederlandse IHD's zijn beschreven in de aanwijzingsbesluiten of ontwerp aanwijzingsbesluiten voor de Natura2000 gebieden: Westerschelde en Saeftinghe, Vlake van de Raan en het hierboven vernoemde Zwin en Kievittepolder. De vogelgoalstellingen hebben uitsluitend betrekking op de vogelsoorten aangemeld (broedvogels en trekkende vogelsoorten). De documenten zijn raadpleegbaar op volgende url:
<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k>

Voor de overwinterende watervogels (niet-broedvogels) kan een evaluatie van de instandhoudingsdoelstellingen gebeuren op basis van de huidige monitoring. De aantallen zijn echter niet per definitie indicatief voor de gezondheid van het ecosysteem omdat tal van externe factoren de aantallen beïnvloeden waardoor de indicator op zich niet representatief is voor een robuust ecosysteem. De evaluatie ecologisch functioneren legt hiervoor de klemtoon op een evaluatie door middel van gewenste ontwikkelingen in de voedselgilden (soortgroepen). Het is de verwachting dat een selectie van gespecialiseerde soorten (in tegenstelling tot de omnivore soorten) een beter signaal

kunnen geven over de verandering in macrozoöbenthosaanbod en de gewenste trend in de systeemkwaliteit (steltlopers, viseters).

Ecologisch functioneren: de indicatorgroepen

In het kader van de biodiversiteit en de instandhoudingsdoelen wordt een groot aantal soorten gemonitord en geëvalueerd. Alle soorten hebben hun specifieke wensen en eisen en kunnen een indicatie zijn voor de systeemkwaliteit. We stellen hier een evaluatie voor op basis van de watervogels, waarin we de ontwikkeling voor 4 groepen vogels evalueren. Een eerste groep die zal functioneren als indicator zijn de benthivoren. Deze groep bestaat uit de steltlopers, aangevuld met de bergeend. De soorten binnen deze groep foerageren op een grote diversiteit aan benthos zoals schelpdieren, kleine crustaceeën (kreeftachtigen), grotere Polychaete wormen en wadslakjes. Er wordt aangenomen dat schelpdieren een belangrijk onderdeel van hun voedselpakket uitmaken. Deze soorten foerageren specifiek in het intertidale gebied. De tweede groep met indicatorfunctie, is de groep der omnivoren. Deze bestaat uitsluitend uit eenden. In het Schelde-estuarium (voornamelijk de Zeeschelde) foerageren ze vooral op oligochaeten. De soorten foerageren zowel in het slibrijke intertidaal als in het ondiepe subtidaal. Een derde groep indicatorsoorten zijn de herbivore soorten, waaronder grazers van macrofyten en macroalgen, maar ook grazers van het plankton. Deze groep bestaat uit ganzen, eenden en rallen. Aangenomen wordt dat voor deze groep het voedselaanbod niet limiterend is, en dat ze ook binnendijs foerageren, maar dat ze de buitendijkse gebieden ook als rustgebieden gebruiken. Vervolgens onderscheiden we de groep van hoofdzakelijk visetende soorten, een vrij diverse groep soorten, waaronder de duikers, futen, reigers en sterns.

6.8.2. Indicatoren

De evaluatie Vogels bestaat uit een indicatorgroep 'diversiteit soorten' en een indicatorgroep 'ecologisch functioneren'. De indicatorgroep 'diversiteit soorten' evalueert het aantal broedparen/vogels ten opzichte van de gestelde doelstellingen. Voor de evaluatiemethodiek 'ecologisch functioneren' hanteren we een indeling voor een groot aantal watervogels in functionele groepen naar voedselgilde. De groepen zijn indicatief voor patronen in het voedselweb. Niet alle vogelsoorten zullen worden geëvalueerd, alleen de overwegend piscivore soorten, de steltlopers, de eenden, de ganzen en de zwanen. Tabel 6.8.3 geeft een overzicht van de meest algemene watervogels behorende tot de groepen die als indicator worden gehanteerd.

Tabel 6.8.3. Globaal, maar niet uitputtend, overzicht van de indeling van in het Schelde estuarium voorkomende vogels naar de indicator groepen.

Soort	Species	Indicator
Dodaars	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	N_{pisc}^2
Fuut	<i>Podiceps cristatus</i>	N_{pisc}
Aalscholver	<i>Phalacrocorax carbo</i>	N_{pisc}
Kleine Zilverreiger	<i>Egretta garzetta</i>	N_{pisc}
Blauwe Reiger	<i>Ardea cinerea</i>	N_{pisc}
Lepelaar	<i>Platalea leucorodia</i>	N_{pisc}
Middelste Zaagbek	<i>Mergus serrator</i>	N_{pisc}
Grote Stern	<i>Sterna sandvicensis</i>	N_{pisc}
Visdief	<i>Sterna hirundo</i>	N_{pisc}

² Meegeteld als piscivoor voor evaluatie maar in de Zeeschelde en binnendijs zou deze soort zich eerder als insectivoor gedragen.

Dwergstern	<i>Sterna albifrons</i>	N _{pisc}
Knobbelzwaan	<i>Cygnus olor</i>	N _{herb}
Kleine Zwaan	<i>Cygnus columbianus</i>	N _{herb}
Wilde Zwaan	<i>Cygnus cygnus</i>	N _{herb}
Rietgans	<i>Anser fabalis</i>	N _{herb}
Kolgans	<i>Anser albifrons</i>	N _{herb}
Dwerggans	<i>Anser erythropus</i>	N _{herb}
Grauwe Gans	<i>Anser anser</i>	N _{herb}
Canadese Gans	<i>Branta canadensis</i>	N _{herb}
Meerkoet	<i>Fulica atra</i>	N _{herb}
Waterhoen	<i>Gallinula chloropus</i>	N _{herb}
Wilde Eend	<i>Anas platyrhynchos</i>	N _{herb}
Smient	<i>Anas penelope</i>	N _{herb}
Krakeend	<i>Anas strepera</i>	N _{omn}
Wintertaling	<i>Anas crecca</i>	N _{omn}
Pijlstaart	<i>Anas acuta</i>	N _{omn}
Slobeend	<i>Anas clypeata</i>	N _{omn}
Tafeleend	<i>Aythya ferina</i>	N _{omn}
Kuifeend	<i>Aythya fuligula</i>	N _{omn}
Bergeend	<i>Tadorna tadorna</i>	N _{benth}
Scholekster	<i>Haematopus ostralegus</i>	N _{benth}
Kluut	<i>Recurvirostra avosetta</i>	N _{benth}
Bontbekplevier	<i>Charadrius hiaticula</i>	N _{benth}
Strandplevier	<i>Charadrius alexandrinus</i>	N _{benth}
Goudplevier	<i>Pluvialis apricaria</i>	N _{benth}
Zilverplevier	<i>Pluvialis squatarola</i>	N _{benth}
Kievit	<i>Vanellus vanellus</i>	N _{benth}
Kanoetstrandloper	<i>Calidris canutus</i>	N _{benth}
Drieteenstrandloper	<i>Calidris alba</i>	N _{benth}
Krombekstrandloper	<i>Calidris ferruginea</i>	N _{benth}
Bonte Strandloper	<i>Calidris alpina</i>	N _{benth}
Rosse Grutto	<i>Limosa lapponica</i>	N _{benth}
Wulp	<i>Numenius arquata</i>	N _{benth}
Zwarte Ruiter	<i>Tringa erythropus</i>	N _{benth}
Tureluur	<i>Tringa totanus</i>	N _{benth}
Groenpootruiter	<i>Tringa nebularia</i>	N _{benth}
Steenloper	<i>Arenaria interpres</i>	N _{benth}
Kemphaan	<i>Philomachus pugnax</i>	N _{benth}
Watersnip	<i>Gallinago gallinago</i>	N _{benth}

*Voor de indeling is gebruik gemaakt van Van den Bergh *et al.* (2005), Van Ryckegem *et al.* (2006) en Van Roomen *et al.* (2007).

Indicatorgroep Soortdiversiteit

De geselecteerde indicatoren in deze indicatorgroep evalueren de instandhoudingdoelstellingen.

De instandhoudingsdoelstelling (IHD) voor de Zeeschelde broedvogels

De IHD is opgesteld vanuit een redenering dat er voldoende potentieel habitat aanwezig moet zijn (behoud van bestaande habitat of ontwikkeling van extra habitat om doelstelling te halen). De geselecteerde soorten zijn niet enkel soorten aangemeld voor de Vogelrichtlijn maar zijn ook regionaal belangrijke broedvogelsoorten. De doelstellingen baseren zich op referentiedensiteiten van de doelsoorten in de specifieke habitats en hebben betrekking zowel op het valleigebied als het buitendijkse gebied. De gestelde broedvogelstellingen zijn dus gebaseerd op de habitatdoelstellingen en moeten voor

het volledige Zeescheldebekken (binnendijks + buitendijks) geëvalueerd worden (zie tabel 6.8.1).

De IHD voor de Westerschelde broedvogels

Deze bevat voor een aantal vogelsoorten concrete doelstellingen die opgenomen zijn in het aanwijzingsbesluit voor het Natura 2000-gebied Westerschelde & Saeftinghe. (uit de bijlagen noch profielfragmenten en het achtergronddocument bij de profielfragmenten LNV is op te maken hoe deze doelstellingen exact bepaald werden – voor sommige soorten bv. Bruine kiekendief gaat het om een stabiele (lokale) populatie) (zie tabel 6.8.1).

De IHD voor de Zeeschelde niet-broedvogels

De IHD's zijn geformuleerd als algemene doelstelling voor het totaal aantal overwintelaars en als soortspecifieke doelstelling door de relatieve bijdragen van de Zeeschelde ten opzichte van de geografische populatie, Vlaamse populatie en de Westerschelde populatie (Adriaensen *et al.*, 2005).

De algemene doelstelling is als volgt geformuleerd "Voor de totale aantallen van watervogels in de Zeeschelde (exclusief meeuwen) mag het gemiddelde van de seizoensmaxima over de laatste vijf seizoenen niet minder zijn dan 40.000. Het gemiddelde van de seizoensminima over de laatste vijf seizoenen mag niet minder zijn dan 3500".

De soortspecifieke doelstelling is gebaseerd op referentiegegevens uit de periode 1991-2003. De streefpercentages zijn gebaseerd op hoge aantallen voor de opportunistische soorten in een verstoorde situatie. Sindsdien is de situatie voor de watervogels in de Zeeschelde gewijzigd waardoor de percentages niet gewenst lijken voor de evaluatie. Voor de T0 is het nodig deze streefpercentages te herbekijken. Anderzijds is de evaluatie van deze gewenste percentages per doelsoort grotendeels vervat in de indicator ecologisch functioneren waar de analyse de focus legt op de trends van de voedselgroepen (en niet van de individuele soort). De hieronder voorgestelde evaluatiemethodiek wordt voor de functionele benadering als voldoende gedetailleerd bevonden.

De IHD voor de Westerschelde en Saeftinghe niet-broedvogels

Deze instandhoudingsdoelstelling is een streefaantal vogels met als referentie het seizoensgemiddelde bepaald over de periode 1999/2000- 2003-2004 (zie tabel 6.8.1). Voor de slechtvalk en zeearend is het seizoensmaximum de referentie. De doelstelling is voor de soorten het behoud van de omvang van de gestelde populatie en van de kwaliteit van het leefgebied. Deze evaluatie houdt geen rekening met de relatieve verhouding van de vogelaantallen ten opzichte van de andere relevante populaties.

Indicatorgroep Ecologisch functioneren

We beschouwen de verschillende vogelgroepen op basis van de voedselgroep waartoe ze behoren: piscivore, omnivore, herbivore en benthivore soorten. De aantallen van deze groepen op niveau van het estuarium worden geëvalueerd door een trendberekening met de seizoensgemiddelde aantallen door gebruik te maken van gemiddelde waarden over een periode van 5 jaar (glijdend gemiddelde). Hierdoor worden de jaarlijkse fluctuaties afgevlakt. Het seizoen wordt gedefinieerd als de monitoringsperiode die jaarrond is voor Westerschelde en Zeeschelde (waarbij het jaar gerekend wordt van juli tot juni). Voor de zijrivieren waar slechts wintervogeltellingen beschikbaar zijn worden deze gebruikt

(seizoen wordt dan gerekend van oktober tot maart). Dit betekent dat het totaal aantal getelde vogels per seizoen wordt gedeeld door het aantal telmaanden (normaal 12 voor de Westerschelde en Zeeschelde, 6 voor de zijrivieren).

De trends worden geanalyseerd tegenover de aantallen van de Nederlandse populatie, Vlaamse populatie, Zoute Delta populatie, de Westerschelde populatie en de Zeeschelde populatie. Door de veranderingen in aandeel van de verschillende groepen in het estuarium te vergelijken met de seizoensgemiddelde aantallen (gemiddeld nog eens over 5 jaar) in de deelpopulaties kan de evolutie in de vogelgroepen beoordeeld worden ten aanzien van andere deelpopulaties. Op deze manier wordt nagegaan of de veranderingen mogelijk gerelateerd zijn aan systeemveranderingen dan wel meer te maken hebben met evoluties in de Europese populaties. Hiervoor wordt de trend vergeleken met deze de Nederlandse populatie, in de Zoute Delta en de Vlaamse situatie. Ook de trends in de Westerschelde populatie en de Zeeschelde populatie worden afgetoetst tegenover elkaar. Is er een verschuiving in de verhouding van vogelaantallen tussen de Westerschelde en de Zeeschelde, en dit afzonderlijk te beschouwen voor de verschillende groepen.

Aantal steltlopers en bergeenden (N_{benth}):

Het totaal aantal steltlopers en bergeenden (N_{benth}) dient een representatief beeld te geven van de ontwikkeling van een groep van benthivore vogels met bepaalde karakteristieke eisen. Maandelijks wordt het aantal steltlopers en bergeenden geteld. Per seizoen wordt een gemiddelde gemaakt per segment. Het 5 jaarlijks gemiddelde van deze seizoensgemiddelde waarden wordt gebruikt voor de evaluatie van dat segment.

Aantallen omnivore eenden (N_{omn}):

Het totaal aantal omnivore eenden (N_{omn}) wordt maandelijks geteld. Per seizoen wordt een gemiddelde gemaakt per segment. Het 5 jaarlijks gemiddelde van deze seizoensgemiddelde waarden wordt gebruikt voor de evaluatie van dat segment.

Aantallen herbivore eenden, rallen en ganzen (N_{herb}):

Het totaal aantal overwegend herbivore eenden, rallen en ganzen (inclusief zwanen) (N_{herb}) wordt maandelijks geteld. Per seizoen wordt een gemiddelde gemaakt per segment. Het 5 jaarlijks gemiddelde van deze seizoensgemiddelde waarden wordt gebruikt voor de evaluatie van dat segment.

Aantallen piscivoren (N_{pisc}):

Het totaal aantal overwegend piscivore vogels (N_{pisc}) wordt maandelijks geteld. Per seizoen wordt een gemiddelde gemaakt per segment. Het 5 jaarlijks gemiddelde van deze seizoensgemiddelde waarden wordt gebruikt voor de evaluatie van dat segment.

6.8.3. Ruimtelijk en temporeel bereik

Soortdiversiteit: evaluatie van de broedvogel IHD. Ruimtelijk heeft de evaluatie van de IHD broedvogels Zeeschelde betrekking op het geheel van de vallei en het buitendijkse habitat (voornamelijk schorren). Temporeel is de evaluatie afhankelijk van het broedvogelmonitoringsprogramma in zowel de buitendijkse gebieden en in de vallei. Deze meting zal gebiedsdekkend 6-jaarlijks uitgevoerd worden (datafiches systeemmonitoring Vlaanderen). Gegevens van het bijzonder broedvogelproject gecombineerd met de monitoring in haven (LO en RO) en de Sigmagebieden zal voor 20 van de 21 soorten een gebiedsdekkende schatting van het aantal broedparen toelaten. Enkel voor de blauwborst zal dit niet lukken. Voor deze soort zal één of andere extrapolatie nodig zijn. De IHD

broedvogelmonitoring Westerschelde is niet als fiche opgenomen – er is wel een fiche kustbroedvogels die deels de IHD broedvogels kan invullen (datafiches systeemmonitoring Nederland). De broedvogelmonitoring kan beroep doen op de hoogwatervluchtplaatstellingen tijdens broedseizoen, dit zal echter slechts een ruwe benadering geven van het aantal broedkoppels en het zal geen nauwkeurig beeld geven van een aantal schor,- en kustbroedvogels (zoals bv. Strandplevier, Blauwborst, Bruine kiekendief) waarvoor ook IHD opgesteld zijn. Het ruimtelijk en temporele kader van de broedvogelmonitoring voor de Westerschelde moet hiervoor verder uitgeklaard worden.

Soortdiversiteit: evaluatie van de niet-broedvogel IHD. Deze kan uitgevoerd worden op basis van de bestaande monitoring met maandelijkse telgegevens jaarrond of in de winterperiode voor de zijrivieren.

Ecologisch functioneren: de evaluatie maakt gebruik van de bestaande monitoring. Er zijn de winter watervogeltellingen voor de zijrivieren (uitgevoerd van oktober tot en met maart), de jaarrond watervogeltellingen voor de Zeeschelde, en de hoogwater vogeltellingen voor de Westerschelde, die allen gebiedsdekkend en maandelijks worden uitgevoerd. Het seizoensgemiddelde per groep/indicator per segment worden gebruikt voor de evaluatie. Het seizoen kent voor de Zeeschelde en Westerschelde 12 maanden en loopt van juli tot juni het jaar erop. Voor de zijrivieren wordt het seizoen gedefinieerd door de wintermaanden (6 maanden oktober tot maart). De evaluatie zal plaats vinden op niveau 1, per segment op niveau 2 en per segment op niveau 3. Op niveau 3 zal het waterlichaam ZSIII + Rupel opgedeeld moeten worden in ZS en Rupel. De jaarrond watervogeltellingen doen immers geen volledige meting van de vogelaantallen in de Rupel. Voor de Rupel wordt dus enkel gebruik gemaakt van de winteraantallen. De evaluatie vindt plaats op drie niveaus om dat de fijnste indeling mogelijk inzicht geeft in de lokale kwaliteit, maar het is ook mogelijk dat vogels niet uit het systeem zijn weggetrokken, maar binnen het systeem andere locaties hebben opgezocht (door veranderde relatieve kwaliteitsverschillen), waarvoor de evaluatie op niveau 2 mede indicatief kan zijn. De evaluatie op niveau 1 is voornamelijk indicatief voor de trendevaluatie van het estuarium tegenover populatieveranderingen in ruimere geografische context.

6.8.4. Benodigdheden

Het dient uitgeklaard te worden of de broedvogelmonitoring in de Westerschelde voldoende is om de evaluatie te doen. De huidige monitoring intensiteit is voldoende voor de hier voorgestelde evaluatie ecologisch functioneren, daar deze voor alle gebieden min of meer gebiedsdekkend is. Voor het Vlaamse gedeelte zijn de tellingen gebiedsdekkend. Voor de Westerschelde zijn de hoogwatertellingen gebiedsdekkend met betrekking tot de steltlopers. De SOVON tellingen geven wellicht een goed beeld van de eenden en ganzen. Voor de Vlakte van Raan worden zeevogels vanuit een vliegtuig geteld. Ten tijde van de T₀ dient de soortenlijst behorende bij de 4 indicatorgroepen volledig te worden gemaakt, rekening houdende met alle mogelijk aan te treffen soorten.

