

Nederlands Instituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) BV

Postbus 68
1970 AB IJmuiden
Tel.: 0255 564646
Fax.: 0255 564644
Internet: postkamer@rivo.dlo.nl

Postbus 77
4400 AB Yerseke
Tel.: 0113 672300
Fax.: 0113 573477

RIVO Rapport

Nummer: C027/04

Mogelijkheden voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuur langs de Westerschelde

Willem A. Brandenburg, Pauline Kamermans, Josien Steenbergen, Marc C.J. Verdegem en
J.M.D. Divera Baars

Opdrachtgever:	ProSes Postbus 299 4600 AG Bergen op Zoom
Project nummer:	3031220005
Contract nummer:	04.008
Akkoord:	A.C. Smaal Hoofd Centrum voor Schelpdieronderzoek

Handtekening: _____

Datum: 7 april 2004

Aantal exemplaren:	25
Aantal pagina's:	31
Aantal tabellen:	5
Aantal figuren:	1
Aantal bijlagen:	0

In verband met de
verzelfstandiging van de
Stichting DLO, waartoe tevens
RIVO behoort, maken wij sinds 1
juni 1999 geen deel meer uit van
het Ministerie van Landbouw,
Natuurbeheer en Visserij. Wij zijn
geregistreerd in het
Handelsregister Amsterdam
nr. 34135929
BTW nr. NL 808932184B09.

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

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

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Inleiding.....	4
1.1 Opdracht.....	4
1.2 Gebruikte methoden.....	5
1.3 Leeswijzer	5
2. Condities voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde.....	7
2.1 Begrenzing mogelijkheden.....	7
2.1.1 Mogelijkheden door voorgestelde maatregelen.....	7
2.1.2 Mogelijkheden binnen ecologische (hoofd)functie van de gebieden.....	8
2.1.3 Mogelijkheden binnen Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water	8
2.2 Randvoorwaarden voor zoute landbouw, visteelt en mariene cultures	9
2.2.1 Zoute landbouw	9
2.2.2 Visteelt.....	10
2.2.3 Schelpdiercultuur	11
2.2.4 Schaaldiercultuur	13
2.2.5 Kweek van wormen	14
2.2.6 Kweek van algen en wieren.....	14
2.2.7 Waterkwaliteit en voedselveiligheidsnormen	15
3. Combinatie van cultures in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde.....	18
3.1 Inleiding	18
3.1.1 Mengcultuur	18
3.1.2 Geschakelde systemen.....	19
3.2 Mogelijkheden voor combinaties van cultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden	19
4. Potentiële opbrengsten van zeecultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde.....	20
5. Een zeecultuurpark in nieuwe getijden-natuurgebieden in de Westerschelde	22
5.1 Geschikte locatie voor zeecultuurpark	22
5.2 Conclusies en aanbevelingen	26
5.3 Vervolgonderzoek	27

Samenvatting

In dit rapport zijn de mogelijkheden in kaart gebracht voor de combinatie van nieuwe getijdennatuur met een of meer productiefuncties op de volgende locaties langs de Westerschelde: Braakmanpolder, Hellegatspolder, Serarendspolder, Molenpolder, Zimmermanpolder en de Hedwige-Prosperpolder. Overwegingen van zoutgehalte en waterkwaliteit leiden tot de conclusie dat met name de Braakmanpolder, maar ook de Hellegatspolder en de Serarendspolder geschikt gemaakt kunnen worden voor bovengenoemde combinatie. Kijkend naar de mogelijkheden van deze drie polders, dan heeft de Braakmanpolder als voormalig slenkgebied de meeste mogelijkheden.

Op basis van een cascade van productiesystemen zijn hier combinaties van zilte plantenteelt met teelt van vis, schelpdieren, wormen en wieren goed mogelijk. Een dergelijke cascade is ook goed in te passen in een getemd getijdennatuurgebied. Het meest perspectief lijkt dan op grond van kengetallen de combinatie van zeekraal met mosselteelt. Andere combinaties zijn echter ook denkbaar. Alleen zal dan eerst vervolgonderzoek moeten worden gedaan om deze combinaties in sommige gevallen op hun economisch perspectief te beoordelen, in andere op hun biologische haalbaarheid. Een te ontwikkelen zeecultuurpark – gezien de combinatie met natuurontwikkeling – zal leiden tot extensieve productie, bedoeld voor de lokale niche markt, waarbij het Zeeuws imago moet gaan staan voor succesvolle, duurzame geïntegreerde teeltsystemen met een diversiteit van gezonde producten van eigen bodem en economisch vitaal!

In de Molenpolder, Zimmermanpolder en de Hedwige-Prosperpolder zijn thans nog de waterkwaliteit in termen van aanwezigheid van PCBs, PAKs en zware metalen aanleiding om productiefuncties te koppelen aan monitoring van waterkwaliteit. Gezien het geringere zoutgehalte van het water zijn de mogelijkheid van zeecultuur toch al beperkt. Gezien de waterkwaliteit zou hier als enige teelt de droogbloemteelt van *Limonium vulgare* (lamsoor) mogelijk zijn.

1. Inleiding

1.1 Opdracht

Om de kwaliteit van het Schelde estuarium ook in de toekomst tot zijn recht te laten komen is een samenhangend pakket van maatregelen en projecten voor het Schelde estuarium nodig (ProSes, 2003). Deze zogenaamde *Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium* betreft maatregelen die vooral zijn gericht op het garanderen en verbeteren van de veiligheid tegen overstromen, de toegankelijkheid van de Scheldehavens voor zeeschepen en de natuurlijkheid van het estuarium.

Op de lange termijn zullen de verwachte zeespiegelrijzing en klimaatverandering tot een afname van het veiligheidsniveau leiden. Ontwikkelingen in de scheepvaart stellen eisen aan de toegankelijkheid van de havens langs de Schelde. En er is te weinig ruimte en dynamiek in het estuarium voor morfologische (sedimentatie en erosie van zand en slib) en biologische processen (onder meer de voedselkringloop). Daarmee samenhangend is er te weinig ruimte en dynamiek voor het ontstaan van meer van elkaar verschillende habitats van hoge kwaliteit, in wisselende oppervlakte in tijd en plaats. Het gevolg is een afname van natuurlijke processen die de voor het estuarium kenmerkende natuur in stand houden, zoals schorvorming. Op zijn beurt heeft dit tot gevolg dat er een afname is in biodiversiteit van het estuarium (zoogdieren, vogels, vissen en bodemdieren).