De indicatoren 'soortdiversiteit' zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren, % natuurfunctie, % gerealiseerde natuurdoelstelling, geaggregeerde ecotooppoppervlakten (hoofdstuk 5.2), oppervlakte habitat in voldoende of goede staat (Hoofdstuk 5.3).

De indicatoren 'ecologisch functioneren' zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren, percentuele verdeling mesoreliëfklassen per plaat, gemiddeld slibgehalte per plaat (zie hoofdstuk 3), gemiddeld doorzicht (hoofdstuk 4.4. Lichtklimaat), gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen waterkolom (hoofdstuk 4.7. Toxische

stoffen), gemiddeld oppervlak aan plaat, gemiddeld areaal per ecotoop waardoor inzicht wordt verkregen in supralitoraal ten opzichte van litoraal, overstromingsfrequentie en – duur, en slibgehalte (hoofdstuk 5.2. Habitat areaal verdeling en dynamiek), gerealiseerde natuurdoelstellingen (voor IHD-Z evaluatie) (hoofdstuk 5.2 en 5.3. Habitat areaal verdeling en dynamiek), totale macrozoöbenthos biomassa, totale schelpdierbiomassa en areaal schelpdier habitat (hoofdstuk 6.6. Macrozoöbenthos), totaal aantal individuen vissen, abundantie spiering, abundantie haring (hoofdstuk 6.7. Vissen).

Het aantal steltlopers en bergeenden (N_{benth}) en het aantal piscivore vogels (N_{pisc}) zal overigens weer worden gebruikt voor de evaluatie van respectievelijk Macrozoöbenthos (hoofdstuk 6.6) en Vissen (hoofdstuk 6.7).

6.8.5. Beoordeling

Soortdiversiteit

Percentage van de IHD

Het percentage van de IHD wordt beoordeeld op niveau 2. Het streefpercentage is een volledige realisatie van de IHD-doelstelling (100% tegen 2030 voor de IHD-ZS). Een toename van het gerealiseerde percentage van de IHD is gewenst. De realisatie van de IHD zal naast het realiseren van het gewenste habitatoppervlak (habitatareaal en natuurontwikkeling) ook afhangen van tal van andere factoren zoals verstoring en de populatietrends (zowel Europees als regionaal). Hierbij kunnen ook klimaatseffecten spelen.

IHD-Z niet-broedvogel: Met betrekking tot de totale aantallen van watervogels in de Zeeschelde (exclusief meeuwen); mogen deze niet onder de 40.000 als gemiddelde van het seizoensmaximum over de laatste vijf seizoenen komen te liggen. Het gemiddelde van de seizoensminima over de laatste vijf seizoenen mag niet minder zijn dan 3500.

Ecologisch functioneren

Gebruik makend van gemiddelde waarden over een periode van 5 jaar (glijdend gemiddelde).

Aantal steltlopers en bergeenden (N_{benth}):

Totaal aantal steltlopers en bergeenden (N_{benth}) wordt beoordeeld op niveau 3, 2 en 1. Een toename in N_{benth} kan het gevolg zijn van een toename in voedsel; zoals totale macrozoöbenthos biomassa, totale schelpdierbiomassa (intertidaal) en/of areaal aan schelpdierhabitat. Hiermee is de link naar habitataanbod al gedeeltelijk gemaakt. Een toename kan ook het resultaat zijn van een toename aan plaatoppervlak, een toename van het areaal aan intertidaal gebied, een verandering in de gemiddelde overstromingsduur en/of een verandering in de helling. Beide laatst genoemde factoren kunnen positief en negatief uitwerken afhankelijk van de aanvangswaarde; er is dan ook sprake van een optimum in die factoren. Een toename van het slibgehalte kan het voedselaanbod doen vergroten (moet dan echter ook zichtbaar zijn in de macrozoöbenthos indicatoren). Echter ook hier is er sprake van een optimum, omdat bij hogere slibgehalten de benthische gemeenschappen soortenarmer zijn en schelpdieren geleidelijk worden vervangen door wormen (o.a. oligochaeten).

Een toename van N_{benth} is in ieder geval een indicatie dat er sprake is van voldoende (biomassa) en mogelijk een divers voedselaanbod in de vorm van macrozoöbenthische

gemeenschappen, dan wel dat er sprake is van habitatareaal vergroting en/of optimalisatie.

Een toename van N_{benth} wordt in principe altijd als positief beoordeeld. Ten gevolgen van een habitatareaal verandering is de leidraad dat er in principe naar een verdeling in de richting van de GEP wordt gestreefd. Wanneer er slechts sprake is van een verplaatsing van vogelpopulaties (te achterhalen door de ontwikkelingen in verschillende segment op niveau 3 te vergelijken, en de segmenten op niveau 2 te evalueren), is dit nog een positieve nog een negatieve ontwikkeling, tenzij in één van de segmenten veranderingen in het voedselaanbod zijn opgetreden (en de overige factoren min of meer constant zijn).

Aantallen omnivore eenden (N_{omn}):

Het aantal omnivore eenden (N_{omn}) (op niveau 3 of 2) kan een toename laten zien onder invloed van het voedselaanbod. Dit zou dan zichtbaar moeten zijn in de totale macrozoöbenthos biomassa. De omnivore eenden zouden echter ook kunnen reageren op een toename in plankton (zoo- of phytoplankton). De aantallen omnivore eenden moeten echter in combinatie met de aantallen steltlopers en bergeenden worden geëvalueerd. Zo is een afname van het aantal omnivore eenden niet per definitie negatief, want het kan duiden op een verrijking van de benthische gemeenschappen in termen van diversiteit wanneer N_{benth} wel toe neemt. In dat geval is er zeer waarschijnlijk sprake geweest van een afname van de (oligochaeten) biomassa. De omnivore eenden aantallen zullen minder gevoelig zijn voor veranderingen van de kwaliteit van het plaatoppervlak. Een toename van het aantal omnivore eenden kan echter wel het gevolg zijn van een toename van het intertidale oppervlak, of een toename van het areaal aan slibrijke ecotopen. De vraag blijft altijd waar de extra vogels vandaan komen. Het kan gaan om verschuivingen binnen het Schelde systeem waarbij andere indicatoren zullen bepalen of dit positief of negatief is. Bij een werkelijke groei van de populaties komen de vogels uit andere gebieden, wat dan als positief beoordeelt dient te worden.

Een toename van N_{omn} wordt als positief beoordeeld wanneer dit niet ten koste gaat van N_{benth} . Hoewel grote aantallen omnivore eenden indiceren dat de macrozoöbenthos gemeenschappen wel hoge biomassa halen, maar wellicht weinig divers zijn, betekent het wel dat er relatief weinig verstoring is door de mens (met name met betrekking tot recreatieve activiteiten) wat dan weer positief is. Een afname van N_{omn} is een mogelijke indicatie voor een afname in voedselaanbod. De negatieve trend wordt niet als ongewenst beoordeeld wanneer specialisten opgenomen in de voedselgroepen N_{benth} of N_{pisc} een positieve trend laten zien.

Aantallen herbivore eenden, rallen en ganzen (N_{herb}):

Een toename van N_{herb} kan het gevolg zijn van een toename in het areaal schorren en/of supralitoraal buitendijks gebied. Ook hier is de vraag immer waar de dieren vandaan komen, of dat het werkelijk om een groei van de populaties gaat. Er wordt verwacht dat het voedselaanbod voor deze groep niet limiterend zal zijn.

Een toename van N_{herb} is in principe positief. Een toename van N_{herb} is gewenst (positief).

Aantallen piscivoren (N_{pisc}):

Er wordt een relatie verwacht tussen het aantal visetende vogels en het vissenaanbod; met name meetbaar in het totale aantal individuen, het aantal spieringen of het aantal haringen afhankelijk van waar er in het Scheldesysteem wordt geëvalueerd. Een toename van N_{pisc} kan ook het gevolg zijn van een toename van het doorzicht of een afname van de concentraties aan verontreinigingen. Een verandering in het habitatareaal aanbod kan invloed hebben op N_{pisc} , met name met betrekking tot de broedvogels (een behoorlijk percentage van de piscivoren behoort hier toe). Een dergelijke verandering

kan dan eventueel worden gezocht in een toename van het areaal aan plaatoppervlak, maar er wordt verwacht dat de invloed van habitatareaal verdeling, eerder tot uitdrukking komt in de andere vogelindicatoren. Er dient rekening mee te worden gehouden dat deze groep mogelijk ook sterk kan worden beïnvloed door de aanwezigheid van broedgelegenheden binnendijks.

Een toename in N_{pisc} is gewenst, en wordt als positief beoordeeld.

6.8.6. Conclusie

Vogels zijn relatief eenvoudig te inventariseren, en er zijn reeds mooie tijdreeksen met betrekking tot de avifauna van het Scheldesysteem beschikbaar. Ook hebben de vogels wel enige indicatiewaarde, maar de vraag blijft altijd of de oorzaak binnen of buiten het systeem moet worden gezocht, en of ontwikkelingen in indicatoren duiden op verbeteringen of verslechtingen, of relatieve verbeteringen en/of verslechtingen ten opzichte van andere gebieden. De analyse (zie fiche) beoordeelt deze trends dan ook in relatie tot de trends tussen deelgebieden in de Schelde en erbuiten. Toch kan er met betrekking tot de steltlopers (en de aan deze categorie toegevoegde bergeend) en de piscivore vogels worden gesteld dat een toename altijd als positief zal worden beoordeeld. De omnivoren en herbivoren die worden geëvalueerd zijn nuttig als indicator omdat zij samen met de twee andere indicatoren de oorzaken van de verschuivingen kunnen weergeven. Voor de evaluatie op basis van de vogels is het van belang om de ontwikkelingen in de verschillende segmenten op niveau 3 te vergelijken, omdat er spraken kan zijn van verschuivingen en/of relatieve kwaliteitsveranderingen ten opzichte van andere segmenten, en in combinatie met een evaluatie op niveau 2 en 1.

Vogels krijgen veel aandacht met betrekking tot de Natura2000 regelgeving en er bestaan instandhoudingdoelen voor vele soorten, zodat er intensieve monitoring van de vogels plaats vindt. Verder zijn zij een hooggewaardeerd onderdeel van de biodiversiteit van het systeem, waardoor het voor de hand ligt ten minste een gedeelte van de soorten in samengestelde indicatoren ter evaluatie van het systeem mee te nemen. Op zich heeft ook de ontwikkeling van iedere afzonderlijke soort een indicatieve waarde, maar we gaan er van uit dat die ontwikkelingen dan eerder via andere evaluaties zichtbaar zullen worden daar voor de meeste soorten de invloeden op de vogels tot ver buiten het Scheldesysteem reiken.

6.9. Zoogdieren

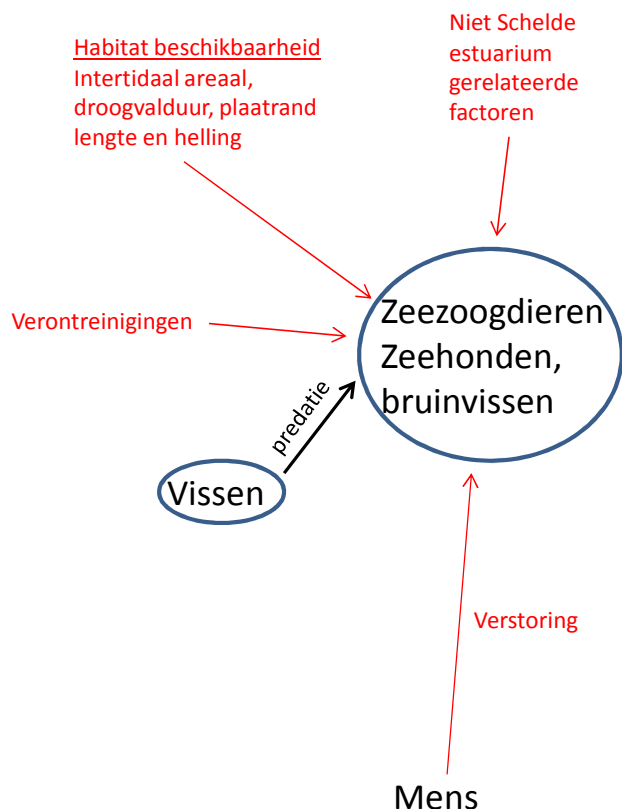
6.9.1. Achtergrond

Sprekende over de zoogdieren van het Schelde-estuarium in relatie tot het ecologische functioneren van het systeem, hebben we het over slechts enkele soorten. Een groot aantal zoogdieren maakt gebruik van de oevers en de 'wetlands' behorende bij het systeem, ze zijn echter niet strikt gebonden aan de estuariene omgeving of zijn niet echt indicatief voor het estuarien functioneren. Deze soorten vallen dan ook buiten de scope van deze evaluatie. Met betrekking tot de evaluatie van de soortendiversiteit zijn er wel een aantal soorten met instandhoudingsdoelen en/of speciale bescherming in het kader van Natura2000, maar aangezien er geen grote invloed op of afhankelijkheid van het voedselweb in de aquatische fase van het estuarien systeem is hoort de evaluatie de staat van instandhouding eerder thuis in de landelijke Natura 2000 rapportage. De zeezoogdieren, die zeer regelmatig gebruik maken van estuaria om te foerageren en er zich voortplanten zijn wel indicatief voor het estuarien functioneren en hun populaties zijn gebaat bij een gezond ecosysteem. Gezien de link met de Noordzee zal de evaluatie van zoogdieren zich dus voornamelijk richten op de Westerschelde. Er zijn weliswaar regelmatig meldingen van zeehonden en bruinvissen in de Zeeschelde en de frequentie daarvan is uiteraard mede getuige van de toestand van het ecosysteem. Aangezien het echter eerder om dwaalgasten gaat vormen deze waarnemingen geen beoordelingsmaatstaf.

Door de jaren heen kunnen we stellen dat zo'n 21 zeezoogdiersoorten (o.a. diverse walvis-, dolfijn- en zeehondensoorten) sporadisch in de Westerschelde worden waargenomen (Witte, 2001; Meininger *et al.*, 2003). Slechts voor 3 soorten is echter sprake van permanente aanwezigheid. Het gaat om de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*), de Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*) en de Bruinvis (*Phocoena phocoena*). Alledrie deze soorten hebben een bijzondere status met specifieke instandhoudingsdoelen in het kader van Natura2000 (Witte, 2001; LNV, 2006). De Vlake van De Raan is, als onderdeel van het Noordzeegebied voor alle drie deze soorten aangewezen als leefgebied. Voor de Gewone Zeehond in het Deltagebied geldt een regionale populatie van tenminste 200 exemplaren, waarbij de Voordelta de grootste bijdrage levert, als specifieke doelstelling. In Natura 2000 gebied 122-Westerschelde & Saeftinghe- moet het areaal aan ongestoord gebied toenemen zodat het beter geschikt wordt voor de voortplanting van de Gewone Zeehond.

De Grijze zeehond is recent teruggekeerd, nadat hij sinds de Middeleeuwen verdwenen was. Deze soort wordt voorlopig niet als indicator geselecteerd. De Gewone Zeehond en de Bruinvis waren in een recenter verleden (18^{de} eeuw en daarvoor) zeer talrijk aanwezig in het Schelde-systeem. Er waren naar schatting 1000 Gewone zeehonden en 500 Bruinvissen in de Westerschelde rond 1900, toen beide soorten al sterk op hun retour waren. De achteruitgang van beide soorten is niet in de laatste plaats bewerkstelligd door actieve jacht. Daarnaast hebben ook het voedselaanbod (vis) en verontreiniging een rol gespeeld; twee factoren die wellicht nog steeds een belangrijke rol spelen in de aantalsontwikkelingen (Reijnders, 1986). De genoemde aantallen van rond 1900 worden voorlopig niet als referentie gehanteerd voor de Westerschelde. Aangezien de groepen in de Westerschelde deel uitmaken van Delta- (Gewone zeehond) en Noordzeepopulaties (Bruinvis) is er een grote uitwisseling en dienen we in de evaluatie ook rekening te houden met de dynamiek van de gehele populaties en met invloeden en ontwikkelingen waarvan de oorzaken zich buiten het Schelde estuarium kunnen situeren. Evaluatie van de toestand in de Westerschelde moet dan ook steeds relatief aan de volledige populatie gebeuren.

De Gewone zeehond en de Bruinvis staan aan de top van de voedselketen en vanuit het verleden is bekend dat het systeem potentieel geschikt is voor grote aantallen van deze soorten. Zij zijn dan ook zeer geschikte indicatoren voor de algehele ecologische kwaliteit van het systeem. Er moet sprake zijn van een compleet goed functionerend voedselweb, zonder in kwaliteit achterblijvende factoren, alvorens behoorlijke aantallen van deze dieren zich permanent in de Westerschelde zullen vestigen.



Figuur 6.9.1. Overzicht van de belangrijkste stofstromen (→) in het voedselweb rond de Zeezoogdieren en de belangrijkste factoren (in rood) met invloed op of beïnvloed door de factor Zoogdieren.

Figuur 6.9.1 geeft een overzicht van de belangrijkste zeezoogdieren gerelateerde interacties in het estuariene voedselweb. Zoals gezegd, moet het voedselaanbod gegarandeerd zijn, wanneer een aantal relatief grote dieren aan de top van de voedselketen zich moeten kunnen handhaven. Gewone zeehonden en bruinvissen zijn hiervoor met name afhankelijk van het (epi)benthische reproductievelijk pelagische vissenaanbod. Beiden soorten zijn gevoelig voor zware metalen en organische microverontreinigingen. De eerstgenoemden accumuleren in kritische organen en stoffen als PCB's en PAC's voornamelijk in vetweefsel. De voortplanting lijkt een kritisch proces dat beïnvloed wordt door verontreinigingen, maar ook de vatbaarheid voor ziektes kan verhogen. Beide soorten zijn sterk afhankelijk van de aanwezigheid van geschikt foerageergebied.

Zeehonden hebben bovendien nood aan geschikte rustplaatsen. Het areaal plaatoppervlak is van belang, maar ook de droogvalduur, de vluchtmogelijkheden en de bereikbaarheid van foerageergronden en diepere wateren. Daarvoor zijn de

plaatvorm en de plaatrand belangrijk. Beide soorten zijn relatief verstoringgevoelig. Ondanks het feit dat de zoogdieren niet meer bejaagd worden, speelt de mens dus nog altijd een grote rol.. Bruinvissen blijven in tegenstelling tot diverse dolfijnsoorten juist op afstand van bootjes en schepen, maar wellicht worden de dieren er niet substantieel door beïnvloed (Meininger *et al.*, 2003). Problemen met allerlei vistuig als netten en lijnen en eventueel aanraking met scheepsschroeven kan een probleem vormen. Zeehonden kiezen het water wanneer zij worden benaderd op de platen. Dit kan schadelijk zijn voor zogende jongen indien die door frequente verstoring te weinig zoogtijd krijgen. Of dit ook negatief effect heeft op volwassen dieren is onduidelijk (Witte, 2001). Onderwater geluiden hebben aantoonbaar effect op de aanwezigheid van bruinvissen, en wellicht ook op zeehonden (o.a. Evans, 2003). Er is echter geen permanent meetnet voor onderwater geluid en afleiding uit bijvoorbeeld vaarbewegingen zal zeer onnauwkeurig zijn. Effecten van het gebruik van stillere motoren kunnen dus ook niet achterhaald worden. Daarom nemen we onderwater geluid voorlopig niet in de evaluatiemethodiek mee.

Uiteraard hebben al deze aspecten ook invloed op de aangrenzende deltawateren en de Noordzee. Er lijkt een grote uitwisseling te bestaan van dieren tussen gebieden. Aspecten als verminderd voedselaanbod of ziektes in andere gebieden zullen dan ook de aantallen in de Westerschelde beïnvloeden.

6.9.2. Indicatoren

De evaluatiemethodiek zoogdieren bestaat uit 3 indicatoren zijnde 2 voor de Gewone Zeehond en 1 voor de bruinvissen.

Aantal Zeehonden:

Voor de bepaling van het aantal zeehonden wordt gedurende de zomermaanden (mei t/m oktober) twee maal per maand een vliegtuigtelling uitgevoerd tijdens laag water. Het jaarmaximum wordt aan de hand van deze tellingen bepaald. Aangezien de Gewone zeehonden in de Westerschelde deel uitmaken van de populatie van het Deltagebied wordt niet alleen het absolute aantal maar ook het percentage dat dit aantal uitmaakt van de volledige Deltapopulatie geëvalueerd.

Aantal Zeehonden in de maand juli:

Aangezien het aanwijzingsbesluit van de Westerschelde & Saefthinge specifiek vermeldt dat het areaal onverstoorde gebied moet toenemen zodat het gebied beter geschikt wordt voor voortplanting zou het aantal pups als indicator moeten geselecteerd worden. Het aantal pups is echter bij vliegtuigtellingen lastig om waar te nemen, daarom wordt het aantal zeehonden in juli als proxy voorgesteld. Aangezien de Gewone zeehonden in de Westerschelde deel uitmaken van de populatie van het Deltagebied wordt niet alleen het absolute aantal maar ook het percentage dat dit aantal uitmaakt van de volledige Deltapopulatie in de maand juli geëvalueerd.

Aantal Bruinvissen:

Het aantal bruinvissen is moeilijker in te schatten dan het aantal zeehonden. Waarnemingen van Bruinvissen tijdens de telvluchten voor zeezoogdieren worden genoteerd. Het hoogste aantal binnen het jaar op een dag geregistreerde bruinvissen zal worden gehanteerd als het aantal bruinvissen. Dit is geenszins een beeld van de aanwezige Bruinvissen, maar het is in ieder geval een constante methodiek die ontwikkelingen zichtbaar kan maken. Aangezien de Bruinvissen in de Westerschelde deel uitmaken van de Noordzeepopulatie wordt niet alleen het absolute maximum beschouwd maar ook het aandeel dat dit uitmaakt van de populatie Bruinvissen op de Noordzee (tweemaandelijks vliegtuigtellingen van de Waterdienst).

Gegevens zullen worden vergeleken met observaties door recreanten en aangespoelde dieren, om na te gaan of waargenomen aantallen dezelfde trend laten zien.

Onlangs zijn er testen uitgevoerd op de Oosterschelde om met behulp van sonar (CPOD) bruinvissen te tellen. Op termijn kan dit wellicht een goede techniek worden om ook bestandsopnames in de Westerschelde uit te voeren.

6.9.3. Spatieel en temporeel bereik

De evaluatie van de indicatoren binnen de evaluatiemethodiek Zoogdieren vindt plaats op niveau 2 voor het segment de Westerschelde (zie hoofdstuk 2). Waarnemingen vinden

maandelijks plaats tijdens de zomermaanden (mei t/m oktober). Deze gegevens zullen worden gebruikt voor het verkrijgen van één waarde per indicator per jaar.

De huidige evaluatie kan gebruik maken van het reeds bestaande monitoringsprogramma, waarbij de RWS-Waterdienst en de Provincie Zeeland afwisselend 2 maal per maand een vlucht maken voor tellingen van zeezoogdieren (Witte, 2001).

De aantallen Gewone zeehonden en Bruinvissen kunnen van jaar tot jaar worden vergeleken en op T_0 worden vergeleken met de streefaantallen van 180 zeehonden en 20 bruinvissen. Gebruik makende van historische gegevens kan op ieder moment van evaluatie de trend worden bepaald en eventueel worden nagegaan of er sprake is van een trendbreuk. Ook de trend van het aandeel tov de lokale populatie kan in de tijd geëvalueerd worden.

6.9.4. Benodigdheden

De zoogdierindicatoren zullen worden geëvalueerd in combinatie met de factoren gemiddeld areaal intertidale platen met een minimale droogvalduur van 3 uur per cyclus (6 uur per etmaal) (hoofdstuk 3.2. Hydrodynamiek), de beschikbare lengte aan steile plaatrand (hellingshoek minstens 1.5°), de gemiddelde totale beschikbare oeverlengte platen (hoofdstuk 3.3. Morfologische diversiteit), de jaargemiddelde en maximum concentraties aan verontreinigingen in de bodem en de waterkolom (hoofdstuk 4.7. Toxische stoffen), het voedselaanbod bestaande uit (epi)benthische en pelagische vissen (hoofdstuk 6.7. Vissen), het aantal zeehonden in de Oosterschelde, de Voordelta, en de Waddenzee, het aantal bruinvissen in de Noordzee, en de verstoring door beroepsvaart (factor beroepsvaarttrafic - onderwatergeluid) en recreatie (aantallen boten recreatievaart). Voor alle factoren zal de evaluatie plaatsvinden voor de gehele Westerschelde (segment op niveau 2).

Zeehonden en bruinvis aantallen worden eveneens periodiek bepaald in respectievelijk Oosterschelde, Voordelta, Waddenzee, en in de Voordelta. Aantallen in de Westerschelde zullen worden vergeleken met deze aantallen om te beoordelen of trends gelijk lopen of afwijken.

6.9.5. Beoordeling

Aantal Zeehonden:

Het aantal zeehonden kan toenemen wanneer het voedselaanbod toeneemt. De biomassa platvis kan direct worden bepaald vanuit de boomkorvisserij gegevens (hoofdstuk 6.7. Vissen). Anderzijds kan, bij eenzelfde visdensiteit een toegenomen areaal subtidaal zorgen voor een groter voedselaanbod. Vervolgens zal het aanbod van geschikte platen worden geëvalueerd. Het aantal zeehonden zou kunnen profiteren van een toename van het plaatareaal dat per cyclus meer dan 3 uur droog valt, van een toename van de totale beschikbare lengte aan plaatoevers, of een toename van de totale beschikbare lengte aan steile plaatranden. Een afname van de recreatie op en rond de platen kan ook een positief effect hebben op het aantal zeehonden. Vervolgens wordt bepaald of veranderingen in het aantal zeehonden mogelijk parallel lopen met ontwikkelingen in concentraties aan verontreinigingen. Vervolgens wordt beoordeeld of eventuele trends zich ook voordoen in de Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee.

Een toename van het aantal Gewone zeehonden is gewenst. Een sterkere toename van het aantal zeehonden dan in de aangrenzende wateren wordt als positief beoordeeld. Een constante populatie kan als positief worden beoordeeld wanneer de aantallen in aangrenzende wateren afnemen. Een afname van het aantal zeehonden, niet zichtbaar in de aangrenzende wateren, wordt als ongewenst beoordeeld. Een afname van het aantal zeehonden gelijklopend met trends in andere zeehondgebieden in Nederland wordt neutraal beoordeeld. De waargenomen trend in de Westerschelde of Vlake van de Raan kan te maken hebben met algemene vitaliteit en gezondheid van de (West-Europese) populatie (bv. ziektes) of de trend toont inderdaad een (algemene) achteruitgang van de Westerschelde (in dit geval zou de evaluatie eigenlijk ongewenst uitpakken).

De status van de populatiegrootte ten opzichte van IHD-doelstellingen wordt beoordeelt op het niveau van de Voordelta (doelstelling 200 exemplaren) en de Vlake van de Raan (behoud populatie). Een toename van de bijdrage van de Westerschelde deelpopulatie tot het realiseren van de IHD-Voordelta wordt positief beoordeeld. Een behoud of toename van de aantallen voorkomend in de Vlake van de Raan is positief.

Aantal Bruinvissen:

Het aantal bruinvissen kan toenemen wanneer het voedselaanbod toeneemt. Anderzijds kan, bij een zelfde vis densiteit een toegenomen areaal subtidaal zorgen voor een groter voedselaanbod. Vervolgens wordt bepaald of veranderingen in het aantal bruinvissen mogelijk parallel lopen met ontwikkelingen in concentraties aan verontreinigingen. Vervolgens wordt beoordeeld of eventuele trends zich ook voor doen in de Noordzee.

Een toename van het aantal Bruinvissen is gewenst. Een sterkere toename van het aantal bruinvissen dan in de Noordzee wordt als zeer positief beoordeeld. Een constante populatie kan als positief worden beoordeeld wanneer de aantallen in de Noordzee afnemen. Een afname van het aantal bruinvissen, niet zichtbaar in de Noordzee, wordt als ongewenst beoordeeld.

6.9.6. Conclusie

Voor zowel Gewone zeehond als Bruinvis zijn er instandhoudingsverplichtingen, en wordt een uitbreiding van de populaties door een verbetering van het leefgebied nagestreefd. De populatie ontwikkelingen van beide soorten in de Westerschelde kunnen niet los gezien worden van die van aangrenzende gebieden. Een toename van beiden soorten in de Westerschelde onafhankelijk van de ontwikkelingen in aangrenzende wateren lijkt een goed streven, en ook niet ondenkbaar, omdat er nog wel winst te halen valt in waterkwaliteit, voedselaanbod en habitatkwaliteit.

Daar zeezoogdieren aan de top van de voedselketen staan in de Westerschelde kunnen zij, indien ontwikkelingen tezamen met die aangrenzende gebieden worden geëvalueerd, een goede indicatie geven van de ecologische kwaliteit van het Scheldesysteem. Zeezoogdieren zijn eveneens nuttige indicatoren daar zij gebruikersfuncties en directe verstoringen door het gebruik van het systeem door de mens mee evalueren.

6.10. Referenties

Adriaensen, F., Van Damme, S., Van den Bergh, E., Van Hove, D., Brys, R., Cox, T., Jacobs, S., Konings, P., Maes, J., Maris, T., Mertens, 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, Belgium, 249 pp.

AFNOR (2002). Qualité de l'eau. Détermination de l'indice oligochètes de bioindication des sédiments (IOBS). Norme AFNOR T 90-390. Avril 2002.

Alkyon (2006). Plaatmorfologie Westerschelde; Veranderingen in de plaatmorfologie van de Westerschelde en de gevolgen voor het steltloperhabitat. Onderzoeksrapport A1774, Alkyon Hydraulic Consultancy & Research, 42 pp.

Altenburg, W., Arts, G., Baretta-Bekker, J.G., Van den Berg, M.S., Van den Broek, T., Buskens, R.F.M., Bijkerk, R., Coops, H., Van Dam, H., Van Ee, G., Evers, C.H.M., Franken, R., Higler, B., Ietswaart, T., Jaarsma, N., De Jong, D.J., Joosten, A.M.T., Klinge, M., Knoben, R.A.E., Kranenbarg, J., Van Loon, W.M.G.M., Noordhuis, R., Pot, R., Twisk, F., Verdonschot, P.F.M., Vlek, H., Wolfstein, K., Backx, J.J.G.M., Beers, M.C., Buijse, A.D., Duursema, G., Fagel, M., De Leeuw, J., Van der Molen, J.N. (2007). Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA): Utrecht, Nederland, 375 pp.

Anoniem (2006). Achtergrondnota Natuur – Haven van Antwerpen. Finale versie.

Appeltans, W., Hannouti, A., Van Damme, S., Soetaert, K., Vanthomme, R., Tackx, M. (2003). Zooplankton in the Schelde estuary (Belgium/The Netherlands). The distribution of *Eurytemora affinis*: effect of oxygen? *Journal of Plankton Research* 25: 1441-1445.

Attrill, M.J., Power, M. (2002). Climatic influence on a marine fish assemblage. *Nature* 417: 275-278.

Baars, M.A., Oosterhuis, S.S. (2006). Free chitinase, a marker enzyme for the growth of Crustaceans. NIOZ Annual Report 2006: 62-64.

Barranguet, C., Kromkamp, J. (2000). Estimating primary production rates from photosynthetic electron transport in estuarine microphytobenthos. *Marine Ecology Progress Series* 204: 39-52.

Belpaire, C., Smolders, R., Vanden Auweele, I., Ercken, D., Breine, J., Van Thuyne, G., Ollevier, F. (2000). An Index of Biotic Integrity characterizing fish populations and the ecological quality of Flandrian water bodies. *Hydrobiologia* 434: 17-33.

Beukema, J.J. (1988). An evaluation of the ABC-method (abundance/biomass comparison) as applied to macrozoobenthic communities living on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Marine Biology* 99: 425-433.

- Borja, A., Franco, J., Pérez, V. (2000). A Marine Biotic Index to establish the Ecological Quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40: 1100-1114.
- Bouma, H., De Jong, D.J., Twisk, F., Wolfstein, K. (2005). Zoute wateren EcotopenStelsel (ZES.1): Voor het in kaart brengen van het potentiële voorkomen van levensgemeenschappen in zoute en brakke rijkswateren. Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), Rapport RIKZ/2005.024.
- Breine, J., Simoens, I., Goethals, P., Quataert, P., Ercken, D., Van Liefferinghe, C., Belpaire, C. (2004). A fish-based index of biotic integrity for upstream brooks in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia* 522: 133-148.
- Breine, J.J., Maes, J., Quataert, P., Van den Bergh, E., Simoens, I., Van Thuyne, G., Belpaire, C. (2007). A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia* 575: 141-159.
- Breine, J. (2009). Fish assemblages as ecological indicator in estuaries: the Zeeschelde (Belgium). Doctoraten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2009 (INBO.T.2009.1) Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel.
- Breine, J., Quataert, P., Stevens, M., Ollevier, F., Volckaert, F.A.M., Van den Bergh, E. & J. Maes (2010). A zone-specific fish-based biotic index as a management tool for the Zeeschelde estuary (Belgium) *Marine Pollution Bulletin* 60: 1099-1112.
- Brett, M., Muller-Navarra, D. (1997). The role of highly unsaturated fatty acids in aquatic foodweb processes. *Freshwater Biology* 38: 483-499.
- Brys, R., Ysebaert, T., Escaravage, V., Van Damme, S., Van Braeckel, A., Vandevoorde, B., Van den Bergh, E. (2005). Afstemmen van referentiecondities en evaluatiesystemen in functie van de KRW: afleiden en beschrijven van typespecifieke referentieomstandigheden en/of MEP in elk Vlaams overgangswatertype vanuit de – overeenkomstig de KRW – ontwikkelde beoordelingssystemen voor biologische kwaliteitselementen. Eindrapport VMM.AMO.KRW.REFCOND OW. Instituut voor natuurbehoud IN.O. 2005.7, 178 pp.
- Clarke, K.R. & Warwick, R.M. (2001). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation (2nd edition), PRIMER-E: Plymouth.
- Cole, B.E., Cloern, J.E. (1987). An empirical model for estimating phytoplankton productivity in estuaries. *Marine Ecology Progress Series* 36: 299-305.
- Consortium Arcadis – Technum (2007). Verruiming vaargeul. Verruiming vaargeul Beneden-Zeeschelde en Westerschelde. Hoofdrapport Passende Beoordeling. Rapportage Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium, 132 pp.
- Cox, T.J.S., Maris, T., Soetaert, K., Conley, D.J., Van Damme, S., Meire, P., Middelburg, J.J., Vos, M., Struyf, E. (2009). A macro-tidal freshwater ecosystem recovering from hypereutrophication: the Schelde case study. *Biogeosciences* 6: 2935-2948.

- Craeymeersch, J.A., De Mesel, I., Goudswaard, P.C., Heessen, H.J.L., Henkens, R., Jongbloed, R.H., Kaag, N.H.B.M. (2008). Gezondheidsindicatoren voor het Schelde-estuarium. Een inventarisatie en evaluatie van biologische graadmeters voorgesteld in nationale en internationale kaders, toegepast op het Nederlandse deel van het Schelde-estuarium. Wageningen IMARES, Yerseke, Rapport C020/08.
- Dijkman, N.A., Boschker, H.T.S., Middelburg, J.J., Kromkamp, J.C. (2009). Group-specific primary production based on stable-isotope labeling of phospholipid-derived fatty acids. *Limnology and Oceanography Methods* 7: 612-625.
- Dijkman, N.A., Kromkamp, J.C. (2006). Phospholipid-derived fatty acids as chemotaxonomic markers for phytoplankton: application for inferring phytoplankton composition. *Marine Ecology Progress Series* 324: 113-125.
- Dijkman, N.A., Peene, J., Boschker, H.T.S., Middelburg, J.J., Kromkamp, J.C. (2010). Group-specific primary production in the Scheldt estuary. In prep.
- Dugdale, R.C., Goering, J.J. (1967). Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary production. *Limnology and Oceanography* 12: 196-206.
- Dugdale, R.C., Wilkerson, F.P. (1986). The use of ^{15}N to measure nitrogen uptake in eutrophic oceans; experimental considerations. *Limnology and Oceanography* 31: 673-689.
- Dugdale, R.C., Wilkerson, F.P., Morel, A. (1990). Realization of new production in coastal upwelling areas: a means to compare relative performances. *Limnology and Oceanography* 35: 822-829.
- 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.
- Evans, P.G.H. (2003). Shipping as a possible source of disturbance cetaceans in the ASCOBANS region. ASCOBANS Document MOP4/Doc. 17(S), 88 pp.
- Field, C.B., Behrenfeld, M.J., Randerson, J.T., Falkowski, P. (1998). Primary production of the biosphere: Integrating terrestrial and oceanic components. *Science* 281: 237-240.
- Fockedey, N., Mees, J. (1999). Feeding of the hyperbenthic mysid *Neomysis integer* in the maximum turbidity zone of the Elbe, Westerschelde and Gironde estuaries. *Journal of Marine Systems* 22: 207-228.
- Forster, R.M., Kromkamp, J.C. (2004). Modelling the effects of chlorophyll fluorescence from subsurface layers on photosynthetic efficiency measurement in microphytobenthic algae. *Marine Ecology Progress Series* 284: 9-22.
- Franco, A., Elliott, M., Franzoi, P., Torricelli, P. (2008). Life strategies of fishes in European estuaries: the functional guild approach. *Marine Ecology Progress Series* 354: 219-228.