In verband met de garantie van de natuurlijkheid van het estuarium dienen de maatregelen gericht te zijn op optimalisatie van natuurlijke fysische, chemische en ecologische processen die leiden tot herstel van habitats en populaties. Daarnaast moet worden getracht de maatregelen aan te laten sluiten bij de doelstellingen van de Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Onderdeel van de natuurontwikkelingmaatregelen is het ontpolderen van diverse gebieden. Een aantal polders langs de Westerschelde is geselecteerd voor creatie van nieuwe getijdennatuurgebieden. In het kader van de uitwerking van de *Ontwikkelingsschets 2010* heeft ProSes opdracht verleend aan het Centrum voor Schelpdieronderzoek voor een deskstudie. In deze deskstudie wordt inzicht gegeven in de voor- en nadelen die de introductie van zeecultuur activiteiten in gebieden waar getijdennatuur tot ontwikkeling wordt gebracht. Het betreft de polders: Braakmanpolder, Hedwigepolder, Zimmermanpolder, Molenpolder, Serarendsepolder en Hellegatpolder.

De deskstudie richt zich op de volgende vragen:

1. Wat zijn de potenties voor verschillende vormen van zeecultuur (visteelt, schelpdiercultuur, schaaldiercultuur, kweek van wormen en zagers, kweek van algen en wieren, teelt van zoute

planten e.d.) in de genoemde voorbeeldgebieden; zowel voor de variant ontpolderen, als voor de variant getemd getij?

2. In hoeverre zijn deze vormen van zeecultuur combineerbaar met de ecologische (hoofd)functie die aan die gebieden wordt toegedacht en op welke punten kan daarmee strijdigheid ontstaan?

3. Welke condities of inrichtingseisen (waterkwaliteit, oppervlak, getijdenverschillen, droogvalduur, zoet/zoutverhouding, stroomsnelheden, bodemsubstraat e.d.) moeten bij de inrichting worden gesteld om die gebieden geschikt te doen zijn voor diverse vormen van zeecultuur?

4. Welke vormen van zeecultuur zijn het meest geschikt om in één gebied te combineren (b.v. de benutting van vrijkomende mest van visteelt of schelpdiercultuur in de teelt van zilte planten)?

5. Wat zijn de potentiële opbrengsten (in kengetallen kg/€ per ha) van diverse vormen van zeecultuur in deze gebieden?

6. Is aan de hand van de antwoorden op de hiervoor gestelde vragen uit de genoemde voorbeeldgebieden natuur een selectie te maken voor een geschikte praktijkproeflocatie voor een 'zeecultuurpark' (combinatie van natuurontwikkeling en een productiegebied voor zeecultuur)?

Vragen 1-4 worden in ecologische zin beantwoord. Voor zover mogelijk worden voor vraag 5 kengetallen onder Nederlandse condities gegeven. Vraag 6 wordt scenariogewijs beantwoord. Aan de hand van deze scenario's zullen suggesties voor eventuele locaties worden geopperd. Een eventuele uitwerking van dergelijke suggesties vereist ook experimenteel werk en valt daarmee niet onder het bestek van deze deskstudie.

1.2 Gebruikte methoden

Voor het beantwoorden van de bovengenoemde vragen is gebruik gemaakt van door ProSes aangeleverde rapporten, alsmede literatuur uit bibliotheek van het Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek en de Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts van de Agralin Desktop Library van Wageningen UR.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de condities voor de verschillende vormen van zeecultuur. Daarnaast wordt in dit hoofdstuk aangegeven hoe zeecultuur past binnen de ecologische (hoofd)functie die wordt toegedacht aan de gebieden waar getijdennatuur tot ontwikkeling wordt gebracht.

Hoofdstuk 3 gaat in op de vraag of verschillende vormen van zeecultuur combineerbaar zijn. In **hoofdstuk 4** wordt een schatting geven van de potentiële opbrengsten van diverse vormen van zeecultuur in deze gebieden. In **hoofdstuk 5** wordt op basis van de informatie uit de

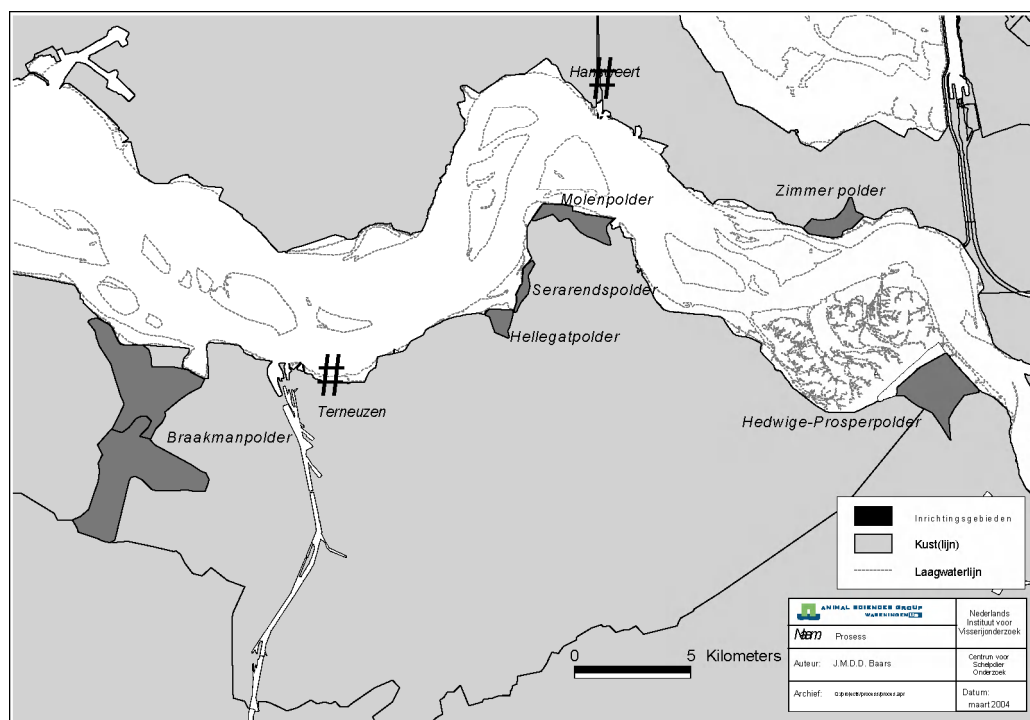
voorgaande hoofdstukken een selectie gemaakt voor een geschikte locatie voor een 'zeecultuurpark'.