- Gasparini, S., Castel, J., Irigoien, X. (1999). Impact of suspended particulate matter on egg production of the estuarine copepod, *Eurytemora affinis*. *Journal of Marine Systems* 22: 195-205.
- Heip, C.H.R., Goosen, N.K., Herman, P.M.J., Kromkamp, J., Middelburg, J.J., Soetaert, K. (1995). Production and consumption of biological particles in temperate tidal estuaries. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 33: 1-149.
- 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.
- Hostens, K., Mees, J. (2003). The diet of brown shrimp *Crangon crangon* (L.) in the Westerschelde estuary, in: Hostens, K. (Eds.). *De demersale vis- en macro-invertebraten gemeenschappen van de Westerschelde en Oosterschelde estuaria (Zuidelijke Bocht van de Noordzee)*, pp. 141-156.
- Hostens, K., Moolaert, I. (2006). De macro-, epi- en visfauna op de Vlake van de Raan, in: Coosen, J., Mees, J. et al. (Ed.) (2006). *Studiedag: De Vlake van de Raan van onder het stof gehaald, Oostende, 13 oktober 2006. VLIZ Special Publication*, 35: pp. 116-135.
- 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, 46 pp.
- Kinne, O. (1964). The effects of temperature and salinity on marine and brackish water animals. II. Salinity and temperature salinity combinations. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 2: 281-339.
- Kranenbarg, J., Jager, Z. (2008). Maatlat vissen in estuaria; KRW watertype O2. Rapportage Reptielen Amfibieën Vissen Onderzoek Nederland (RAVON), Projectnummer P2008-86, 36 pp.
- Kromkamp, J., Peene, J., Van Rijswijk, P., Sandee, A., Goosen, N. (1995). Nutrients, light and primary production by phytoplankton and microphytobenthos in the eutrophic turbid Westerschelde estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia* 311: 9-19.
- Kromkamp, J.C., Peene, J. (2005). Changes in phytoplankton biomass and primary production between 1991 and 2001 in The Westerschelde Estuary (Belgium/The Netherlands). *Hydrobiologia* 540: 117-126.
- Kromkamp, J.C., Forster, R.M. (2006). Development in microphytobenthos primary productivity studies. In: Kromkamp, J.C., De Brouwer, J.F.C., Blanchard, G.F., Forster, R.M., Creach, V. (eds.) *Functioning of microphytobenthos in estuaries*. Amsterdam, Editas, pp. 9-30.
- Kromkamp, J.C., Morris, E.P., Forster, R.M., Honeywill, C., Hagerthey, S., Paterson, D.M. (2006). Relationship of intertidal surface sediment chlorophyll concentration to hyperspectral reflectance and chlorophyll fluorescence. *Estuaries and Coasts* 29: 183-196.
- LNV (2006). Natura 2000 gebied 122 – Westerschelde & Saeftinghe. Gebiedendocument november 2006.

LNV (2008). Profielen Vogels, versie 1 september 2008. Slobeend (*Anas clypeata*) A056. (www.synbiosys.alterra.nl/natura2000).

LTV (2000). Situatieschets visserij Schelde estuarium. Nota in het kader van de langetermijnvisie Schelde estuarium. 10 pp.

Mackey, M.D., Mackey, D.J., Higgins, H.W., Wright, S.W. (1996). CHEMTAX - A program for estimating class abundances from chemical markers: Application to HPLC measurements of phytoplankton. *Marine Ecology Progress Series* 144: 265-283.

Maes, J., Tackx, M., Soetaert, K. (2005a). The predation impact of juvenile herring *Clupea harengus* and sprat *Sprattus sprattus* on estuarine zooplankton. *Hydrobiologia* 540: 225-235.

Maes, J., Belpaire, C., Breine, J., Goemans, G. (2005b). Vissen als gezondheidsindicatoren voor de toestand van het Zeeschelde-ecosysteem. *Water Nieuwsbrief* 17: 1-7.

Maes, J., Stevens, M., Breine, J. (2007). Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 75: 151-162.

Maes, J., Stevens, M., Breine, J. (2008). Poor water quality constrains the distribution and movements of twaite shad *Alosa fallax fallax* (Lacépède, 1803) in the watershed of river Scheldt. *Hydrobiologia*. 602: 129-143.

Meininger, P.L., Witte, R.H., Graveland, J. (2003). Zeezoogdieren in de Westerschelde: knelpunten en kansen. Rapport RIKZ/2003.041, 72 pp.

Meire, P., Maris, T. (2008). MONEOS Geïntegreerde monitoring van het Schelde-estuarium. Universiteit Antwerpen, Ecosystem Management Research Group, ECOBE rapport 08-R-113, 173 pp.

Oosterhuis, S.S., Baars, M.A., Klein Breteler, W.C.M. (2000). Release of the enzyme chitinase by the copepod *Temora longicornis*: characteristics and potential tool for estimating crustacean biomass production in the sea. *Marine Ecology Progress Series* 196: 195-206.

OSPAR Commission (2008). Second OSPAR integrated report on the eutrophication status of the OSPAR maritime area. Report OSPAR Eutrophication Series, 107 pp.

Paelinckx D., Sannen, K., Goethals, V., Louette, G., Rutten, J., Hoffmann, M. (2009). Gewestelijke doelstellingen voor de habitats en soorten van de Europese Habitat- en Vogelrichtlijn voor Vlaanderen. Mededelingen van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek, Brussel. INBO.M.2009.6.

Paterson, D.M. (1989). Short-term changes in the erodibility of intertidal cohesive sediments related to the migratory behaviour of epipelagic diatoms. *Limnology and Oceanography* 34: 223-234.

Piesschaert, F., Van Ryckegem, G., Van Hove, D., Adriaensen, F., Van Braeckel, A., Van den Bergh, E., Jacobs, S., Meire, P., Nachtergale, L. (2007). Ruimtelijke

potentieverkenning van de instandhoudingsdoelstellingen voor broedvogels binnen het Zeescheldebekken. Werkdocument Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. INBO.IR.2007.02.

Rappold, C., Ens, B.J. (2007). Scholeksters en de verruiming van de Westerschelde. Modelberekeningen voor de periode 1992-2015 aan het effect van de voorgenomen verruiming van de vaargeul op het aantal scholeksters. EcoCuves rapport 5, SOVON-onderzoeksrapport 2007/03, Haren, 57 pp.

Redant, F., Polet, H. (2003). De garnaalvisserij: een kustgebruikersgroep met kopzorgen. Communicatie CLO, Departement Zeevisserij, Oostende, 5 pp.

Reijnders, P.J.H. (1986). Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. *Nature* 324: 456-457.

Revsbech, N.P., Jørgensen, B.B. (1983). Photosynthesis of benthic microflora measured with high spatial resolution by the oxygen microprofile method: capabilities and limitations of the method. *Limnology and Oceanography* 28: 749-756.

Rijkswaterstaat (2009). Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren (BPRW) 2010-2015: Werken aan een robuust watersysteem. Rijkswaterstaat, 175 pp.

Sautour, B., Castel, J. (1995). Comparative spring distribution of zooplankton in three macrotidal European estuaries. *Hydrobiologia* 311: 139-151.

Serôdio, J., Da Silva, J.M., Catarino, F. (1997). Nondestructive tracing of migratory rhythms of intertidal benthic microalgae using in vivo chlorophyll fluorescence. *Journal of Phycology* 33: 542-553.

Serôdio, J. (2003). A chlorophyll fluorescence index to estimate short-term rates of photosynthesis by intertidal microphytobenthos. *Journal of Phycology* 39: 33-46.

Sisttermans, W.C.H., Hummel, H., Bergmeijer, M.A., Blok, D., Engelberts, A.G.M., De Witte-Dek, L., Dekker, A., Hartog, E., Van Hoesel, O.J.A., Kleine Schaars, L., Markusse, M.M. (2009). Het macrobenthos van de Westerschelde, de Oosterschelde, het Veerse Meer en het Grevelingenmeer in het Voor- en najaar van 2008. Rapportage in het kader van het Biologisch Monitoring Programma. Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 05.

Soetaert, K., Herman, P.M.J. (1995). Nitrogen dynamics in the Westerschelde estuary (SW Netherlands) estimated by means of the ecosystem model MOSES. *Hydrobiologia* 311: 225-246.

Speybroek, J., Breine, J., Vandevoorde, B., Van Wichelen, J., Van Braekel, A., Van Burm, E., Van den Bergh, E., Van Thuyne, G., Vyverman, W. (2008). KRW doelstellingen in Vlaamse getijrivieren. Afleiden en beschrijven van typespecifiek maximaal ecologisch potentieel en goed ecologisch potentieel in een aantal Vlaamse getijrivier-waterlichamen vanuit de – overeenkomstig de Kaderrichtlijn Water – ontwikkelde relevante beoordelingssystemen voor een aantal biologische kwaliteitselementen. Rapport INBO; INBO.R.20908.56. 153 pp.

- Stevens, M., Van den Neucker, T., Mouton, A., Buysse, D., Martens, S., Baeyens, R., Jacobs, Y., Gelaude, E., Coeck J. (2009). Onderzoek naar de trekvissoorten in het stroomgebied van de Schelde. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel. INBO.R. 2009.9., 188p.
- Struyf, E. (2005). The role of freshwater marshes in estuarine silica cycling (Scheldt estuary). Thesis University of Antwerp, Antwerpen, Belgium, 162 pp.
- Struyf, E., Meire, P., Van Damme, S., Middelburg, J. (2006). Zoetwaterschorren als siliciumbuffers in het Schelde-estuarium. *Water* 24: 1-7.
- Struyf, E., Conley, D.J. (2009). Silica: an essential nutrient in wetland biogeochemistry. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 88-94.
- Tackx, M., Azémar, F., Boulêtreau, S., De Pauw, N., Bakker, K., Satour, B., Gasparini, S., Soetaert, K., Van Damme, S., Meire, P. (2005). Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherlands: long-term trends in spring populations. *Hydrobiologia* 540: 275-278.
- Tulp, I., Craeymeersch, J., Leopold, M., Van Damme, C., Fey, F., Verdaat, H. (2010). The role of the invasive bivalve *Ensis directus* as food source for fish and birds in the Dutch coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (in press: doi: 10.1016/j.ecss.2010.07.008).
- Underwood, G.J.C., Kromkamp, J. (1999). Primary production by phytoplankton and microphytobenthos in estuaries. *Advances in Ecological Research* 29: 93-153.
- Underwood, G.J.C., Paterson, D.M. (2003). The importance of extracellular carbohydrate production by marine epipelagic diatoms. *Advances in Botanical Research* 40: 183-240.
- 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 Damme, S., Van Hove, D., Ysebaert, T., De Deckere, E., Van den Bergh, E., Meire, P. (2003). Ontwikkelen van een score of index voor fytoplankton, macrozoobenthos, macro-algen en angiospermen voor de Vlaamse overgangswateren volgens de Europese Kaderrichtlijn Water. Report ECOBE 03-R54, Universiteit Antwerpen, Wilrijk.
- Vandelannoote, A., Ysebaert, R., Bruylants, B., Verheyen, R., Coeck, J., Maes, J., Belpaire, C., Van Thuyne, G., Denayer, B., Beyens, J., De Charleroy, D., Vandenabeele, P. (1998). Atlas van de Vlaamse Beek- en Riviervissen. Water Energie en Leefmilieu, Wijnegem.
- Van den Bergh, E., Ysebaert, T., Meire, P. (2005). Water bird communities in the Lower Zeeschelde: long-term changes near an expanding harbour. *Hydrobiologia* 540: 237-258.
- Van den Bergh, E. (2009). Evolutie van het totaal aantal watervogels langs de Zeeschelde sinds 1991. *Schelde Nieuwsbrief* 61: 1-3.

- Van den Meersche, K., Soetaert, K., Middelburg, J.J. (2008). A Bayesian compositional estimator for microbial taxonomy based on biomarkers. *Limnology and Oceanography Methods* 6: 190-199.
- Van de Pol, M., Brouwer, L., Ens, B.J., Oosterbeek, K., Tinbergen, J.M. (2010). Fluctuating selection and the maintenance of individual and sex-specific diet specialization in free-living oystercatchers. *Evolution* 64: 836-851.
- Van der Wal, D., Wielemaker-van den Dool, A., Herman, P.M.J. (2008). Monitoren van intertidaal slib en microfytobenthos met remote sensing. Rapport Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Centrum voor Estuarine en Mariene Ecologie, Yerseke, 62 pp.
- Van der Wal, D., Wielemaker-van den Dool, A., Herman, P. (2010). Spatial synchrony in intertidal benthic algal biomass in temperate coastal and estuarine ecosystems. *Ecosystems* 13: 338-351.
- Van Dijk, A.J., Boele, A., Hustings, F., Koffijberg, K., Plate, C.L. (2010). Broedvogels in Nederland in 2008. SOVON-monitoringsrapport 2010/01. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Van Hoey, G., Drent, J., Ysebaert, T.J., Herman, P.M.J. (2007). The Benthic Ecosystem Quality Index (BEQI), intercalibration and assessment of Dutch coastal and transitional waters for the Water Framework Directive: Final report. *NIOO Rapporten*, 2007-02. The Netherlands. 244 pp.
- Van Roomen, M., Van Winden, E., Koffijberg, K., Van den Bremer, L., Ens, B., Kleefstra, R., Schoppers, J., Vergeer, J.-W., SOVON Ganzen- en Zwanenwerkgroep, Soldaat, L. (2007). In Nederland in 2005/2006. SOVON-monitoringsrapport 2007/03, Waterdienst-rapport BM07.09. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Van Ryckegem, G., De Regge, N., Van den Bergh, E. (2006). Voedseleecologie en gedrag van overwinterende watervogels langs de Zeeschelde; een methodologische studie. INBO.R 2006.2B. Instituut voor Natuur/ en Bosonderzoek, Brussel, 115 pp.
- Van Wesenbeeck, B., Holzhauer, H., Troost, T. (2010). Using habitat classification systems to assess impacts on ecosystems. Validation of the ZES.1 for the Westerschelde. Report Deltares, 55 pp.
- Vlaamse regering (2000). Speciale beschermingszones in Vlaanderen in uitvoering van de Europese Richtlijn 79/409/EEG (Vogelrichtlijn); SBZ – V, Besluiten van de Vlaamse regering van 17 oktober 1988, 20 september 1996, 23 juni 1998 en 17 juli 2000, Overzicht van de soorten per Vogelrichtlijngebied, 18 pp.
- Vlaamse regering (2001). Speciale beschermingszones in Vlaanderen in uitvoering van de Europese Richtlijn 92/43/EEG (Habitatrichtlijn); SBZ – H, Beslissing van de Vlaamse regering van 4 mei 2001, Overzicht van de habitats en soorten per Habitatrichtlijngebied, 49 pp.

VMM (2008). Biologische beoordeling van de natuurlijke, sterk veranderde en kunstmatige oppervlaktewaterlichamen in Vlaanderen conform de Europese Kaderrichtlijn Water. Rapport Vlaamse Milieumaatschappij, 76 pp.

Wambacq, M. (2010). Temporele patronen in de samenstelling en gemeenschapsstructuur van de ichtyofauna in de Beneden-Zeeschelde. Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van Master in de Biologie. Academiejear 2009-2010 KULeuven, 82 pp.

Warwick, R.M., Clarke, K.R. (1993). Comparing the severity of disturbance: a meta-analysis of marine macrobenthic community data. *Marine Ecology Progress Series* 92: 221-231.

Werkgroep Westerschelde (2000). Situatieschets visserij Schelde estuarium. Rapportage in het kader van de langetermijnvisie Schelde estuarium (LTVS), 10 pp.

Wijnhoven, S., Van Hoey, G., Sistermans, W., Escaravage, V. (2006). Validatie Ecotopenstelsel Westerschelde. NIOO-CEME Report, Monitor Taskforce Publication Series 2006 – 08.

Wijnhoven, S., Herman, P.M.J., Ysebaert, T., Van der Wal, D. (2007). Robustness parameters habitat assessment tools. NIOO-CEME Report, Monitor Taskforce Publication Series 2007 – 11.

Wijnhoven, S., Hummel, H. (2009). Historische analyse exoten in de Zeeuwse delta. De opkomst, verspreiding, ontwikkeling en impact van exoten onder de macrofauna van het zachte substraat in de Zeeuwse brakke en zoute wateren. NIOO-CEME, Yerseke, the Netherlands. Report, Monitor Taskforce Publication Series 2009 – 11.

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.

Witte, R.H. (2001). De functie van de Westerschelde voor zeezoogdieren; kansen en bedreigingen voor met name de gewone zeehond en bruinvis. Rapportage Bureau Waardenburg, Rapport 01-116, 74 pp.

Ysebaert, T., Herman, P.M.J. (2002). Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. *Marine Ecology Progress Series* 244: 105-124.

Ysebaert, T., Herman, P.M.J., Meire, P., Craeymeersch, J., Verbeek, H., Heip, C.H.R. (2003). Large-scale spatial patterns in estuaries: estuarine macrobenthic communities in the Schelde estuary, NW Europe. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 57: 335-355.

Fiche 6.2. Primaire Productie

- Fytoplankton & Microfytobenthos

De primaire productie vormt de basis van het estuariene voedselweb en bepaald de potentiële productie en diversiteit van de hogere trofische niveaus. Zowel fytoplankton als microfytobenthos zullen worden geëvalueerd omdat de samenstelling en de verhouding tussen beiden de efficiëntie van de koolstof-transfer door het voedselweb bepalen. Het fytoplankton kan in potentie grote problemen in het systeem veroorzaken door algenbloei (plaag of toxische algen) en/of algensterfte. Het microfytobenthos speelt een belangrijke rol bij bodemfixatie.

Wat leert ons de evaluatie van de Primaire Productie

De primaire productie bepaald de draagkracht voor de hogere trofische niveau's.

Het fytoplankton en microfytobenthos reageert sterk op de nutriënteninput (kwantiteit en verhoudingen).

Fytoplanktonbloei kan in potentie voor problemen zorgen in het systeem (zuurstofloosheid en dien ten gevolgen massale sterfte van organismen van verschillende trofische niveaus).

De grotendeels door DSi bepaalde competitie tussen algen en diatomeeën voor nutriënten kan problemen door de hoge nutriëntenlast (P en N) in het systeem voorkomen.

Indicatoren Primaire Productie

Chlorofyl-a-concentratie (fytoplankton & microfytobenthos), Markerpigmenten concentraties (fytoplankton & microfytobenthos), Primaire productie (fytoplankton & microfytobenthos), *Phaeocystis* cellendichtheid, *Noctiluca scintillans* cellendichtheid.

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Chlorofyl-a-concentratie waterkolom per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- Chlorofyl-a-concentratie intertidaal per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- Markerpigment (chl_a, chl_b, chl_c, FX, PD, AX, Zea, Can) concentraties waterkolom per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- Markerpigment (chl_a, chl_b, chl_c, FX, PD, AX, Zea, Can) concentraties intertidaal per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- Primaire productie waterkolom per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- Primaire productie concentratie intertidaal per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- *Phaeocystis* sp cellendichtheid waterkolom per segment niveau 3 voor ieder tijdstip
- *Noctiluca scintillans* cellendichtheid waterkolom per segment niveau 3 voor ieder tijdstip

Berekening indicatoren

De meetwaarden worden maandelijks bepaald, en twee maal per maand gedurende de zomer maanden (Maart - Augustus). Bepaal de piekwaarden voor de chlorofyl-a en de markerpigment concentraties per segment, bepaal het tijdstip met de piekwaarde per segment, en het segment met de piekwaarde per indicator.

Bereken de jaargemiddelde waarde voor de chlorofyl-a, markerpigmenten en primaire productie indicatoren per segment, en doe dit op niveau 3, 2 en 1.

Bepaal de tijdstippen waarop het aantal cellen aan *Phaeocystis* sp de 10^6 overschrijdt, en de tijdstippen waarop het aantal cellen aan *Noctiluca scintillans* de 10^4 overschrijdt. Bepaal de lengtes van de periodes waarop de soorten de genoemde dichtheden overschrijden.

Bereken de jaargemiddelde waarde aan aantallen cellen voor *Phaeocystis* sp en *Noctiluca scintillans*.

Beoordeling indicatoren

Een toename in de primaire productie gewenst, tenzij ook de Chl-a-concentratie toeneemt. Wanneer de Chl-a-concentratie toe neemt wordt dit negatief beoordeeld als het zoöplankton en het macrozoöbenthos (of de schelpdierbiomassa) niet mee groeit, of het chlorofyl, zuurstof limitatie veroorzaakt.

Een afname van de Chl-a-concentratie en/of de primaire productie door een afname van de retentie en/of een inkrimping van de productiviteitszone is niet gewenst.

Een toename van de primaire productie en/of het chlorofylgehalte door een toename van het doorzicht is gewenst.

Een toename van de primaire productie en/of het chlorofylgehalte door een toename van de temperatuur is ongewenst, waarbij lokale opwarming als negatief wordt beoordeeld.

Er wordt gestreefd naar P- of N-gelimiteerde primaire productie.

Een toename van de microfyto-benthos Chl-a door een toename van het areaal aan intertidaal is positief wanneer dit in de richting van de MEP is.

De Chl-a/Fucoxanthine verhouding wordt negatief beoordeeld wanneer die toe neemt door een afname van het Dsi-aanbod.

Een afname van de Chl-a/Fucoxanthine-verhouding door een toename van de begrazingsdruk wordt in principe positief beoordeeld.

Een toename van de dinoflagellaten is ongewenst.

Bloei van *Phaeocystis* sp of *Noctiluca scintillans* is ongewenst. Een reductie van de frequentie van voorkomen van bloei of verkorting van de gemiddelde bloei-periode wordt positief beoordeeld.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met een referentie situatie, of op T_1 met T_0 . Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die primaire productie beïnvloeden).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Voor de primaire productie (PP_{fp} & PP_{fb}) wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel hieraan veranderingen in doorzicht, totale nutriënten (P, N, DSi) concentraties in de waterkolom en nutriëntverhoudingen (P/DSi en N/DSi), gemiddelde temperatuur en periode met temperatuur boven de 12°C , tijdstip temperatuur voor het eerste boven de 12°C , areaal per saliniteitszone, gemiddelde saliniteit, en/of waterretentie zijn opgetreden.

Voor de Chlorofyl-a-concentratie ($Chl-a_{fp}$ & $Chl-a_{fb}$) wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel hieraan veranderingen in primaire productie, totale nutriënten (P, N, DSi) concentraties in de waterkolom en nutriëntverhoudingen (P/DSi en N/DSi), zoöplanktonbiomassa, macrozoöbenthosbiomassa, schelpdierbiomassa,

waterretentie, areaal per saliniteitszone, gemiddelde saliniteit, intertidale areaal zijn opgetreden.

Voor de markerpigment concentraties ((chl*b*, chl*c*, FX, PD, AX, Zea, Can)_{fp} & (chl*b*, chl*c*, FX, PD, AX, Zea, Can)_{MPB}) wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel hieraan veranderingen in chlorofyl-a-concentratie, de habitatareaalverdeling, areaal per saliniteitszone, gemiddelde saliniteit, de waterretentie, de biomassa aan macrozoöbenthos, en de nutriëntverhoudingen (P/DSi en N/DSi) zijn opgetreden.

Voor *Phaeocystis sp* en *Noctiluca scintillans* voor dezelfde segment x tijd-combinatie geanalyseerd of parallel hieraan veranderingen in de watertemperatuur, de totale nutriënten (P, N, DSi) concentraties in de waterkolom en nutriëntverhoudingen (P/DSi en N/DSi), areaal per saliniteitszone, of gemiddelde saliniteit zijn opgetreden.

Hiervoor zijn de volgende factoren nodig die worden aangeleverd vanuit andere thema's.

Benodigde factoren

- Jaargemiddeld doorzicht per segment niveau 3
- Maand- en jaargemiddelde waterretentie per segment niveau 2
- Jaargemiddelde temperatuur per segment niveau 3
- Datum waarop de water temperatuur voor het eerst boven de 12 °C reikt, en datum waarop de temperatuur voor het laatst de 12 °C haalt per segment niveau 3
- Maand- en jaargemiddelde saliniteit per segment niveau 3
- Gemiddeld areaal zoet, oligohalien, mesohalien, polyhalien, euhalien (begrenzungen bij saliniteit van 0.5, 5.4, 18 en 30) per segment niveau 2
- Maand- en jaargemiddelde nutrient concentraties (P, N, DSi) in de waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddelde en piek-zoöplanktonbiomassa per segment niveau 3
- Gemiddelde macrozoöbenthosbiomassa per segment niveau 2
- Najaarsbiomassa filtrerend macrozoöbenthos (schelpdieren) voor de Westerschelde en de Vlakte van Raan (segmenten niveau 2)
- Oppervlak aan intertidaal per segment niveau 3
- Bereken vanuit bovengenoemde gegevens een indicatie voor de lengte van het groeiseizoen als periode met een watertemperatuur boven de 12 °C per segment niveau 3
- Bereken vanuit bovengenoemde gegevens de nutriëntverhoudingen P/DSi en N/DSi.

Overige werkzaamheden

Geen extra factoren en/of berekeningen met betrekking tot primaire productie benodigd.

Kennisleemtes

- Methodiekbepaling primaire productie dient voor alle meetstations op elkaar te worden afgestemd.
- Het is onduidelijk of metingen van primaire productie in alle segmenten plaats vinden in het huidige monitoringprogramma.
- Het aantal monitoringstations voor microfytobenthos is niet toereikend en dient te worden uitgebreid naar ten minste één locatie per segment niveau 3.
- C14- en PAM-methodiek dient tijdelijk op een aantal locaties parallel te lopen om de methodieken op elkaar te ijken.
- Het valt te overwegen om op den duur over te stappen op continu-meting van primaire productie en hiervoor de PROTOOL-methodiek op basis van FRRF-metingen verder te ontwikkelen.

-Het valt te overwegen om de methodiek voor microfytobenthosmonitoring en evaluatie op basis van remote sensing verder te ontwikkelen zodat deze methodiek (die vlakdekkend werkt) op den duur kan worden ingezet.

Fiche 6.3. Macrofyten

In de evaluatie Macrofyten ligt wat betreft de diversiteit soorten de klemtoon op de soortenrijkdom, de sleutelsoorten³ en de beoordeling van habitatrichtlijnsoorten. Als indicator voor het ecologisch functioneren wordt het schorareaal geanalyseerd vanwege de rol in de siliciumrecyclage. Het siliciumrecyclerende vermogen met als indicator het schorareaal wordt getoetst ten opzichte van eutrofiëring en de daarbij behorende potentiële negatieve effecten. De siliciumbalans beïnvloedt de competitie tussen diatomeeën en fytoplankton en daarmee de stofstromen in het voedselweb. Daar deze functie van schorren reeds is meegewogen in de schorareaal doelstellingen ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water, tevens gehanteerd voor de evaluatie 'Habitat areaal verdelin en dynamiek', wordt daar in deze evaluatie bij aangesloten.

Wat leert ons de macrofyten-evaluatie

Een gunstige soortenrijkdom geeft een indicatie over de habitatdiversiteit. Hoge soortenrijkdom staat in relatie tot een goede habitatkwaliteit. Veranderingen in soortenrijkdom/voorkomen van sleutelsoorten of in abundantie van de sleutelsoorten geeft een signaal over de verandering in habitatkwaliteit. De evaluatie kan ook informatief zijn met betrekking tot het beheer van de schorren.

Het schoraanbod geeft een indicatie van het bufferende vermogen van het systeem ten opzichte van problemen met nutriënten verrijking en daaruit volgende mogelijke problemen met probleemalgen.

Indicatoren Macrofyten

Soortenrijkdom, sleutensoortenrijkdom en sleutelsoortenabundantie
Habitatrichtlijnsoorten (groenknolorchis)
Schorareaal

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Per schorgebied, per vegetatiezone (schorecotoop), per habitattype data met betrekking tot de soortenrijkdom, voorkomen van de sleutelsoorten, sleutelsoortabundantie
- Vegetatiekaart (schorecotopenkaart) met buitendijksgebied (ha), totaal schorren oppervlak (ha), totaal rietschorrenoppervlak (ha)
- Populatiekenmerken groenknolorchis-sites (aantal bloeiende exemplaren, habitatoppervlakte)

Berekening indicatoren

Soortenrijkdom

De evaluatie van de soortenrijkdom gebeurt per segment op niveau 3. De geselecteerde schorren waarbinnen stratified random gesampled wordt zijn afgebakend op basis van de breedtemaat (> 75m) (zie hoofdstuk 7 Habitatdiversiteit). De indicator berekening is eenvoudig:

- Gemiddelde van de som van de geïnventariseerde soorten per habitat/vegetatietype per segment van niveau 3.
- Gemiddelde van de som van de geïnventariseerde sleutelsoorten per habitat/vegetatietype per segment van niveau 3.
- Gemiddelde bedekkingspercentage van de geïnventariseerde soorten per habitat/vegetatietype per segment van niveau 3.

³ In de Vlaamse context wordt de term 'sleutelsoort' gehanteerd, in de Nederlandse literatuur hanteert men de term 'typische soort'. De definitie van de term is enigszins verschillend maar beide soortenlijsten worden als complementair gezien voor deze evaluatie-techniek. De term 'sleutelsoort' is hierdoor enigszins breder dan de criteria van T'Jollyn *et al.*, 2009 (zie het hoofdstuk)

Aan de hand van de gemaakte ecotopenkaart van het Scheldesysteem wordt om de 6 jaar (of bij tussentijdse ecotopenkaarten kunnen tussentijdse evaluaties plaats vinden) het totale schoroppervlak per segment niveau 3 geevalueerd.

Beoordeling indicatoren

Soortenrijkdom

Een toename van het aantal soorten is gewenst.

Analyse

1. Vergelijk de gemiddelde soortrijkdom per segment op niveau 3 voor T_0 met referentie (1992 voor ZS; XXXX voor WS), voor T_1 vergelijk met T_0 .
2. Vergelijk de indicatorresultaten met de resultaten van de factoren

Hiervoor zal nagegaan worden of de soortrijkdom in relatie staat tot schorecotooppoppervlakte, reliëf-index, schor-connectiviteit, de maatlat voor de vegetatiezonediversiteit en de vegetatiediversiteit

Sleutelsoorten

Een toename van het aantal soorten is gewenst. Een toename in de bedekking is gewenst

Analyse

3. Vergelijk het gemiddelde aantal sleutelsoorten per segment op niveau 3 voor T_0 met referentie (1992 voor ZS; XXXX voor WS), voor T_1 vergelijk met T_0 .
4. Vergelijk bedekkingspercentage van de sleutelsoorten per segment op niveau 3 voor T_0 met referentie (1992 voor ZS; XXXX voor WS), voor T_1 vergelijk met T_0 .
5. Vergelijk het gemiddelde bedekkingspercentage van de sleutelsoorten op niveau 3 voor T_0 met referentie (1992 voor ZS; XXXX voor WS), voor T_1 vergelijk met T_0 .
6. Vergelijk de indicatorresultaten met de resultaten van de factoren

Hiervoor zal nagegaan worden of de soortrijkdom in relatie staat tot schorecotooppoppervlakte, reliëf-index, schor-connectiviteit, de maatlat voor de vegetatiezone diversiteit en de vegetatiediversiteit.

Schorareaal

Een toename in het schorareaal tot de voorgestelde oppervlaktes volgens de GEP (zie Tabel 5.1 hoofdstuk 5.2) is gewenst.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicator voor T_0 de uitkomst met een referentiesituatie, of op T_1 met T_0 .
2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die samenhangen met de bufferwerking van het schorareaal).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Er zal worden geanalyseerd of het schorareaal (potentiële schor-buffercapaciteit) per segment op de niveau's 1 en 3 samenhangen met gemiddelde concentraties aan DSi, en de gemiddelde en maximale concentraties aan fucoxanthine (diatomeeën biomassa).

Hiervoor zijn de volgende factoren nodig die worden aangeleverd vanuit andere thema's.

Benodigde factoren

- Connectiviteitsmaat tussen grote schorren
- Reliëf-index per schor
- Vegetatiediversiteit per schor
- Vegetatiezone maatlat per segment niveau 3
- Ecotooppoppervlaktes (ten minste om de 6 jaar)
- Jaargemiddelde concentraties aan DSi per segment niveau 3
- Jaargemiddelde en maximale concentraties aan fucoxanthine (diatomeeën biomassa) per segment niveau 3
- Mogelijke ingreepfactoren: nieuwe schorgebieden per segment niveau 3

Overige werkzaamheden

nvt

Kennisleemtes

Het is onduidelijk of de huidige monitoring (FICHE P-DS-V-001a – Hogere planten; FICHE S-DH-N-003 – vegetatie niet volledig geen informatie hoe de soortenrijkdom/samenstelling bepaald wordt) volstaat voor de soortrijkdom indicator. Met name de natura2000 habitatype-evaluatie op basis van de sleutelsoorten is mogelijk nog onvoldoende geïntegreerd. Deze vraag is op dit moment moeilijk te beantwoorden omdat 1. de methodiek voor de LSVI te bepalen nog niet in detail uitgewerkt is, 2. de Fiches onvolledig zijn. Het (voorlopige) voorstel van de sleutelsoorten-indicator (en dus ook voor bepaling van de soortenrijkdom) is een bepaling door vegetatieopnames volgens een stratified random-steekproef (PQ's) per segment op niveau 3 per schorecotoop/habitatype/vegetatietype. Uit de Nederlandse fiche is niet af te leiden hoe de soortenrijkdom of aanwezigheid van typische soorten wordt bepaald in de schorren/vegetatiezones/natura2000 habitats of vegetatietypes.

Fiche 6.4. Zoöplankton

Het zoöplankton representeert de pelagische secundaire productie en vormt zodoende de schakel tussen de primaire producenten en de secundaire consumenten als hyperbenthos en macrozoöbenthos en hogere trofische niveaus als vissen.

Er kan onderscheid worden gemaakt in het mesozoöplankton, bestaande uit copepoden en cladoceren hetgeen belangrijke grazers van het fytoplankton zijn, en het microzoöplankton bestaande uit rotiferen, ciliaten en flagellaten, die voornamelijk zorgen voor een opname van detritus in de voedselketen.

Alleen het mesozoöplankton wordt geëvalueerd.

Wat leert ons de zoöplankton-evaluatie

De zoöplanktonsamenstelling en -biomassa zal reageren op veranderingen in de fytoplankton gemeenschappen (OSPAR Commission, 2008) en geeft daarmee informatie over veranderingen in de primaire productie en mogelijke doorwerking en effecten hiervan in het voedselweb.

De zoöplanktonsamenstelling wordt beïnvloed door de fytoplankton/detritus-verhouding en is daarmee een indicator voor het effect van bepaalde ingrepen in het Schelde-systeem.

Er zijn sterke aanwijzingen dat zoöplankton gedurende bepaalde perioden in het jaar voor delen van het systeem, de draagkracht bepaalt voor bepaalde vissen en wellicht ook vogels.

Het zoöplankton zal in de toekomst een meer significante rol zal gaan spelen in de controle van de fytoplanktonbiomassa, met name in het zoetwatergedeelte van het Schelde-estuarium (Cox *et al.*, 2009). Het is hiermee een indicatie voor het herstel van zoöplankton-etende vissen.

Verschuivingen in de jaarrond samenstelling, maar ook verschuivingen in tijd (bv. timing van piek in biomassa) en ruimte (bv. locatie piek met maximum biomassa) kunnen wijzen op veranderingen in het systeem die met andere indicatoren niet worden opgemerkt.

Indicatoren Zoöplankton

Totale zoöplanktonbiomassa, Totale biomassa *Eurytemora affinis*, Soortelijk gewicht *E. affinis* (conditie en populatie-opbouw), Soortenrijkdom zoöplankton, Soortendiversiteit zoöplankton

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Mesozoöplanktondichtheden per soort (n/m^3) voor ieder tijdstip op ieder station
- Gemiddelde soortelijke gewichten van vergelijkbare systemen verkregen uit de literatuur voor omrekening naar biomassa ($mg\ ADW/m^3$)
- Soortelijk gewicht *Eurytemora affinis* ($mg\ ADW$) bepaald voor ieder tijdstip op ieder station
- Populatie-opbouw *E. affinis* in procenten per ontwikkelingsstadium voor ieder tijdstip op ieder station

Berekening indicatoren

Bereken op niveau 3 per segment en per maand de totale zoöplanktonbiomassa (ADW_{zp}) door dichtheden per soort te vermenigvuldigen met de gemiddelde soortelijke gewichten

afkomstig uit de literatuur (met uitzondering van *E. affinis* waarvoor deze wordt bepaald). Bepaal de jaargemiddelde ADW_{zp} en per segment het tijdstip van de piekbiomassa en per maand het segment met de piekbiomassa.

Bereken op niveau 3 per segment en per maand de biomassa aan *E. affinis* (ADW_{Ea}) door aantallen te vermenigvuldigen met het bepaalde soortelijke gewicht. Bepaal het jaargemiddelde ADW_{Ea} en per segment het tijdstip van de piekbiomassa, en per maand het segment met de piekbiomassa. Bepaal tevens de ruimtelijke range van voorkomen voor *E. affinis*.

Bereken op niveau 3 per segment en maand het soortelijk gewicht van *E. affinis* (fit_{Ea}) en bepaal de populatiesamenstelling.

Bereken op niveau 3 per segment en maand de zoöplanktonsoortenrijkdom (d_{zp}) volgens

Margalef: $d_{zp} = \frac{(S - 1)}{\ln(n)}$, en de soortendiversiteit (H'_{zp}) volgens Shannon:

$H'_{zp} = - \sum_{i=1}^n p_i * \ln(p_i)$, waarin S = het aantal soorten, n = het aantal individuen en p_i = het aandeel van de i -de soort op het totaal aantal individuen, allen per standaard monster.

(voor de bepaling van pieken in de tijd is gedurende de zomermaanden, Maart-Augustus, twee maal per maand een monsternamen noodzakelijk).

Beoordeling indicatoren

Toename in zoöplankton biomassa tenzij veroorzaakt door afname predatiedruk en niet achterblijvend bij primaire productie geeft positieve beoordeling.

Toename zoöplanktonbiomassa door toename chlorofyl-a/detritus-ratio is gewenst.

Vervroeging zoöplanktonpiek door opwarming systeem is ongewenst; met name als de oorzaak lokale opwarming is.

Verschuiving piekbiomassa *E. affinis* stroomopwaarts is gewenst wanneer deze wordt veroorzaakt door een biomassa toename stroomopwaarts en niet alleen door een biomassa afname stroomafwaarts.

Afname soortelijk gewicht door afname conditie *E. affinis* door afname van de chlorofyl-a/detritus-ratio is gewenst en vice versa.

Toename zoöplanktonsoortenrijkdom en -soortendiversiteit is gewenst en vice versa.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met een referentiesituatie, of op T_1 met T_0 . Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die zoöplankton beïnvloeden).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Voor ADW_{zp} wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel daar aan er spraken is van (significante) veranderingen in primaire productie, in chlorofyl-a/detritus-verhouding, in gemiddelde en minimum zuurstofconcentratie, in gemiddelde temperatuur, in lengte groeiseizoen, in areaal per saliniteitszone, in gemiddelde saliniteit, in waterretentie, in hyperbenthosbiomassa, in biomassa filtrerend macrozoöbenthos, of in aantallen planktivore en omnivore vissen.

De gecombineerde evaluatie met maand- en jaargemiddelde waterretentie, maand- en jaargemiddeld areaal per saliniteitszone, najaarsbiomassa filtrerend macrozoöbenthos en voorjaarsaantallen planktivoren en omnivoren vissen wordt hierbij alleen op niveau 2 gedaan.

Voor *E. affinis* fit_{Ea} wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel daaraan sprake is van (significante veranderingen) in chlorofyl-a/detritus-verhouding of in gemiddelde saliniteit.

Voor de populatie-opbouw van *E. affinis* wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel daaraan sprake is van (significante) veranderingen in gemiddelde jaartemperatuur, in de datum waarop de watertemperatuur voor het eerst boven de 12 °C reikt, of in de primaire productie.