2. Condities voor zeecultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde

2.1 Begrenzing mogelijkheden

2.1.1 Mogelijkheden door voorgestelde maatregelen

Er zijn 6 polders geselecteerd voor de creatie van nieuwe getijden natuurgebieden (figuur 1). Dit zijn allen binnendijs gelegen polders waarvan wordt voorgesteld om deze terug bij het estuarium te betrekken door ze uit te polderen. Dit uitpolderen kan gebeuren door een nieuwe dijk rond het gebied aan te leggen en de bestaande dijken af te graven of te doorsteken. Indien de hoogteligging van de polder te hoog of te laag is voor slik- en schorvorming moet die afgegraven of opgehoogd worden. Als variant op het uitpolderen wordt tevens voor elk gebied afzonderlijk ook gekeken naar de minder vergaande maatregel van getemd getij. In deze variant wordt het getij door middel van een doorlaatmiddel (suatiesluis of duiker) gecontroleerd in het gebied toegelaten.



Figuur 1. Overzichtskartaal van de 6 polders geselecteerd voor de creatie van nieuwe getijden natuurgebieden in de Westerschelde.

Voor de volgende gebieden zijn opties met een doorlaatmiddel beschreven in een memo van het RIKZ: Serarendspolder, Zimmermanpolder, Molenpolder, Braakmanpolder (tabel 1). Bij

schorvorming moet bij de optie met een doorlaatmiddel niet gedacht worden aan een echt schor, maar aan zoutvegetaties die enigszins getij bepaald zijn, zonder de voor een schor kenmerkende geomorfologische en bodemkundige fenomenen, zoals krekens en oeverwallen. Bij slikvorming wordt gedacht aan een gebied dat ieder getij geheel of grotendeels wordt overspoeld en weer droogvalt en waarin bodemdieren kunnen leven, waarop weer vogels kunnen foerageren.

Tabel 1. Eindbeeld na uitpolderen en de optie met een doorlaatmiddel (memo RIKZ).

	Uitpolderen	Doorlaatmiddel
Serarendspolder	Zandig/slibrijk slik Schorvorming op hoge delen	Slik met zoutvegetatie op hoogste delen
Zimmermanpolder	Slibrijk slik met schorren	Slik met zoutvegetatie op hoogste delen
Molenpolder	Zandig slik met schorren	Slik met zoutvegetatie op hoge delen in het westen
Braakmanpolder	Zandig/slibrijk slik Schorvorming op hoge delen Ondiep water in de geul	Slik met zoutvegetatie op hoogste delen

Beide varianten voor inrichting van de voorbeeldgebieden zullen worden onderzocht naar potenties voor zeecultuur. Voor de Braakman is uit gegaan van de variant van uitpolderen c.q. getemd getij van alleen het noordelijk deel (ten noorden van de N61).

2.1.2 Mogelijkheden binnen ecologische (hoofd)functie van de gebieden

Het doel van de voorgestelde maatregelen is het herstel van estuariene processen (fysisch en chemisch) en habitattypen zoals jong schor, laagdynamische intergetijden- en ondiep watergebieden. Zeecultuur in de nieuw te creëren gebieden kan een rol spelen bij deze doelstelling. De kweek van organismen levert een bijdrage aan de voedselkringloop, alsmede aan het ontstaan van elkaar verschillende habitats van hoge kwaliteit, en het in stand houden van de biodiversiteit. Hierbij dient te worden opgemerkt dat, binnen de polder, de productiegebieden waarschijnlijk fysiek gescheiden zullen zijn van de natuurgebieden, maar, via de waterbeweging, wel in contact met elkaar staan.

2.1.3 Mogelijkheden binnen Vogel- en Habitatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water

De Europese Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn regelen de verplichtingen van de lidstaten ten aanzien van het in stand houden van de vogelstand respectievelijk natuurlijke leefomgevingen en de wilde Flora en Fauna in de gehele Europese Unie. De richtlijnen hebben een duurzame ontwikkeling en behoud van biodiversiteit tot doel (Anoniem, 2003). Doel van de Kaderrichtlijn water (www.kaderrichtlijn.nl) is het scheppen van een kader voor de bescherming van

aquatische ecosystemen. Daarnaast beoogt de richtlijn duurzaam gebruik van water te bevorderen. Een neven doel is de harmonisatie van de Europese regelgeving op het gebied van water. In principe moeten eind 2015 alle wateren voldoen aan de gestelde ecologische kwaliteitsdoelstellingen.

Zeecultuur betekent kweek van organismen in of nabij zeewater. Om de natuurlijke biodiversiteit te beschermen is het uitgangspunt bij de huidige verkenning de kweek van inheemse organismen. Introductie van exoten kan grote gevolgen hebben voor het ecosysteem, zo heeft de introductie van de Japanse oester (*Crassostrea gigas*) in de Oosterschelde geleid tot het ontstaan van wilde oesterriffen die mogelijk concurreren om voedsel en plaats met andere schelpdiersoorten (Geurts van Kessel et al., 2004). Extensieve kweek in combinatie met natuurontwikkeling kan bijdragen aan de instandhouding van vogelpopulaties en natuurlijke leefomgevingen van andere wilde soorten. Ondiepe getijdengebieden fungeren als kinderkamer voor allerlei soorten zoals platvissen en garnalen (Zijlstra, 1972). Schorren kunnen zowel planten voor ganzen als voor menselijke consumptie opleveren. Structuren in lagunes die worden gebruikt voor de kweek van schelpdieren zijn tevens aanhechtingsplaatsen voor allerlei sessiele organismen. Sommige kweek organismen, zoals zeesla of eencellige algen, kunnen effecten van eutrofiering tegen gaan door nutriënten uit het water op te nemen of door eencellige algen te oogsten, zoals de mossel. Binnen het getijdennatuurgebied ontstaat er parallel aan het voedselrijksgradiënt een grote variëteit aan leefgemeenschappen met daaraan gekoppeld een grote verscheidenheid aan planten en dieren.

Kweek houdt altijd in dat er ook geoogst wordt. Dit kan in strijd zijn met de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn. Echter, wanneer voormalige landbouwgrond wordt omgezet in een gebied voor extensieve zeecultuur in combinatie met natuurontwikkeling is er in ecologische zin winst geboekt ten opzichte van de oude situatie.