Voor Soortenrijkdom en Soortendiversiteit zoöplankton (d_{zp} en H'_{zp}) wordt voor de zelfde segment x tijd combinatie geanalyseerd of parallel daaraan sprake is van (significante) veranderingen in jaargemiddelde en minimum zuurstofconcentratie en in primaire productie.

Hiervoor zijn de volgende factoren nodig die worden aangeleverd vanuit andere thema's.

Benodigde factoren

- Jaargemiddeld zwevende stof(detritus)gehalte per segment niveau 3
- Maand- en jaargemiddelde waterretentie per segment niveau 2
- Jaargemiddelde temperatuur per segment niveau 3
- Datum waarop de watertemperatuur voor het eerst boven de 12 °C reikt, en datum waarop de temperatuur voor het laatst de 12 °C haalt per segment niveau 3
- Maand- en jaargemiddelde saliniteit per segment niveau 3
- Gemiddeld areaal zoet, oligohalien, mesohalien, polyhalien, euhalien (begrenzings bij saliniteit van 0.5, 5.4, 18 en 30) per segment niveau 2
- Jaargemiddelde en jaarminimum zuurstofconcentratie waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddelde en maximum concentraties aan toxische stoffen in de waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddelde primaire productie waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddeld chlorofyl-a-gehalte waterkolom per segment niveau 3
- Piekbiomassa en jaargemiddelde biomassa hyperbenthos per segment niveau 3
- Najaarsbiomassa filtrerend macrozoöbenthos (schelpdieren) voor de Westerschelde en de Vlake van Raan (segmenten niveau 2)
- Voorjaarsaantallen planktivore en omnivore vissen per segment niveau 2
- Bereken vanuit de bovengenoemde gegevens de jaargemiddelde chlorofyl-a /detritus-verhouding per segment niveau 3
- Bereken vanuit bovengenoemde gegevens een indicatie voor de lengte van het groeiseizoen als periode met een watertemperatuur boven de 12 °C per segment niveau 3

Overige werkzaamheden

De volgende zoöplanktonfactoren moet berekend worden voor andere evaluaties binnen het thema ecologisch functioneren/diversiteit soorten en/of voor andere evaluaties:

- Jaargemiddelde en piekconcentratie zoöplankton en gemiddelde zoöplanktondiversiteit per segment niveau 2

- Ruwe data zoöplanktonbiomassa per meetstation en meting in de tijd voor modellering (thema Fysico-chemie; hoofdstuk 4)

Kennisleemtes

- Een lijst met soortelijke gewichten voor de aan te treffen soorten die voor iedere evaluatie kan worden gebruikt zal moeten worden samengesteld tijdens de T_0 .
- Referentiesituatie zoöplankton voor T_0 .
- Vooralsnog is er geen voldoende gebiedsdekkende zoöplanktonmonitoring voorzien voor het gehele Schelde-systeem. Voor het Nederlandse deel zijn ten minste 4 representatieve locaties (voor ieder segment op niveau 3 één) nodig om deze evaluatie voor dit gedeelte uit te voeren.

Fiche 6.5. Epi- en hyperbenthos

Het epi- en hyperbenthos neemt een belangrijke positie in het voedselweb in met directe relaties tot het zoöplankton en de vissen. Het hyperbenthos lijkt na jaren van afwezigheid geleidelijk terug te keren in de zoete getijde en de oligohaliene zone van het Schelde systeem. Een minimale extra inspanning aanvullend op het bestaande vissen monitoring netwerk (wordt momenteel al grotendeels zo gedaan) kan voldoende informatie opleveren om de evaluatie hyperbenthos uit te voeren.

Wat leert ons de hyperbenthos evaluatie

Het hyperbenthos is een goede indicator voor de systeemkwaliteit met betrekking tot zuurstof en verontreinigingscondities, en de kwaliteit en het aanbod van kinderkamerbiotopen.

Het hyperbenthos geeft inzicht in de compleetheid van het voedselweb en bepaald in belangrijke mate de draagkracht van het systeem voor een aantal vissoorten.

Indicatoren Hyperbenthos

Hyperbenthos biomassa, soortenrijkdom en soortendiversiteit

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Aantallen der soort per standaard bemonstering (per fuik of per ha)
- Versgewicht per soort per standaard bemonstering (per fuik of per ha)

Berekening indicatoren

Bereken per segment niveau 3 per bemonstering (voorjaar of najaar) de totale hyperbenthosbiomassa (FW_{hb}) in mg FW per fuik, of mg FW/ha.

Bereken per segment niveau 3 per bemonstering (voorjaar of najaar) de soortenrijkdom

(d_{hb}) volgens Margalef als: $d_{hb} = \frac{(S-1)}{\ln(n)}$, en de soortendiversiteit (H'_{hb}) volgens Shannon als:

$H'_{hb} = - \sum_{i=1}^n p_i * \ln(p_i)$, waarin S = het aantal soorten, n = het aantal individuen per standaard fuikmonster, en p_i = het aandeel van de i -de soort op het totaal aantal individuen per standaard fuikmonster.

Beoordeling indicatoren

Een toename van de hyperbenthosbiomassa in voor- en/of najaar wordt als positief beoordeeld, tenzij veroorzaakt door een afname van de predatiedruk (visaantallen). Een afname in hyperbenthosbiomassa is ongewenst. Een toename van soortenrijkdom of soortendiversiteit in voor- of najaar wordt als positief beoordeeld.

Analyse

3. Vergelijk voor de indicator voor T_0 de uitkomst met een referentiesituatie (indien beschikbaar), of op T_1 met T_0 voor het voor- en het najaar afzonderlijk. Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.
4. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die hyperbenthos beïnvloeden).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Voor FW_{hb} wordt per segment (niveau 3) geanalyseerd of parallel daar aan er sprake is van (significante) veranderingen in gemiddelde en piek zoöplanktonbiomassa, gemiddelde en minimum zuurstofconcentraties, gemiddelde en maximumconcentraties aan verontreinigingen in de waterkolom (allen per segment niveau 3), en areaal aan ondiep subtidaal, totaal aantal planktivore + omnivore + invertivore + insectivore vissen en aantal tonnen opgeviste garnalen (alle per segment niveau 2).

Voor d_{hb} en H'_{hb} worden per segment (niveau 3) geanalyseerd of parallel daar aan er sprake is van (significante) veranderingen in gemiddelde en minimum zuurstofconcentraties, en gemiddelde en maximum concentraties aan verontreinigingen in de waterkolom (alle per segment niveau 3).

Benodigde factoren

- Jaargemiddelde en jaarminimum zuurstofconcentratie waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddelde en jaarmaximum concentratie aan verontreinigingen in de waterkolom per segment niveau 3
- Areaal ondiep subtidaal in ha per segment niveau 2
- Gemiddelde en piekconcentratie zoöplankton per segment niveau 2
- Gemiddelde aantallen planktivore, omnivore, invertivore en insectivore vissen per segment niveau 2
- Aantal ton opgeviste garnalen per jaar voor de Westerschelde

Overige werkzaamheden

Er zijn geen extra berekeningen nodig voor andere evaluaties (dezen maken gebruik van FW_{hb}).

Kennisleemtes

-De referentie (streef)waarden van de indicatoren voor een gezond Schelde-systeem dienen te worden bepaald, eventueel aan de hand van andere estuaria.

-Hyperbenthos zal structureel mee dienen te worden bemonsterd met vissen in schietfuiken en in boomkorsamples, en het meetprogramma is nog niet sluitend (schietfuik bemonstering in Nederlandse segmenten en segment Dijle-Zenne-Netes).

-Het is nog onduidelijk of de boomkor monitoring (DFS) voor de Vlakte van Raan toereikend is.

Fiche 6.6. Macrozoöbenthos

Het macrozoöbenthos neemt een belangrijke plaats in in het estuariene ecosysteem, daar het een belangrijke consument is van zowel primaire als secundaire productie en detritus. Hiermee beïnvloedt het de turbiditeit van het systeem, de beschikbaarheid van voedingsstoffen in de waterkolom, maar speelt het ook een belangrijke rol in de bodemsamenstelling door processen als nutriëntinbreng, aëratie en het openbreken dan wel vastleggen van substraat. Een aantal macrozoöbenthische soorten kan worden gezien als eco-engineers door hun potentie van het vormen van riffen en banken. Deze fauna vormt ook een belangrijke voedselbron voor grote aantallen vogels en vissen. Het macrozoöbenthos is een zeer gevarieerde groep van organismen met een variëteit aan voedingswijzes, ecologische functies en soorteigen gevoeligheden en toleranties ten opzichte van veranderingen en verstoringen.

Het macrozoöbenthos, alle bodemdieren van het zachte substraat die na zeven over een 1 mm grid achterblijven, wordt veelal in zijn geheel (gehele gemeenschap inclusief samenstelling op soortniveau) geëvalueerd met speciale aandacht voor schelpdieren en voor het Vlaamse deel de oligochaeten. Terwille van een meer volledige bemonstering van deze oligochaetenfauna wordt in Vlaanderen over 0.5 mm gezeefd, met daar bovenop een 1 mm zeef, resulterend in twee zeeffractie: 0.5-1 mm en >1 mm.

Wat leert ons de macrozoöbenthos evaluatie

De filtrerende en suspensievoedende organismen zijn in grote delen van het zoute en brakke estuarium de belangrijkste grazers van het fytoplankton en belangrijke fixeerdere van zwevende stof. Hierdoor hebben zij een grote invloed op het lichtklimaat.

Door hun grote verscheidenheid aan voedingswijzes, gevoeligheden en toleranties, reageert de macrozoöbenthossamenstelling gedifferentieerd maar vaak sterk op verandering en verstoring (zoals verontreinigingen, nutriënten, zuurstof, saliniteit, retentietijd, bodemsamenstelling en dynamiek) in het systeem. Effecten zijn vaak direct waar te nemen, maar herstel kan pas plaats vinden wanneer omstandigheden langer geschikt zijn (indicatie van duurzaamheid verandering).

Het macrozoöbenthos bepaald in hoge mate de draagkracht van het systeem voor grote aantallen vogels (met name steltlopers en eenden waaronder niet alleen benthivoren maar ook vermeende herbivore en omnivore soorten; Van den Bergh *et al.*, 2005; Van Ryckegem *et al.*, 2006), vissen (met name benthivore vissen zoals diverse platvissoorten) en eventueel ook zeezoogdieren.

Indicatoren macrozoöbenthos

Totale macrozoöbenthosdichtheid, totale macrozoöbenthosbiomassa, totaal aantal soorten, gemeenschapssimilariteit, oligochaetenindex, totale schelpdierbiomassa, schelpdierenareaal.

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Macrozoöbenthosdichtheden (n/m^2) en -biomassa ($mg\ ADW/m^2$) per soort voor ieder station (random monsternamen per eco-/fysiotop x segment) in het najaar
- Voor Vlaanderen per fysiotop x segment-combinatie de soortensamenstelling van 100 random oligochaeten en de verdeling "met –" ten opzichte van "zonder capillaire haren" in het najaar
- Voor Nederland schelpdierendichtheden (n/m^2) en biomassa ($mg\ ADW/m^2$) per soort voor ieder station (grid met 555 m afstand) in intertidaal en ondiep subtidaal in het voorjaar

Berekening indicatoren

Bereken op niveau 3 de totale macrozoöbenthosdichtheid ($Dens_{mb}$ in n/m^2) en de totale macrozoöbenthosbiomassa (ADW_{mb}) in grammen asvrijdrooggewicht (ADW) per ecotoop/fysiotop en het totale aantal soorten (S_{mb}) en bepaal het bijbehorende bemonsterde oppervlak.

Bereken de Bray-Curtis-similariteit (Sim_{mb}) na een 4^{de} wortel-transformatie ten opzichte van een referentieset, voor iedere ecotoop/fysiotop x segment (niveau 3) -combinatie.

Bepaal voor iedere ecotoop/fysiotop per spatiële eenheid de spreiding van de parameters binnen de referentieset door de mediaan, de 5^{de} percentiel-waarde en de waarden 2/3 en 1/3 van het 5^{de} percentiel voor het aantal soorten en de gemeenschapssimilariteit te berekenen; voor dichtheid en biomassa de 25^{ste} en 75^{ste} percentielwaarden, het 2.5^{de} en 97.5^{de} percentiel, het 2/3 en 4/3 deel van de 2.5^{de} en 97.5^{de} percentielwaardes en het 1/3 en 5/3 deel van de 2.5^{de} en 97.5^{de} percentielwaardes. Dit zijn achtereenvolgens de klassengrenzen tussen hoge, goede, gemiddelde, arme en slechte status van de benthische gemeenschappen. (De waarden, en dus klassengrenzen, voor de referentieset zijn afhankelijk van het bemonsterde oppervlak).

Bepaal met behulp van een poweranalyse, uitgaande van de 'natuurlijke' variatie van een indicator in de referentieset, hoe groot het bemonsterde oppervlak dient te zijn om een verschil van 50 % met de mediane waarde met een zekerheid van 5 % en een power van 75 % aan te tonen.

Bereken de oligochaetenindex (IOBS) per fysiotop x segment (niveau 3) combinatie volgens: $IOBS = 10 * S/T$, waarbij S = aantal soorten binnen een random sample van 100 oligochaeten, en T = percentage oligochaeten behorende tot dominante groep.

Bereken het totale aanbod aan schelpdierenbiomassa (FW_{biv}) per monsterpunt door de aangetroffen dichtheid en biomassa per soort te vermenigvuldigen met het oppervlak van de bijbehorende gridcellen, en dit te berekenen per spatiële eenheid volgens:

$$FW_{spec} = \sum_{i=1}^n \left\{ \left(\frac{F_i * FW_i}{0.1} \right) * 308025 \right\}, \text{ waarbij } FW_{spec} = \text{biomassa versgewicht (g) voor}$$

tweekleppige soort 'spec', f_i = factor waarmee monster i eventueel is opgedeeld tot subsample, FW_i = biomassa versgewicht in monster i (g) (methodiek afgeleid van Kesteloo et al., 2009). De totale biomassa aan schelpdieren kan worden berekend door de biomassa's per soort te sommeren (er kan worden overwogen om hierbij de oesters buiten beschouwing te laten).

Bereken het naar schelpdierensoort gewogen schelpdierenareaal (A_{biv}) beschikbaar voor steltlopers via $N_{biv} = 0.02 * N_{ced} + 0.0241 * N_{spi} + 0.00394 * N_{mba} > 1$, voor intertidaal gebied, waarbij N_{biv} = gewogen aantal schelpdieren per m^2 , N_{ced} = aantal individuen van de gewone kokkel (*Cerastoderma edule*) per m^2 , N_{spi} = aantal individuen van de slijkgaper (*Scrobicularia plana*) per m^2 , en N_{mba} = aantal individuen van het nonnetje (*Macoma balthica*) per m^2 . A_{biv} is dan het areaal met $N_{biv} > 1$ in hectaren voor het intertidaal per segment niveau 2. Bereken het voor platvissen geschikt bevonden voedselhabitat via

$N_{biv} = 0.004 * N_{ced} + 0.0482 * N_{spi} + 0.000787 * N_{mba} + 0.125 * N_{edi} > 1$, voor het ondiepe subtidaal

met dezelfde als hierboven vernoemde parameters, en N_{edi} = aantal individuen van de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*; die ook als zodanig te determineren zijn, wat

betekend een minimale lengte van 6 cm). A_{biv} is dan het areaal met $N_{biv} > 1$ in hectaren voor het subtidaal per segment niveau 2.

Beoordeling indicatoren

De totale gemiddeld dichtheid voor een segment kan een toe- of afname laten zien ten gevolgen van een verandering in habitatareaalverdeling, waarbij deze gewenst is wanneer de habitatareaalverdeling in de richting van het maximale ecologische potentieel (MEP) gaat voor de Westerschelde (zie hoofdstuk 6.6) of de GEP volgens hoofdstuk 5.2. (Habitatareaalverdeling en dynamiek).

In principe een toename van $Dens_{mb}$ gewenst, maar dan wel evenredig aan en niet ten kosten van de macrozoöbenthosbiomassa (zie ADW_{mb}). Een toename van de dichtheden door verhoogde zoutindringing (verlaagde zoetwaterafvoer) in brakke en zoute delen en/of afname van de dichtheden door verhoogde zoutindringing in de zoete delen is in principe ongewenst. Een toename van de dichtheden door een afname van de begrazingsdruk is ongewenst.

In principe is een toename in ADW_{mb} gewenst. Een toename van de biomassa door verhoogde zoutindringing (verlaagde zoetwater afvoer) in brakke en zoute delen en/of afname van de biomassa door verhoogde zoutindringing in de zoete delen is echter in principe ongewenst. Een toename van de biomassa door een afname van de begrazingsdruk is ongewenst. Een toename van de biomassa door een toename van de primaire productie (met eventueel een toename van chlorofyl a en/of zooplankton) wordt beoordeeld als positief. In principe wordt er gestreefd naar een macrozoöbenthische biomassa die zich verhoudt tot de primaire productie volgens de vergelijking: $ADW_{mb} = -1.5 + 0.105 * PP$ voor de Westerschelde, en is een ontwikkeling in de richting van deze verhouding gewenst.

Een toename in $Dens_{mb}/ADW_{mb}$ verhouding kan duiden op een toename van het zwevend stof gehalte of een afname in het zuurstof gehalte (komt dan echter ook tot uitdrukking in een afwijking van de gewenste $ADW_{mb} - PP$ relatie), het geen beiden ongewenst is.

Een toename van het aantal soorten is in principe gewenst, tenzij dit wordt veroorzaakt door een afname van de variatie in saliniteit of een reductie van de brakwaterzone (vanaf een bepaalde minimum variatie en minimum afmeting; mogelijk ten opzichte van een referentiesituatie, dan wel bepaald door andere indicatoren).

Een toename van de gemeenschap similarity is in principe gewenst. Een afname van Sim_{mb} ten gevolgen van een afname in doorzicht of zuurstof of een toename van de retentietijd is in principe ongewenst.

Een toename van van de IOBS is in principe gewenst, tenzij dit wordt veroorzaakt door een afname van de variatie in saliniteit of een toename van de zoetwaterzone (vanaf een bepaalde minimum variatie en maximum afmeting; mogelijk ten opzichte van een referentiesituatie, dan wel bepaald door andere indicatoren). Een afname van IOBS ten gevolgen van een afname in doorzicht, een toename in het zwevende stofgehalte, een afname in zuurstof of een toename van de retentietijd is in principe ongewenst.

Een toename van de schelpdierbiomassa wordt positief beoordeeld, tenzij veroorzaakt door een achteruitgang van de predatiedruk. Een streven is minimaal 4 miljoen kg versgewicht kokkels en bij voorkeur meer dan 8 miljoen kg versgewicht kokkels zoals door LNV gehanteerd voor het uitgeven van visserijvergunningen (Kesteloo *et al.*, 2009). Veranderingen in schelpdierbiomassa ten gevolgen van een ontwikkeling van het habitatareaalaanbod in de richting van de MEP is gewenst.

Voor het areaal schelpdieren geldt dat deze indicator een positieve beoordeling geeft wanneer deze toeneemt, en dat een afname ongewenst is.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met een referentie situatie, of op T_1 met T_0 . Detecteer mogelijke significante verschillen.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die macrozoöbenthos beïnvloeden).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Voor $Dens_{mb}$ wordt voor het zelfde segment geanalyseerd of parallel daar aan er sprake is van (significante) veranderingen in habitatareaalverdeling, of een verandering in het aantal benthivore vissen, het aantal steltlopers, het aantal benthivore eenden, het aantal ton opgeviste/gelande kokkels, het slibgehalte, de plaathoogte, de overstromingsduur, de gemiddelde saliniteit, of de gemiddelde stroomsnelheid.