2.2 Randvoorwaarden voor zoute landbouw, visteelt en mariene cultures

2.2.1 Zoute landbouw

In Nederland en elders in Noordwest Europa is zoutwaterlandbouw als zodanig van oudsher niet beoefend. Vanaf 1983 zijn er initiatieven geweest om de teelt van zeeaster (*Aster tripolium*), zee kraal (*Salicornia europaea*) en incidenteel snijbiet (*Beta vulgaris*) en zee kool (*Crambe maritima*) in met name Zeeland te introduceren. Dit is ondersteund door onderzoeksprojecten (Wagenvoort et al., 1989). Elders in Nederland zijn ook initiatieven geweest op Texel, Noord Friesland en Noord Groningen (Arts & Bouma, 1982; Avacon, 1995; de Boever, 1994). Uiteindelijk is de zee kraalteelt in Zeeland blijven bestaan met name op Schouwen-Duiveland en

de zeeasterteelt in Noord Friesland. De perceptie die uit initiatieven en onderzoek is overgebleven is dat zoutwaterlandbouw niet lonend en niet duurzaam zou zijn. Zonder uitvoerig in te gaan op de redenen hiervan, is wel vast te stellen dat hier sinds medio 2003 een kentering in lijkt te komen die mede wordt ingegeven door het gebrek aan perspectief in de huidige landbouwsector.

Afgezien van teelt is het plukken van zilte groentes als zeekraal en zeeaster op schorren in Zeeland een van oudsher gebezigde activiteit. Voor diegenen werkzaam in de landbouw en de visserij was dit een nevenactiviteit voor eigen gebruik dan wel bescheiden neveninkomsten opleverend: gegevens hierover ontbreken echter in de landbouwstatistieken. Voor extensieve teelt in getijdennatuurontwikkelingsprojecten in genoemde polders lijken vier soorten in aanmerking te komen:

1. Zeekraal (*Salicornia europaea*)
2. Zeeaster, zulte (*Aster tripolium*; in Zeeland wordt zeeaster ook wel als lamsoren aangeduid, niet te verwarren met de lamsoor hieronder)
3. Schorrekruid (*Suaeda maritima*)
4. Lamsoor (*Limonium vulgare*)

De lamsoor is aan ons lijstje toegevoegd, omdat vanuit de traditie uit de Waddenzee bekend is dat deze plant wel werd gesneden, en dan als droogbloem werd verkocht. Het is een gemakkelijke plant om te telen en net als de voorgaande drie planten komt hij op de Zeeuwse schorren en inlagen voor. Uitgangspunt is daarbij dat deze soorten van nature op belendende schorren voorkomen en dus geen natuurbelasting veroorzaken. Van snijbiet komt weliswaar een wilde verwant op het schor incidenteel voor, maar het betreft hier een reeds een gedomesticeerde plant die al zozeer is veranderd ten opzichte van de wilde verwant (zeebiet) dat het minder wenselijk is deze plant te gaan telen in een natuurontwikkelingsproject. Voor zeekool geldt dat de plant in Engeland op kleine schaal wordt geteeld. De plant is daartoe slechts weinig veranderd ten opzichte van de wilde plant. De teelt is echter als die van asperge: de jonge plant wordt aangeaard opdat de spruit zich in het donker een bleke, malse groente ontwikkelt. Een dergelijke bewerkelijke teelt lijkt evenmin wenselijk in een getijdennatuurontwikkelingsgebied.

2.2.2 Visteelt

In Midden Europa is er geen traditie van visteelt in de kustzone. Visteeltontwikkeling was hoofdzakelijk een zoetwater gebeuren. Een uitzondering is forel (*Salmo trutta*), waarvan in sommige gevallen de dieren de laatste maanden van de teelt overgeplaatst worden naar brakwatervijvers of kooien op zee, en daarna verkocht wordt als (duurdere) zeeforel. In Noord Europa ontwikkelde zich vanaf de jaren 80 zalmteelt (*Salmo salar*) in kooien op zee. De zomers in Nederland zijn echter te warm, waardoor zalmteelt hier geen optie is. In Zuid Europa werden

vroeger grote oppervlakten brakwatervijvers aangelegd. Deze vijvers zijn een soort doorstroomvijvers waar via het getij gezorgd wordt voor waterverversing. Naast schelpdieren werden deze vijvers ook gebruikt voor het invangen, en in sommige gevallen, het opkweken van vissen en schaaldieren. Een bekend voorbeeld is de teelt van harders (*Mugilidae*). De diklipharder (*Chelon labrosus*) komt voor langs de kust en in brakke wateren en is in Nederland een algemeen voorkomende soort (Nijssen en de Groot, 1987). Meer recent worden zeebaars (*Dicentrarchus labrax*), zeebrasem (*Pagellus bogavero*) gekweekt in deze doorstroomvijvers. De Noordzee is voor de Zeebaars de noordgrens van hun verspreidingsgebied en is in Nederland niet algemeen. Zeebrasem heeft ook een meer zuidelijker verspreidingsgebied en is in Nederland zeldzaam, daarom zal deze soort niet worden meegenomen in de verdere analyse. Als echter de trend van warme zomers zich de komende jaren doorzet, wordt het interessant te proberen soorten als zeebaars ook in Nederland te kweken (Nijssen en de Groot, 1987). Van zeebaars is nu namelijk bekend dat deze soort kan functioneren onder brakke omstandigheden, hij komt dan ook in de Westerschelde overal voor (RIVO-database).

Ook kan gedacht worden aan het uitzetten in lage dichtheden van commercieel interessante platvissen zoals tong (*Solea solea*) of tarbot (*Scophthalmus maximus*). Deze soorten komen beide voor langs de Nederlandse kust en er zijn reeds kweekmethoden voor ontwikkeld. Over tong is bekend dat zij bij een saliniteit van 11-14 g Cl/l nog prima gekweekt kunnen worden (pers comm E. Schram). Uit een inventarisatie van de Westerschelde blijkt dat Tong in de hele Westerschelde voorkomt, wat aangeeft dat deze soort goed bestand is tegen lage zoutgehaltes (RIVO-database). Tijdens deze zelfde inventarisatie is tarbot alleen aangetroffen ten westen van Hansweert. Dit geeft aan dat tarbot bestand is tegen zoutgehaltes tot ongeveer 12 g Cl/l (RIVO database).

2.2.3 Schelpdiercultuur

Van oudsher worden in de Zeeuwse wateren en op de Waddenzee mosselen en platte oester gekweekt. De kweek van deze schelpdieren komt erop neer dat jonge exemplaren worden verplaatst naar locaties waar een betere groei mogelijk is en/of een betere beschutting bieden (ODUS, 2001). Het is een extensieve vorm van kweek waarbij de opbrengst voor het grootste deel afhankelijk is van natuurlijke omstandigheden.

Saliniteit is een belangrijke factor die het voorkomen van schelpdiersoorten in estuaria verklaart (Ysebaert et al, 2002). De Westerschelde is een brakwatergebied, de soorten die hier voorkomen en dus in aanmerking komen voor kweek zijn: mossel (*Mytilus edulis*) kokkel (*Cerastoderma edule*) en mesheften (*Ensis* spp). De kweek van platte oester (*Ostrea edulis*) is waarschijnlijk niet mogelijk in de geselecteerde gebieden in de Westerschelde. De platte oester is namelijk minder tolerant voor lage zoutgehaltes dan de mossel, de kokkel en de mesheften en heeft een ondergrens van 15.5 g Cl/l (Schuiling en Smaal, 1998). Saliniteit zal tevens

bepalend in voor geschiktheid voor kweek van schelpdieren in de verschillende uitpoldergebieden. Voor mosselen geldt een lagere groeisnelheid in gebieden met saliniteit schommelingen en een afname van groei bij dalende saliniteit. De minimum saliniteit bedraagt 11 g Cl/l, echter het optimum ligt hoger (Schuiling en Smaal, 1998). Om gedurende lange tijd te kunnen overleven is voor kokkels (*Cerastoderma edule*) een minimum zoutgehalte van 10 g Cl/l vereist (Schuiling en Smaal, 1998). Mesheften (*Ensis sp.*) blijken goed bestand tegen zoutfluctuaties in estuaria en komen voor bij zoutgehaltes tot 11 g Cl/l (Schuiling en Smaal, 1998). Een goede broedval met schelpdieren wordt vaak in verband gebracht met de aanwezigheid van een zoet water instroom. De verklaring hiervoor is nog onduidelijk, maar zou kunnen zijn dat zoetwater-algen goed voedsel voor larven zijn, of dat het zoetere water predatoren op een afstand houdt.

De mosselcultuur vindt in hoofdzaak plaats op kweekpercelen, maar er worden ook mosselen in hangcultuur gekweekt (Kamermans et al., 2002). Het in cultuur brengen van kokkelbestanden door verzaaien heeft grote potenties (ODUS, 2001). Deze vorm van kweek is evenals de kweek van Mesheften echter een nog niet ontgonnen terrein en er zal nog veel technische kennis moeten worden verzameld. Op basis van de ecologie van deze soorten en de kennis van de mosselkweek kan wel worden gekeken naar de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van deze vormen van kweek:

De kokkel komt voor in het intergetijdengebied. Ze worden zowel litoraal als sublitoraal aangetroffen, maar vooral op de getijdenplaten. Kokkels graven zich met sterke voet ca. 2-3 cm in zandige tot slikkige bodems. In de Nederlandse wateren komt de soort voor bij een mediane korrelgrootte van 110-200 μm . Kokkels komen niet voor als de droogtij langer is dan 6-8 uur (Schuiling & Smaal, 1998. Tydeman, 1996a). Vrijwel alle mesheften leven 15-20 cm diep ingegraven in zandige tot slikkige bodems in de getijdenzone (de Groot et al., 1988). De Amerikaanse zwaardschede (*Ensis directus*) is in het Delta gebied het meest talrijk. Deze soort komt voor op zandige delen van het ondiepe getijdengebied en op de lager gelegen, zelden droogvallende delen van het intergetijdengebied (Schuiling & Smaal, 1998).

Mossel, kokkel en *Ensis* zijn filterfeeders, zij voeden zich met fytoplankton en detritus uit het water door het water over hun kieuwen te pompen en te zeven. Een voorwaarde voor kweek van deze dieren is dan ook dat er voldoende aanvoer van verswater met algen is. Water met een te hoog zwevend stof gehalte kan echter limiterend werken. Essink et al. (1990) vond een geringere groei van mosselen bij een hoger zwevend stof gehalte. Het vermogen om optimaal voedsel te benutten begint af te nemen bij een zwevend stof gehalte van 50 mg/l en bij meer dan 100 mg/l treedt gewichtsverlies op (Prins & Smaal, 1989). Ook een sterke stroming kan limiterend zijn voor schelpdieren. Vanuit de mosselkwekerij is bekend dat bij stroomsterktes > 60 cm/sec mosselen grote kans lopen te worden weggeslagen (Tydeman, 1996b. Van Stralen

& Dijkema, 1994). De mossel leeft vastgehecht aan de bodem en de andere schelpdiersoorten zitten op een bepaalde diepte in de bodem ingegraven. Vanuit deze positie wordt voedsel verzameld, door grazen of filtreren, of een combinatie van deze twee. De schelpdieren zijn in staat hun positie in het sediment te veranderen door zich in of uit te graven. Indien de sedimentatie sneller verloopt dan het dier kan bijhouden door zich in te graven, zal deze begraven worden en vervolgens kunnen sterven. De fatale diepte is verschillend per soort en is het geringst voor de mossel (ongeveer 1 cm) en het grootst voor het nonnetje (35-65 cm) (Bijkerk, 1988). De invloed van sedimenttransport op het voorkomen van schelpdieren in het intergetijdengebied is afhankelijk van het levensstadium van de dieren. Zo kan de mate van sedimenttransport en het al of niet optreden van opwerveling van groot belang zijn voor het broed van schelpdieren, omdat het zich moet kunnen handhaven na vestiging. In de eerste levensfase zijn de broedjes ongeveer 500 µm groot en is de ingraafdiepte en -capaciteit klein. Bij het optreden van grotere sedimenttransporten wordt de kans op opwerveling van broedjes groter. Ook kunnen broedjes begraven worden. Kortom de beste kweek locaties voor schelpdieren zijn beschutte gebieden die ongevoelig zijn voor storm met een niet te sterke stroming, maar wel voldoende voor de aanvoer van verswater en een niet te hoge sedimentatie.

Overige mollusken die momenteel nog niet worden gekweekt maar (commercieel) wel interessant zijn zijn: wulk (*Buccinum undatum*), *Patella vulgata* en Alikruik (*Littorina obtusata*). Zowel de alikruik als de Patella kunnen voorkomen in zoutgehaltes tot 11 g/l. Alikruiken leven in en net boven de getijdenzone en komt alleen voor op harde ondergrond. De soort prefereert gebieden met weinig waterbeweging en weinig verstoring van het sediment. Patella leeft op hard substraat, op rotsen en stenen. De Wulk komt voor langs de gehele Nederlandse kustzone en af en toe in brakke wateren. Hij wordt gevonden op modderig zand, gravel en op rotsen. (www.marlin.ac.uk)

2.2.4 Schaaldiercultuur

Het minimum zoutgehalte voor volwassen zeekreeften (*Homarus gammarus*) bedraagt 15.5 g Cl/l (Schuiling en Smaal, 1998). De kweek van kreeften is waarschijnlijk niet mogelijk in de geselecteerde gebieden in de Westerschelde. Garnalen (*Crangon crangon*) hebben een vrij grote tolerantie voor verlaagd zoutgehalte, vooral bij lage temperaturen. Ze komen voor bij saliniteiten tot 6 g Cl/l. Kweek van garnalen is daardoor wel een optie, maar omdat deze soort momenteel niet wordt gekweekt, zal dit eerst ontwikkelt moeten worden. De Noordzeekrab (*Cancer pagarus*) is in de Westerschelde enkel in de monding aangetroffen en zal daarom niet worden meegenomen in deze analyse (RIVO database).