Voor ADW_{mb} wordt voor het zelfde segment geanalyseerd of parallel daar aan er sprake is van (significante) veranderingen in habitatareaalverdeling, of een verandering in het aantal benthivore vissen, het aantal steltlopers, het aantal benthivore eenden, het aantal ton opgeviste/gelande kokkels, de primaire productie, de biomassa chlorofyl a, de zooplankton biomassa, gemiddelde saliniteit, of de mediane korrelgrootte.

Geanalyseerd wordt of ADW_{mb} meer dan wel minder afwijkt van de relatie $ADW_{mb} = -1.5 + 0.105 \cdot PP$, waarbij wordt bepaald of dit parallel loopt met veranderde gemiddelde zuurstof concentratie, zwevende stofgehalte, retentietijd, gemiddelde stroomsnelheid, of concentraties aan verontreinigingen.

De $Dens_{mb}/ADW_{mb}$ verhouding wordt bepaald, bij significante verandering wordt bepaald of dit parallel verloopt aan een verandering in zwevende stofgehalte en gemiddelde zuurstofconcentratie.

De analyse van het aantal soorten (S_{mb}) wordt parallel aan een analyse van de gemiddelde saliniteit, de saliniteitvariatie (standaarddeviatie), het slibgehalte en het zuurstofgehalte voor de zelfde segmenten uitgevoerd.

Voor Sim_{mb} wordt de analyse gecombineerd met biomassa chlorofyl a, zwevende stofgehalte, doorzicht, zuurstofconcentratie, retentietijd, aantallen benthivore eenden en aantallen steltlopers, aantallen benthivore vissen en eventueel biomassa opgeviste schelpdieren (kokkels), en concentraties aan verontreinigingen.

Een verandering in IOBS wordt gerelateerd aan mogelijke veranderingen in gemiddelde saliniteit, saliniteitvariatie (standaarddeviatie), gemiddelde zuurstofconcentratie, retentietijd, zwevende stofgehalte en doorzicht.

De schelpdierenbiomassa en het schelpdierenareaal (FW_{biv} & A_{biv}) wordt gerelateerd aan de primaire productie van de waterkolom, gemiddelde chlorofyl a-concentratie, biomassa zooplankton, gemiddelde zuurstofconcentratie, zwevende stofgehalte, retentietijd, duur periode met oppervlaktewatertemperatuur onder 0 °C (mogelijkheid van aanvriezing op platen en eventuele ijsgang), verandering in habitatareaalbeschikbaarheid (specifiek intertidaal en ondiep subtidaal), aantallen steltlopers en aantallen platvissen, en eventueel biomassa opgeviste schelpdieren (kokkels).

Hiervoor zijn de volgende factoren nodig die worden aangeleverd vanuit andere thema's.

Benodigde factoren

- Eco-/fysiopenkaart (oppervlakte per eco-/fysiotoop per segment niveau 3
- Jaargemiddelde primaire productie waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddeld chlorofyl a-gehalte waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddeld doorzicht per segment niveau 3
- Jaargemiddelde saliniteit en jaargemiddelde saliniteitvariatie (standaarddeviatie) per segment niveau 3
- Mediane korrelgrootte per segment niveau 3
- Jaar- en maandgemiddelde zuurstofconcentratie en minimum zuurstofconcentratie per segment niveau 3
- Jaargemiddeld zwevende stof (detritus) gehalte per segment niveau 3
- Jaar- en maandgemiddelde waterretentie tijd per segment niveau 2

- Jaargemiddelde stroomsnelheid per segment niveau 3
- Jaargemiddelde temperatuur oppervlaktewater en aantal dagen temperatuur oppervlaktewater onder 0 °C per segment niveau 3
- Jaargemiddelde zooplanktonbiomassa per segment niveau 3
- Aantal benthivore vissen per segment niveau 2, en aantal platvissen specifiek voor het Nederlandse deel (de Westerschelde)
- Aantal steltlopers en aantal benthivore eenden per segment niveau 2
- Aantal ton opgeviste/gelande kokkels in de Westerschelde
- Jaargemiddelde concentraties verontreinigingen bodem en waterkolom per segment niveau 3

Overige werkzaamheden

De volgende macrofauna factoren moet berekend worden voor andere evaluaties binnen het thema ecologisch functioneren/diversiteit soorten en/of voor andere evaluaties.

- Gemiddelde biomassa aan filtrerende organismen macrozoöbenthos per segment niveau 2
- Gemiddelde biomassa en diversiteit per segment niveau 2

Kennisleemtes

-Referentiegemeenschappen voor bepaling BEQI-indicatoren voor het Vlaamse deel en de Vlake van Raan op T_0 .

-Bepaling macrozoöbenthos – primaire productie-verhouding (volgens geïntegreerde BEQI) voor referentiesituatie voor het Schelde-systeem als geheel (niveau 1).

-Evaluatie (ten tijde van T_0) huidige gehanteerde formules voor geschikte schelpdierarealen op basis van referentiedata en eventueel gegevens uit vergelijkbare systemen.

-Evaluatie (ten tijde van T_0) van of het bemonsterde oppervlak per eco-/fysiotoop voldoet om mogelijke verschillen in macrozoöbenthos indicatoren te detecteren (poweranalyses).

-Voor de Vlake van Raan is vooralsnog geen standaard jaarlijkse monitoring voorzien; voor dit deel zouden om te beginnen ten minste 5 monsters per ecotooptype dienen te worden genomen (hetgeen later dient te worden geëvalueerd of deze monsterdichtheid voldoet).

-De huidige kokkelbestandopnames zouden moeten worden uitgebreid naar schelpdier bestandopnames (ten minste ook opnames van de Slijkgaper, het Nonnetje en de Amerikaanse zwaardschede) met periodieke evaluatie of hiermee de meest algemene schelpdieren worden gemonitord. Verder zouden de bestand opnames moeten worden uitgebreid naar het ondiepe subtidaal.

Eventueel alternatief is het berekenen van de schelpdierbestanden vanuit de MWTL-gegevens waarvan de nauwkeurigheid dan dient te worden getoetst voor de kokkel (waarvoor alle gegevens beschikbaar zijn).

Fiche 6.7. Vissen

Vissen vormen de schakel tussen de primaire en secundaire consumenten, zijnde het zoöplankton, epi- en hyperbenthos en macrozoöbenthos, en de hogere trofische niveaus vertegenwoordigd door piscivore vogels en zeezoogdieren.

De vissen kunnen worden ingedeeld op basis van hun gebruik van het estuarium, het gebonden zijn van bepaalde levensfasen aan saliniteitszones, bathymetrische zones en stromingsintensiteitsklassen, hun voedsel, hun positie in de waterkolom, en specifieke gevoeligheden en behoeften. De evaluatiemethodiek vissen zal een groot aantal indicatoren bevatten, gebaseerd op deze indelingen, toegepast op de zones waar de omschreven indicatoren relevant zijn.

Wat leert ons de vissenevaluatie

De vissenevaluatie geeft een goed beeld van de compleetheid van het systeem, bestaande uit het aanbod aan habitats verdeeld of het gehele traject, de grootte van afzonderlijke habitats, de bereikbaarheid van habitats en de connectiviteit tussen habitats, niet alleen in relatie tot fysieke maar ook tot chemische barrières.

De vissenevaluatie geeft een goed beeld van de compleetheid van het voedselweb door soorten met specifieke eisen in de evaluatie mee te nemen. Niet alleen wordt er een goed beeld gekregen van het voedselaanbod over het gehele traject, maar ook de draagkracht van het systeem voor de hogere trofische niveaus, en de toppredatoren van het estuarium (piscivore vogels en zeezoogdieren).

Door de gevoeligheid van diverse soorten voor verstoringen en veranderingen, zullen bepaalde vissenindicatoren al snel effecten aangeven. Herstel van de vissenindicatoren zal pas geleidelijk zichtbaar worden wanneer een set aan factoren een minimaal niveau heeft bereikt; men kan dan echter wel stellen dat het om substantiële verbeteringen gaat.

Geleidelijke veranderingen zullen zichtbaar worden in verhoudingen tussen bepaalde indicatoren, waarmee ook een soort van 'early warning' van de vissenevaluatie uit gaat.

Vissen zijn een hooggewaardeerd onderdeel van de gewenste biodiversiteit van een goed functionerend ecosysteem, wat tevens tot uiting komt in een aantal soorten met specifieke instandhoudingsdoelen, en het feit dat er geregeld grote ingrepen in estuaria worden verricht om de terugkeer van één of enkele soorten mogelijk te maken, waarbij enkele soorten een publieke signaalfunctie hebben gekregen (denk aan zalmachtigen).

In een goed functionerend estuarium is er ook ruimte voor commerciële visserij-activiteiten, en ook recreatief vissen vindt grote populariteit bij een substantieel deel van de bevolking.

Indicatoren Vissen

Totaal aantal soorten, Totaal aantal individuen, Aantal estuariene/diadrome/mariene seizoensgasten /marien juveniel migrerende/benthische/habitat gevoelige/gespecialiseerde ei-afzettende/verontreiniging intolerante/piscivore soorten, Aandeel estuariene/anadrome/ mariene seizoensgasten/ marien juveniel migrerende/benthische/ habitat gevoelige/habitat fragmentatie gevoelige/gespecialiseerde ei-afzettende/verontreiniging intolerante/piscivore/omnivore/ Abundantie per lengteklasse Spiering en Fint, Abundantie Bot, Puitaal, Haring en Schol. Seizoensdynamiek van marien-estuariene vissen/ Natura 2000 soorten.

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Aantallen per soort per standaard monsternamen per locatie per tijdstip (voorjaar, zomer en najaar)
- Individuele lengtes per soort per staalname (voorjaar, zomer en najaar)
- Individueel gewicht per soort per staalname (voorjaar, zomer en najaar)
- Voor Spiering en Fint bemonsterd met ankerkuil specifiek aantallen voor 0+, subadulten en adulten.
- (Voor ankerkuil en boomkorbemonstering ook biomassa per soort per standaard monsternamen per locatie per tijdstip (benodigd voor Evaluatie Vogels en Evaluatie Zoogdieren))
- Maandelijks aantallen individuen van Marien-estuariene soorten per standaard monitoringinspanning in de Kerncentrale van Doel.

Berekening indicatoren

Bereken op niveau 3 per segment het gemiddelde aantal soorten, het gemiddelde aantal individuen, het gemiddelde aantal estuariene/diadrome/mariene seizoensgasten/marien juveniel migrerende/benthische/habitat gevoelige/gespecialiseerde ei-afzettende/verontreiniging intolerante/piscivore soorten per schietfuis, en het gemiddelde aandeel estuariene/anadrome/ mariene seizoensgasten/ marien juveniel migrerende/benthische/ habitat gevoelige/habitat fragmentatie gevoelige/gespecialiseerde ei-afzettende/verontreiniging intolerante/piscivore/omnivore/ individuen op het totale aantal vissen.

Bereken voor het estuarium tot en met de oligohaliene zone het gemiddelde aantal 0+, subadulten en adulten Spieringen en Finten, en het gemiddelde totale aantal Botten en Haringen per 80 m² per uur ankerkuil bemonstering.

Bereken voor de Westerschelde en de Vlakte van Raan het gemiddelde aantal Puitaalen en Schollen per hectare.

Vergelijk de seizoensale piek voor de marien-estuariene soorten met de normale cyclus per soort.

Bereken voor de Natura 2000 soorten de aantallen en evalueer de recrutering op basis van de lengteklassen.

Beoordeling indicatoren

Toename totaal aantal soorten gewenst, tenzij veroorzaakt door opwarming van delen van het systeem.

Toename totaal aantal individuen is gewenst, tenzij ten gevolge van een achteruitgang van de predatiedruk of explosieve toename van tolerante, opportunistische soorten.

Toename van het aantal estuariene soorten en het aandeel estuariene individuen is gewenst

Toename van het aantal diadrome soorten en het aandeel diadrome individuen wordt positief beoordeeld.

Toename van het aantal soorten mariene seizoensgasten het aandeel mariene seizoensgasten wordt als positief beoordeeld, tenzij deze plaats vindt ten gevolge van stroomopwaartse verschuivingen in de saliniteitszones.

Een toename van het aantal marien juveniel migrerende soorten en het aandeel individuen is gewenst, maar een verandering in het habitat areaal aanbod dient wel in de richting van de MEP in de zin van de Kaderrichtlijn Water te gaan.

Toename van het aantal benthische soorten en/of individuen wordt als positief beoordeeld.

Toename van het aantal habitat gevoelige soorten en/of aandeel individuen wordt als positief beoordeeld.

Er wordt gestreefd naar een toename van het aantal habitat fragmentatie gevoelige individuen, wat als positief wordt beoordeeld.

Er wordt een toename van het aantal gespecialiseerde ei-afzettende soorten en/of het aandeel individuen nagestreefd, wat als positief wordt beoordeeld.

Een toename van het aantal verontreiniging intolerante soorten of het aandeel individuen wordt als positief geëvalueerd.

Toename van het aantal piscivore soorten en/of individuen wordt als positief beoordeeld.

Afname van het aandeel omnivore individuen in de richting van 21 % is gewenst, tenzij bereikt door wegvissen.

Toename van juveniele, subadulten en adulten van Spiering en Fint wordt nagestreefd, en iedere toename wordt als positief beoordeeld.

Toename van Bot en/of Puitaal wordt als positief beoordeeld.

Toename van Haring en/of Schol is gewenst.

Normale, soorteigen seizoensdynamiek is gewenst, lichte verschuivingen door klimatologische omstandigheden zijn mogelijk.

Toename en recrutering van Natura 2000 soorten is gewenst.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met de referentie waarden, of op T_1 met T_0 . Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die vissen kunnen beïnvloeden).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Vis indicator	Factor	Zijrivieren	Zoetwater	Oligohalien	Mesohalien	Polyhalien
Totaal aantal soorten	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie	x	x	x	x	x
	Zoöplankton biomassa en diversiteit					
	Epi- en hyperbenthos biomassa en diversiteit					
	Schelpdier biomassa					
	Tonnen vis visserij					
	Waterwerken					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem en waterkolom					
	Gemiddelde temperatuur					
Totaal aantal individuen	Zoöplankton biomassa	x	x	x	x	x
	Epi- en hyperbenthos biomassa					
	Macrozoöbenthos biomassa					
	Schelpdier biomassa					
	Habitat areaal verdeling					
	Aantal piscivore vogels					
	Aantal zeezoogdieren					
	Tonnen vis visserij					
Aantal estuariene soorten	Gemiddelde saliniteit en standaard deviatie			x	x	x
	Areaal brakwater					
	Gemiddelde temperatuur					
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem en waterkolom					
Aandeel estuariene individuen	Gemiddelde saliniteit en standaard deviatie			x		
	Areaal brakwater					
	Gemiddelde temperatuur					
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					

	Gemiddelde en minimum concentraties verontreinigingen in bodem en waterkolom					
Aantal diadrome soorten	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie	x	x	x	x	x
	Waterwerken					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
Aandeel anadrome individuen	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie	x	x	x	x	
	Waterwerken					
Aantal soorten mariene seizoensgasten	Zoöplankton biomassa en diversiteit			x	x	x
	Epi- en hyperbenthos biomassa en diversiteit					
	Macrozoöbenthos biomassa en diversiteit					
	Habitat areaal verdeling					
	Tonnen vis visserij					
	Gemiddelde saliniteit					
Aantal marien juveniel migrerende soorten	Habitat areaal verdeling		x	x	x	x
	Zoöplankton diversiteit					
	Epi- en hyperbenthos diversiteit					
	Macrozoöbenthos diversiteit					
Aandeel marien juveniel migrerende individuen	Habitat areaal verdeling		x	x	x	
	Zoöplankton biomassa					
	Epi- en hyperbenthos biomassa					
	Macrozoöbenthos biomassa					
	Schelpdier biomassa					
	Areaal schelpdieren					
Aantal benthische soorten	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem		x			
	Areaal bodemversturende activiteiten					
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
	Gemiddelde stroomsnelheid en orbitaalsnelheid					
Aandeel benthische individuen	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem	x	x			
	Habitat areaal verdeling					
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
Aantal habitat gevoelige soorten	Habitat areaal verdeling		x	x	x	
	Gemiddelde stroomsnelheid en orbitaalsnelheid					
	Areaal bodemversturende activiteiten					
Aandeel habitat gevoelige individuen	Habitat areaal verdeling		x	x	x	
Aantal habitat fragmentatie gevoelige soorten	Habitat areaal verdeling		x			
Aandeel habitat fragmentatie gevoelige individuen	Habitat areaal verdeling		x			
Aantal gespecialiseerde ei-afzettende soorten	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie		x	x	x	
	Waterwerken					
	Habitat areaal verdeling					
Aandeel gespecialiseerde ei-afzettende individuen	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie		x	x	x	
	Waterwerken					
	Habitat areaal verdeling					
Aantal verontreiniging intolerante soorten	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom en bodem		x	x	x	
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
Aandeel verontreiniging intolerante individuen	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom en bodem		x	x	x	
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
Aantal piscivore soorten	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie	x	x	x	x	
	Habitat areaal verdeling					

	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
Aandeel piscivore individuen	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie	x	x	x	x	
	Habitat areaal verdeling					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
Aandeel omnivore individuen	Nutriënten concentraties	x	x			
	Doorzicht					
	Zwevende stofgehalte					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
	Doorzicht					
	Zwevende stofgehalte					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
Abundantie 0+ Spiering en abundantie 0+ Fint	Habitat areaal verdeling	Geheel estuarium				
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in waterkolom					
Abundantie subadulten Spiering en abundantie subadulten Fint	Macrozoöbenthos biomassa	Geheel estuarium				
	Doorzicht					
	Zwevende stofgehalte					
Abundantie adulten Spiering en abundantie adulten Fint	Waterwerken	Geheel estuarium				
	Gemiddelde en minimum zuurstof concentratie					
	Tonnen vis visserij					
Abundantie Bot	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem	Geheel estuarium				
	Habitat areaal verdeling					
	Areaal bodemverstorende activiteiten					
	Tonnen vis visserij					
	Zoöplankton biomassa					
	Macrozoöbenthos biomassa					
Abundantie Puitaal	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem	Geheel estuarium				
	Habitat areaal verdeling					
Abundantie Haring	Tonnen vis visserij	Geheel estuarium				
	Zoöplankton biomassa					
	Epi- en hyperbenthos biomassa					
	Aantal piscivore vogels					
	Aantal zeezoogdieren					
	Doorzicht					
Abundantie Schol	Tonnen vis visserij	Geheel estuarium				
	Macrozoöbenthos biomassa					
	Schelpdieren biomassa					
	Areaal schelpdieren					
	Aantal piscivore vogels					
	Aantal zeezoogdieren					
	Gemiddelde en maximum concentraties verontreinigingen in bodem					
Seizoen dynamiek marien-estuariene vissen	NAO-Index	Mesohalien				
	Temperatuur					
Natura 2000 soorten	Habitat areaal en verdeling	Geheel estuarium				
	Zuurstofhuishouding					
	Stromingspatronen					
	Migratieknelpunten					
	Zoetwatermossels					
	Waterplanten					

Benodigde factoren

- Jaargemiddelde en jaarminimum zuurstof concentratie waterkolom per segment niveau 3
- Jaargemiddelde zooplankton biomassa en diversiteit per segment niveau 2
- Jaargemiddelde hyperbenthos biomassa en diversiteit per segment niveau 2
- Gemiddelde macrobenthos biomassa en diversiteit in het najaar per segment niveau 2
- Gemiddelde schelpdierbiomassa in het najaar voor het Nederlandse deel per segment niveau 2
- Subtidaal areaal schelpdieren (zoals gedefinieerd in hoofdstuk 6.6) per segment niveau 2
- Aantal ton opgeviste/gelande vis uit de Westerschelde per jaar
- Aantal ton opgeviste/gelande schelpdieren uit de Westerschelde per jaar
- Overzicht waterwerken en specificaties (regime veranderingen)
- Jaargemiddelde en maximum concentraties aan toxische stoffen in de waterkolom en de bodem per segment niveau 3
- Jaargemiddelde temperatuur per segment niveau 3
- Aantal piscivore vogels per segment niveau 2
- Aantal zeezoogdieren per segment niveau 2
- Jaargemiddelde saliniteit + standaard deviatie per segment niveau 3
- Areaal brakwater (saliniteit 5.4 – 18)
- Areaal per eco-/fysiotoop per segment niveau 3
- Areaal aan bodemverstorende activiteiten (suppletie, verdieping, ed.) per segment niveau 2
- Jaargemiddelde stroomsnelheid en orbitaalsnelheid per segment niveau 3
- Jaargemiddelde concentraties nutriënten (P,N) per segment niveau 3
- Jaargemiddelde doorzicht per segment niveau 3
- Jaargemiddeld zwevend stof (detritus) gehalte per segment niveau 3
- NAO
- Stromingspatronen, waterplanten en aanwezigheid van zoetwatermossels in bovenstroomse gebieden

Overige werkzaamheden

De volgende vissen factoren moet berekend worden voor andere evaluaties binnen het thema ecologisch functioneren/diversiteit soorten en/of voor andere evaluaties.
Biomassa aan platvissen per hectare gebaseerd op de boomkor-opnames.