2.2.5 Kweek van wormen

Er zijn drie soorten wormen die in aanmerking komen voor kweek: de wadpier *Arenicola marina*, de zeeduizendpoot *Nereis diversicolor* en de zager *Nereis virens*. De wormen kunnen worden gekweekt voor gebruik als zee-aas voor sportvissers, als voer voor kweekvis (in hoofdzaak ouderdieren, of om bestaand visvoer van een voor de vissen aantrekkelijke coating te voorzien). *Nereis virens* wordt commercieel gekweekt door Topsy Baits in de Wilhelmina polder nabij de Oosterschelde en in Wales. Voor de andere soorten is nog geen commerciële kwekerij aanwezig. *Arenicola* komt voor in gebieden met een zoutgehalte hoger dan 10 g Cl/l (Ysebaert et al., 2002). De wadpier eet de organische fractie van de bovenste laag van het sediment (Cadée, 1976). De zagers overleven zoutgehaltes tot 3 g Cl/l (Oglesby et al., 1982). De zagers zijn omnivoren. Voor *Nereis diversicolor* is beschreven dat deze mosselvis eet (Lehmann, 1980), maar ook macro-algen, zeegras en Engels slijkgras (Olivier et al., 1995) en zelfs dat de soort eencellige algen uit het water kan filtreren (Riisgard & Kamermans, 2001). *Nereis virens* eet naast mosselvis ook groene macroalgen, zoals zeesla en darmwier, Engels slijkgras, (pseudo)faeces van oesters en detritus (Tenore & Gopalan, 1974; Lehmann, 1980; Olivier et al., 1996). Omdat wormen detritus eters zijn kan wormenkweek ook worden ingezet bij het verwerken van afvalproducten van vissen en schelpdieren. *Nereis diversicolor* is bestand tegen allerlei verstoringen zoals blijkt uit de aanwezigheid van de soort in sediment dat kort daarvoor zuurstofloos was (Saiz-Salins & Frances-Zubillage, 1997), en bij hoge sulfide gehalten in het poriewater van het sediment (Miron & Kristensen, 1993). *N. diversicolor* komt vooral in de hoge getijdenzone voor, *A. marina* in de lage getijdenzone en *N. virens* zowel in het litoraal als het sublitoraal (Reise, 1978). Alle soorten kunnen echter ook continu onder water leven. De wormen leven ingegraven in de bodem in U-vormige buizen. Bij hele hoge slibgehalten van het sediment komt de wadpier niet meer voor omdat hij zijn buis niet meer open kan houden (Dankers & Beukema, 1983).

2.2.6 Kweek van algen en wieren

De kweek van macro-algen kan interessant zijn voor diervoeder, agarproductie, farmaceutische industrie, of als biofilter voor afvalwater zuivering (Guiry & Blunden, 1991). Zeesla (*Ulva* spp.) en het roodwier *Gracilaria verrucosa* zijn twee commercieel interessante soorten die voorkomen in het Veerse Meer (Kamermans et al., 1999). *Gracilaria* kan worden gekweekt voor agar productie (Troell et al., 1997). Zeesla kan in diervoeder worden verwerkt. Een voorbeeld hiervan is het project Pre Sale runderen en schapen Saeftinge. Hierbij werd zeesla als wintervoer vermengd met hooi ter bevordering van een kruidige smaak aan vlees (W. Reyniers persoonlijke mededeling). De genoemde soorten kunnen voorkomen bij lage zoutgehalten en hoge nutriënten gehalten. Het optimale zoutgehalte voor de groei van zeesla is 16 g Cl/l, maar er vindt nog groei plaats tot 5 g Cl/l (Malta et al., 1999). Dit biedt perspectief voor de 6 polders. Het water in de Westerschelde grenzend aan de 6 polders heeft echter hoge zwevende stof

gehaltenes (Kromkamp & Peene, in press: 30-40 mg/l). Dit is gelijk aan de maximum waarde die wordt aangetroffen in het Veerse Meer (Malta & Verschuure, 1997). Hierdoor zal licht in de Westerschelde limiterend zijn voor macro-algengroei.

Eencellige algen zijn de voornaamste voedselbron voor schelpdieren. In schelpdier hatcheries worden schelpdierlarven opgekweekt vanuit ouder dieren. De opkweek van jonge schelpdieren vindt plaats in een nursery. Hierbij worden de schelpdieren gevoed met natuurlijk water met eencellige algen. Vaak worden deze algen gekweekt in vijvers of in meanderende krekken. Ook volwassen schelpdieren kunnen worden afgemest in vijvers met algen. In Frankrijk zijn deze vijvers gesitueerd in het schor, waar de groei van kiezelwieren wordt gestimuleerd door toevoeging van silicaat in een bepaalde verhouding tot de andere nutriënten (Soletchnik et al., 2001). De afmesting in Frankrijk vindt plaats in de periode van oktober tot december. Dit geeft aan dat de algenkweek ook succesvol is bij relatief korte daglengtes en lage lichtintensiteiten. Kweek van eencellige algen in een krekken- of vijversysteem als voer voor schelpdieren is zeer geschikt voor combinaties met natuurontwikkeling.

2.2.7 Waterkwaliteit en voedselveiligheidsnormen

Om optimaal gebruik te maken van primaire productie is het belangrijk dat de waterverversing in de productievijvers niet hoger is dan 25 tot 40% per dag. Bij een hogere doorstroomsnelheid spoelen de nutriënten te snel uit en zal de algenproductie laag blijven. Er is echter een bijkomend probleem. Door de forse stromingsdynamiek is het Westerscheldewater vrij rijk aan zwevende bodemdeeltjes die het water troebel maken, waardoor minder licht beschikbaar is voor de algen, en de primaire productie laag blijft. Indien troebel Westerscheldewater in een vijver terechtkomt zullen de bodemdeeltjes bezinken, waardoor de vijver vrij snel ondiep zal worden en uiteindelijk zal verlanden. Een oplossing is gebruik te maken van een bezinkingsbekken voordat het water de productievijver instroomt. Dit voorkomt verlanding, en bovendien wordt de primaire productie gestimuleerd. Randvoorwaarde is dat het bezinkingsbekken goed onderhouden wordt, en dat er een bestemming gevonden wordt voor het verzamelde slib. Een alternatief kan zijn om de polder zo in te richten dat het slib met de ebstroom uit het bezinkingsbekken verwijderd wordt.

Wanneer wordt besloten om producten te kweken voor consumptie moet er rekening mee worden gehouden dat deze producten aan bepaalde eisen moeten voldoen. Stoffen als PCBs, zware metalen en PAKs zijn schadelijk voor het milieu, maar ook voor de gezondheid van mensen. Voor schaaldieren, schelpdieren en vissen zijn normen opgesteld voor onder andere zware metalen en PCBs (tabel 2). Wanneer er meer dan deze norm per kg wordt aangetroffen dan wordt het product afgekeurd voor consumptie. Voor PAKs bestaan (nog) geen

voedselveiligheidsnormen. Hiervoor worden de milieukwaliteitseisen van het water als norm gehanteerd (tabel 2).

Tabel 2. Voedselveiligheidsnormen voor zware metalen (Cd, Pb, Hg) en PCBs en milieukwaliteitseisen voor PAKs (vetgedrukt zijn de stoffen waarvan de huidige waarde in Westerschelde bekend zijn).

Bron gegevens:

- Warenwetregeling Verontreiniging in levensmiddelen. Staatscourant 8 februari 1999, nr. 30.
- Warenwetregeling Verontreiniging in levensmiddelen. Staatscourant 18 Mei 2001, nr 96. Wijziging
- Warenwetregeling Dioxine in Paling. Staatscourant 31 oktober 2000, nr 211, p. 14.
- Warenwetregeling Visserijproducten en Levende tweekleppige weekdieren. Staatscourant 25 januari 1995, nr. 29.
- Richtlijn van de Raad van 22 juli 1991 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften voor de productie en in de handel brengen van visserijproducten. 91/493/EEG Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. Nr. L 268/15. Complementair Beschikkingen 225/2002/EEG en 226/2002/EEG.
- Richtlijn van de Raad van 15 juli 1991 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften voor de productie en het in de handel brengen van levende tweekleppige weekdieren. 91/492/EEG Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. Nr. L 268/1
- Richtlijn van de Raad van 30 oktober 1979 inzake de vereiste kwaliteit van schelpdierwater. 79/923/EEG Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen. Nr. L 281/47

Monitoring	Eenheid	Schaaldieren	Weekdieren	Vissen	Water
Voedselveiligheidsnormen					
Cd	mg/kg	0.3	1	0.05	
Pb	mg/kg	0.5	2	0.5	
Hg	mg/kg	0.5	0.5	1	
PCB 28	mg/kg		0.020	0.1	
PCB 52	mg/kg		0.04	0.04	
PCB 101	mg/kg		0.08	0.08	
PCB 118	mg/kg		0.08	0.08	
PCB 138	mg/kg		0.10	0.1	
PCB 153	mg/kg		0.10	0.1	
PCB 180	mg/kg		0.12	0.12	
Milieukwaliteitseisen					
PAK (in het bijzonder):					
3,4-benzo-pyreen	µ/l				0.2
3,4-benzofluorantheen	µ/l				0.025
Benzofluorantheen	µ/l				0.2
Fluorantheen	µ/l				0.2

3. Combinatie van cultures in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde

3.1 Inleiding

In een getijdenspolder kunnen verschillende soorten schelpdieren en/ of zeegroenten in cascade gekweekt worden, waarbij de voedingsstoffen efficiënt worden benut en waarbij schoon water van goede kwaliteit wordt afgeleverd alvorens het de zee in gaat. Van de zeekant kunnen de lager gelegen polders gecontroleerd overspoeld worden met zout water. Een stuurbaar systeem voor de waterkwantiteit (irrigatiesysteem van kanalen) en waterkwaliteit moet zorgen voor natuurlijke assimilatie waarbij de groeifasen van de verschillende cultures worden geoptimaliseerd (denk o.a. aan nurseries voor vis, invangen van mosselzaad, maar ook de opgroei van mosselen tot consumeerbaar product, wieren en zeekraal, maar ook klassieke gewassen die matig zouttolerant zijn). Er kunnen ook koppelingen gemaakt worden met zeecultuur bedrijven aan de rand van de polder.

Gelijktijdige kweek van verschillende organismen kan plaats vinden als mengcultuur, waarbij de organismen gezamenlijk in één bassin of vijver worden gekweekt, of als geschakelde cultuur, waarbij producten van de ene cultuur (afvalwater, algen) worden gebruikt als voeding voor de volgende cultuur.

3.1.1 *Mengcultuur*

Mengcultuur maakt gebruik van het principe dat verschillende soorten verschillende ecologische niches (ruimtelijk en voedsel) kunnen benutten in dezelfde ruimte. Naast verschillende soorten vissen kunnen ook schaaldieren in een mengcultuur met vis gekweekt worden (b.v. garnaal en harder). Onder optimale condities is de productie van de organismen in een mengcultuur hoger dan wanneer deze soorten in een monocultuur gekweekt zouden worden (synergie). Synergie treedt op als door het fourageergedrag van een soort de beschikbaarheid van voedsel voor een andere soort verbetert. Bij de meeste vormen van mengcultuur is sprake van een extensieve vorm van visteelt met een vrij lage productie.

3.1.2 Geschakelde systemen

Planten zetten nutriënten om in biomassa. Door planten te laten groeien in het uitstroomwater van een viskwekerij kan afvalwater gezuiverd worden. De nutriënten worden verwijderd en de planten voegen zuurstof toe aan het water. Hierdoor kan het water hergebruikt worden. Met deze methode kan de zuivering van afvalwater milieuvriendelijker en goedkoper worden. Bovendien levert het een plantaardig product op dat b.v. kan worden gevoerd aan dieren.