Kennisleemtes

- Referentie aantallen en percentages dubbele schietfuik bemonsteringen voor het Nederlandse deel, wellicht af te leiden uit het vergelijken met de ankerkuil en de boomkor bemonsteringen.
- Vooralsnog zijn er geen dubbele schietfuik bemonsteringen voorzien voor het Nederlandse deel (zouden er 3 moeten zijn; voor ieder segment 1).
- Er ontbreekt nog een ankerkuil station in het mesohaline en oligohaliene.
- Evaluatie of er voldoende boomkorbemonsteringen worden uitgevoerd en beschikbaar zijn voor de Vlake van Raan.
- Referenties voor % mariene seizoensgasten en % marien juveniele soorten in de Zeeschelde.
- Referenties voor % anadromen in de Zeeschelde.

Fiche 6.8. Vogels

Vogels staan aan de top van de voedselketen en geven zodoende een goed beeld van de kwaliteit en compleetheid van het onderliggende voedselweb. Belangrijkste voedselbronnen zijn de macrozoöbenthos- en visgemeenschappen. Vogels zijn ook in grote mate afhankelijk van het habitataanbod voor foerageren, broeden en rusten. In deze evaluatie worden de instandhoudingsdoelstellingen getoetst en maken we een selectie van 4 groepen vogels met indicatiewaarde, gebaseerd op voedselvoorkeur. Evaluaties per segment dienen echter wel altijd in combinatie gezien te worden met evaluaties van andere delen van het estuarium, en ontwikkelingen kunnen worden beïnvloed door factoren van buiten het systeem.

Wat leert ons de evaluatie vogels

De vogelindicatoren reageren voornamelijk op het voedselaanbod, zijnde de macrozoöbenthische - en de visgemeenschappen. Alle indicatoren zullen reageren op een groter voedselaanbod, maar verschuivingen in de verhoudingen van indicatorgroepen zijn vooral indicatief voor de diversiteit van het onderliggende voedselweb.

Een belangrijk onderdeel van het Scheldesysteem dat wordt geëvalueerd door middel van vogels is het aanbod van onverstoord foerageergebied, en de systeemkwaliteit ten opzichte van andere potentiële watervogelgebieden in de omgeving.

Kwaliteitsverbeteringen in onderliggende trofische niveau's kunnen uiteindelijk zichtbaar worden in vogelgemeenschappen.

Vogels zijn een hooggewaardeerd onderdeel van de biodiversiteit van het systeem, met een groot aantal soorten waarvoor instandhoudingsdoelen zijn opgesteld. Het Schelde-estuarium is een gebied van internationaal belang omdat het 1% criterium voor verschillende soorten overwinterende watervogels wordt overschreden. De Instandhoudingsdoelstellingen formuleren ook streefdoelen voor broedvogels die vooral een indicator zijn voor de habitatkwaliteit (voldoende geschikt broedgebied: beperkte verstoring, gunstige oppervlakte, goede habitatkwaliteit, voldoende voedsel).

Indicatoren Vogels

De IHD voor de Zeeschelde broedvogels, IHD voor de Westerschelde broedvogels, IHD Westerschelde niet-broedvogels, IHD-Zeeschelde niet-broedvogels, Aantal steltlopers en bergeenden, Aantal omnivore eenden, Aantal herbivore eenden en ganzen, Aantal piscivore vogels.

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Aantal broedparen van de aandachtsoorten IHD voor WS en ZS
- Aantal vogels per aandachtsoort IHD niet-broedvogels per maand voor WS
- Aantallen vogels per soort per maand per segment op niveau 2 en 3

Berekening indicatoren

- per aandachtsoort het percentage van de IHD broedvogel gerealiseerd op niveau 2
- seizoensgemiddelde (seizoen juli tot juni) per aandachtsoort IHD niet-broedvogels voor WS
- seizoensmaximum (seizoen juli tot juni) totaal aantal vogels over periode van laatste 5 jaar voor ZS
- seizoensminimum (seizoen juli tot juni) totaal aantal vogels over een periode van de laatste 5 jaar voor ZS
- Bereken op niveau 3, 2 en 1 per segment en per maand het totale aantal vogels behorende bij de 4 functionele groepen. Bepaal het glijdend gemiddelde over een periode van 5 jaar van het aantal waargenomen vogels per indicatorgroep per seizoen (op niveau 3, 2 en 1 per segment).

Beoordeling indicatoren

Soortdiversiteit:

Een streefpercentage van 100% geldt voor de IHD. Een toename van het gerealiseerde percentage IHD is gewenst. Voor de IHD-Z is een bijkomende analyse gewenst met de factor 'gerealiseerde

natuurdoelstelling' om het potentieel habitat voor alle doelsoorten te evalueren. Deze analyse toetst of er effectief voldoende potentieel habitat aanwezig is voor de realisatie van de doelstelling IHD-Z broedvogels.

De doelstelling voor de IHD-Zeeschelde niet-broedvogels is als volgt te evalueren: De totale aantallen van watervogels in de Zeeschelde (exclusief meeuwen) mag het gemiddelde van de seizoensmaxima over de laatste vijf seizoenen niet minder zijn dan 40.000. Het gemiddelde van de seizoensminima over de laatste vijf seizoenen mag niet minder zijn dan 3500.

Ecologisch functioneren

Een toename van het aantal steltlopers + bergeenden (N_{benth}) wordt als positief beoordeeld.

Een afname van het aantal omnivore eenden (N_{omn}) kan positief zijn wanneer dit parallel verloopt of wordt gevolgd door een toename in N_{benth} . Een toename van N_{omn} wordt positief beoordeeld wanneer dit niet ten koste gaat van N_{benth} of het aantal piscivore vogels (N_{pisc}).

Een toename van N_{herb} is in principe positief, maar niet wanneer in het zelfde gebied N_{benth} en/of N_{pisc} afnemen.

Een toename in aantallen piscivore vogels (N_{pisc}) is gewenst, en wordt als positief beoordeeld.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met een referentiesituatie of IHD, en op T_1 met T_0 . Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die vogels beïnvloeden).

Diversiteit soorten

1. Vergelijk voor de diversiteitsindicatoren voor T_0 , T_1 de uitkomsten met de IHD, Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die vogels beïnvloeden).

De IHD indicatoren worden geëvalueerd in combinatie met gerealiseerde natuurdoelstelling per segment niveau 1, 2 en 3, habitatareaalveranderingen = eco-/fysiotopenkaart. N-W Europese populatieschatting, 5-jaarlijks glijdend gemiddelde van de seizoensgemiddelde aantallen voor Zoute Delta, Nederlandse populatie en de Vlaamse populatie per IHD-doelsoort

Ecologisch functioneren

Doe hiervoor de volgende analyses:

De aantallen van deze groepen op niveau van het estuarium wordt geëvalueerd door een trendberekening met de seizoensgemiddelde aantallen tegenover de aantallen van de Zoute Delta populatie, Nederlandse populatie, de Vlaamse populatie, de Westerschelde populatie, de Zeeschelde populatie. Door gebruik te maken van gemiddelde waarden over een periode van 5 jaar (glijdend gemiddelde)

Tabel 6.8.4. Evaluatiematrix voor de Schelde-estuarium populatie (niveau 1).

Voedselgilde	Groep	Schelde-estuarium populatie	% Zoute Delta populatie	% Vlaamse populatie	% Nederlandse populatie
Benthivoren	Steltlopers + bergeend				
Omnivoren	Omnivore eenden	5-jaarlijks glijdend gemiddelde van de seizoensgemiddelde aantallen			
Herbivoren	Herbivore eenden, rallen en ganzen				
Piscivoren	Reigerachtigen, aalscholvers, duikers				

Tabel 6.8.5. Evaluatiematrix voor de Westerschelde populatie (niveau 2). Vergelijkbare evaluatie is mogelijk voor de Zeeschelde populatie

Voedselgilde	Groep	Westerschelde populatie	% Zoute Delta populatie	% Vlaamse populatie	% Nederlandse populatie	% Schelde-estuarium populatie	% Zeeschelde populatie
Benthivoren	Steltlopers + bergeend						
Omnivoren	Omnivore eenden	5-jaarlijks glijdend gemiddelde van de seizoensgemiddelde aantallen					
Herbivoren	Herbivore eenden, rallen en ganzen						
Piscivoren	Reigerachtigen, aalscholvers, duikers						

Tabel 6.8.6. Evaluatiematrix op macrocelniveau en kaderrichtlijnwater niveau (niveau 3). Vergelijkbare evaluatie is mogelijk voor elk segment van niveau 3

Voedselgroep	Groep	Waterlichaam Zeeschelde IV	% Westerschelde populatie	% Zeeschelde populatie	% Macrocel 1 WS	% Zeeschelde III populatie	...
Benthivoren	Steltlopers + bergeend	5-jaarlijks glijdend gemiddelde van de seizoensgemiddelde aantallen					
Omnivoren	Omnivore eenden						
Herbivoren	Herbivore eenden, rallen en ganzen						
Piscivoren	Reigerachtigen, aalscholvers, duikers						

Door de veranderingen in aandeel van de verschillende groepen in het estuarium te vergelijken met de seizoensgemiddelde aantallen in de deelpopulaties worden enerzijds de jaarlijkse fluctuaties afgevlakt en kan de evolutie in de vogelgroepen beoordeeld worden ten aanzien van andere deelpopulaties (is de trend vergelijkbaar in het estuarium met deze in de Zoute Delta, Westerschelde populatie, Zeeschelde populatie, Vlaamse en Nederlandse situatie). Andere trends die aan het licht kunnen komen met deze indicatormatrix zijn: is er een verschuiving in de verhouding van vogelaantallen tussen de Westerschelde en de Zeeschelde, en dit afzonderlijk te beschouwen voor de verschillende groepen.

Voor N_{benth} wordt geanalyseerd of parallel daaraan er sprake is van een verandering in voedselaanbod; zoals totale macrobenthosbiomassa, totale schelpdierbiomassa (intertidaal) en/of areaal aan schelpdierhabitat. Verder wordt geanalyseerd of er sprake is van een verandering in plaatoppervlak, van het areaal aan intertidaal gebied, van de gemiddelde overstromingsduur en/of van procentuele verdeling over mesoreliëfklassen, en in het slibgehalte.

N_{omn} wordt geëvalueerd in combinatie met totale macrozoöbenthosbiomassa, met het intertidale oppervlak, en met het gemiddelde slibgehalte, maar ook in combinatie met N_{benth} N_{herb} wordt geëvalueerd in combinatie met het schorrenareaal en/of het areaal supralitoraal buitendijks gebied. Het aantal piscivoren vogels wordt geanalyseerd samen met het visaanbod; met name het totale aantal individuen, het aantal spieringen of het aantal haringen. Verder wordt gekeken naar de relatie met doorzicht, de concentraties aan verontreinigingen in de waterkolom, en habitatareaalveranderingen.

De verandering van de indicatoren voor de verschillende segmenten op niveau worden tegen elkaar afgewogen en vergeleken met ontwikkelingen op niveau 2.

Benodigde factoren

- Geschatte N-W Europese populatieschatting van de doelsoorten IHD
- 5-jaarlijks glijdend gemiddelde van de seizoensgemiddelde aantallen voor Zoute Delta, Nederlandse populatie en de Vlaamse populatie
- Gemiddelde macrozoöbenthosbiomassa najaar per segment niveau 1, 2 en 3
- Gemiddelde schelpdierbiomassa voorjaar per segment niveau 2 en 3 voor Westerschelde
- Oppervlak aan schelpdierareaal per segment niveau 2 en 3 voor Westerschelde
- Gemiddeld oppervlak aan plaat per segment niveau 2 en 3
- Gemiddeld oppervlak aan litoraal en supralitoraal gebied per segment niveau 1, 2 en 3
- Gemiddelde overstromingsduur voor het intertidaal per plaat
- Percentuele indeling van het intertidaal per plaat in mesoreliëf klassen
- Gemiddeld slibgehalte intertidaal
- Percentuele habitatareaalverdeling per segment niveau 1, 2 en 3
- Percentage gerealiseerde natuurdoelstelling per segment niveau 1, 2 en 3
- Gemiddeld aantal vissen per standaard fuikvangst of ha per segment niveau 2
- Gemiddeld aantal spieringen per ha per segment niveau 2
- Gemiddeld aantal haringen per segment niveau 2
- Gemiddeld doorzicht per segment niveau 2 en 3

Overige werkzaamheden

nvt

Kennisleemtes

Monitoring van de broedvogels in het estuarium is nog onvoldoende ingebed in een structurele monitoring. Dit is zeker het geval voor Vlaanderen. Voor de Nederlandse situatie moet dit

uitgeklaard worden. Er is geen uitgeschreven fiche beschikbaar voor de broedvogelmonitoring. De kustbroedvogelmonitoring is te beperkt om de volledige IHDevaluatie te kunnen dekken.

De voedselbiologie van een aantal soorten is onvoldoende gekend

De evaluatie van Zwin IHD's werden niet in rekening gebracht voor deze methodiek. Voor de T0 opdracht moet de gebiedsgrens exclusief Zwin bevestigd worden.

Fiche 6.9. Zoogdieren

De (zee)zoogdieren staan aan de top van de voedselketen. Daarmee zijn het goede indicatoren van de algehele kwaliteit van het systeem. Temeer daar de populatie-ontwikkelingen ook duidelijk onder invloed staan van gebruikersfuncties van het systeem door de mens. Door de grote mobiliteit van de dieren kunnen de ontwikkelingen echter niet los worden gezien van ontwikkelingen in nabijgelegen gebieden.

De zoogdieren evaluatie analyseert ontwikkelingen in gewone zeehonden en bruinvissen in de Westerschelde als geheel.

Wat leert ons de zoogdieren evaluatie

De zoogdierenevaluatie geeft een goed beeld van de compleetheid van het Schelde ecosysteem, daar de toppredatoren worden geëvalueerd.

De zoogdierenevaluatie geeft inzicht in eventuele verstoringen van het systeem door het gebruik van de Westerschelde door de mens.

De zoogdierenevaluatie kan een beeld geven van de overall-verontreinigingsstatus van het systeem.

Zeezoogdieren zijn hooggewaardeerde organismen in het systeem met een publieke vlagfunctie.

Indicatoren Zoogdieren

Aantal Gewone zeehonden en verhouding tov Oosterschelde, Waddenzee en Voordelta, Aantal Bruinvissen en verhouding ten opzichte van Noordzee.

Benodigde meetgegevens

Concreet zijn de volgende data nodig:

- Aantallen waargenomen zeehonden en bruinvissen in de Westerschelde tijdens zoogdier telvluchten eens in de twee weken tijdens zomermaanden.

Berekening indicatoren

Bepaal voor ieder jaar het maximaal aantal waargenomen zeehonden in de Westerschelde op één en dezelfde dag. Doe hetzelfde voor de Bruinvissen.

Beoordeling indicatoren

Een toename van het aantal Gewone zeehonden is gewenst. Een in verhouding tot de Oosterschelde, Voordelta of Waddenzee positievere ontwikkeling in zeehondenaantallen wordt als zeer positief beoordeeld.

Een toename van het aantal Bruinvissen is gewenst. Een in verhouding tot de Noordzee positievere ontwikkeling in bruinvissenaantallen wordt als zeer positief beoordeeld.

Analyse

1. Vergelijk voor de indicatoren voor T_0 de uitkomsten met de referentiewaarden (180 gewone zeehonden en 20 bruinvissen), of op T_1 met T_0 . Voer bij voldoende gegevens een trendanalyse uit. Detecteer mogelijke significante verschillen, trends of trendbreuken.

2. Vergelijk de resultaten voor de indicatoren met de resultaten voor de factoren (die zoogdieren kunnen beïnvloeden), en met aantalsontwikkelingen in Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee (Gewone zeehond) en in de Noordzee (Bruinvis).

Doe hiervoor de volgende analyses:

Voor het aantal Gewone zeehonden wordt voor de Westerschelde geanalyseerd of er spraken is van (significante) veranderingen in beschikbaar plaatareaal met minimale droogvalduur van 3 uur per cyclus, gemiddelde totale lengte plaatoevers, gemiddelde lengte steile plaatranden, areaal subtidaal, gemiddelde en maximum concentraties toxische stoffen bodem en waterkolom, platvissen biomassa, en mate van verstoring door recreanten.

Voor het aantal Bruinvissen wordt voor de Westerschelde geanalyseerd of er sprake is van (significante) veranderingen in areaal subtidaal, gemiddelde en maximum concentraties toxische stoffen bodem en waterkolom, (epi)benthische en pelagische vissen biomassa.

Benodigde factoren

- Areaal intertidale platen met minimale droogvalduur van 3 uur per cyclus in de Westerschelde
- Gemiddelde totale beschikbare oeverlengte platen in de Westerschelde
- Gemiddelde beschikbare totale lengte aan steile plaatranden (hellingshoek minimaal 1.5 °)
- Areaal subtidaal in de Westerschelde
- Jaargemiddelde en maximum concentraties aan toxische stoffen in de waterkolom en de bodem van de Westerschelde
- Biomassa aan platvis en (epi)benthische en pelagische vissen per hectare voor de Westerschelde
- Maximum waargenomen aantal bootjes (recreatie) en schepen (beroepsvaart) Westerschelde
- Aantal Gewone zeehonden in Oosterschelde, Voordelta en Waddenzee
- Aantal Bruinvissen in Noordzee

Overige werkzaamheden nvt

Kennisleemtes

-De vraag is of er een goed beeld kan worden verkregen van het aantal Bruinvissen in de Westerschelde.