Uit het buitenland zijn de volgende voorbeelden bekend:

In Israël wordt op pilot-schaal goudbrasem (*Sparus auratus*) gekweekt in combinatie met de slak zeeoor (*Halotis tuberculata*), de tweekleppige schelpdieren kromme oesters (*Crassostrea gigas*) en venusschelpen (*Tapes semidecussatus*), zeesla en (*Ulva* sp.), het roodwier (*Gracilaria*) en ééncellige algen (Cohen & Neori, 1991; Krom et al, 1995; Shpigel & Neori, 1996; Neori et al, 2000). Het zeewier en de algen nemen nutriënten op uit het afvalwater van de brasem en dienen vervolgens samen met het in het water aanwezige organisch materiaal als voedsel voor de zeeoren, de kromme oesters en de venusschelpen. In dit voorbeeld werd het afvalwater van 70 m² *Sparus* gezuiverd door 175 m² *Ulva*, en hiermee kon 17.5 m³ *Halotis* worden gevoerd (Shpigel & Neori, 1996). In zuid Frankrijk wordt zeebaars (*Dicentrarchus labrax*) gekweekt in combinatie met algen en schelpdieren. In onderzoek van Lefebvre et al (1996) werd de outflow van een zeebaars farm gebruikt voor fytoplankton (*Skeletonema costatum*) productie en filtratie door kromme oesters. De Israëliërs en de Fransen werken nu samen in een Europees onderzoeksproject genaamd GENESIS waarbij zeebaars, kromme oesters en zeekraal wordt gekweekt. De effectiviteit en de schaal van geschakelde systemen in Nederland zal sterk afhangen van de groeisnelheid van de te gebruiken planten-component onder de gegeven lichtomstandigheden.

3.2 Mogelijkheden voor combinaties van cultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden

Het aanleggen van getijdennatuurgebieden mag niet leiden tot een verhoging van de primaire productie in de Westerschelde. Het is mogelijk, met in acht name van deze randvoorwaarde, binnen een natuurgetijdengebied een gradiënt te creëren van voedselrijkheid. Via vis-, garnalen of schelpdierdierteelt worden nutriënten ingebracht. Een deel van de nutriëntverliezen die optreden tijdens deze teelten wordt daarna gerecupereerd via schelpdier-, algen- of wierenteelt. Men kan ook denken aan halophyten zoals zeekraal, of opruimers zoals zagers. De daarna resterende nutriënten kunnen verder verwijderd worden via een speciaal daartoe aangelegd moerasgebied. Het water dat uiteindelijk terugvloeit naar de Westerschelde kan per saldo voedselarmer zijn dan het ingenomen water.

4. Potentiële opbrengsten van zeecultuur in nieuwe getijdennatuurgebieden in de Westerschelde

Bij het ontwikkelen van visteelt in de kustzone is het belangrijk na te denken over de intensiteit van het teeltsysteem. Een belangrijke graadmeter om zeecultuur productie op basis van natuurlijk voedsel te voorspellen is de primaire productie. De natuurlijke primaire productie in de Westerschelde is gemiddeld 0.6 tot 1.4 g C m⁻² dag⁻¹ (Kromkamp & Peene, in press). Op basis van gemiddelde jaarwaarden van primaire productie van 1 tot 1.5 g C m⁻² dag⁻¹ moet het mogelijk zijn een visteelt productie te halen van 500 – 600 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Wil men in Nederland producties halen boven de 600 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ dan moet de primaire productie omhoog. Dat kan via bemesting, of via lozing van nutriënten van een intensieve kwekerij. Een andere optie is de productie te verhogen via het toedienen van voedsel aan de teeltdieren, wat indirect ook zal leiden tot een verhoging van de primaire productie. Het toevoegen van nutriënten is echter niet wenselijk in de reeds zeer voedselrijke Westerschelde.

In Nederland is er momenteel geen ervaring met zeecultuur in estuaria, en het is vrij moeilijk per teelt een exacte voorspelling te maken van de productie per oppervlakte-eenheid. Omwille van de klimatologische omstandigheden zal waarschijnlijk in de meeste gevallen de productie te laag zijn om te komen tot een rendabele exploitatie. De oplossing ligt bij het combineren van teelten. Vele combinaties van vissen, schaaldieren, schelpdieren en wieren zijn mogelijk. Het zal echter heel wat pioniers- en ontwikkelingswerk vergen om rendabele teeltcombinaties te identificeren. Daarbij moet men zich richten op het produceren van kwaliteitsproducten voor een locale niche markt. Hoge producties zullen niet gehaald worden en bijgevolg is goedkope bulkproductie geen optie. Merites dienen dan ook gezocht te worden op het vlak van een Zeeuws imago wat staat voor succesvolle geïntegreerde teeltsystemen welke duurzaam zijn, bijdragen aan de prachtige omgeving, en een diversiteit aan gezonde producten van eigen bodem produceren, dit alles op basis van een financieel gezonde bedrijfsvoering.

Tabel 3. Opbrengsten in versgewicht (bij schelpdieren inclusief schelp), tenzij anders vermeld en waarde van het product. ^a zeebaars, ^b tarbot, ^c gemiddelde van afgelopen 5 jaar, ^d kweek voor visvoer, ^e kweek voor zeebaas.

Soort	Productie kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹	Referentie productie	Waarde product € kg ⁻¹	Referentie waarde product	Gemiddelde opbrengst kg ha ⁻¹
Gekweekte zeekraal	20.000	Goosen (1999)	10,00- 20,00	Goosen (1999)	300
Gekweekte zeeaster	10.000- 12.000	Goosen (1999)	3,00-4,00	Goosen (1999)	38,5
Zeesla (drooggewicht)	3.000- 6.000	Malta & Verschuure (1997)	Geen informatie	Geen informatie	Geen informatie
<i>Gracilaria</i>	16.000	Troell et al. (1997)	1,00	Troell et a. (1997)	16
Schatting voor vis	600-2.000	Horváth et al. (2002)	6,59 ^a – 8,50 ^b	www.aquamedia.org	8,6-11
Hangcultuur mosselen	6.000- 15.000	Kamermans et al. (2002)	2,25 ^c	Persoonlijke communicatie Viskwekerij Neeltje Jans	23,6
Bodemcultuur mosselen	15.000- 40.000	Visserijkundig ambtenaar N. Laros	1,08 ^c	Taal et al. (2003)	29,7
Geviste kokkels (vlees)	2.500	Bult et al. (2004)	3,66 ^c	Taal et al. (2003)	9,2
Gekweekte zagers	10.000	Luiten (2004)	5,00 ^d - 20,00 ^e	Persoonlijke communicatie Topsy Baits	50-200

De opbrengsten genoemd in tabel 3 zijn opbrengsten van mono-cultures, of van de natuurlijke situatie (kokkels en zeesla). Daarnaast vindt de cultuur van het zeewier *Gracilaria* plaats in de oceaan en van schelpdieren in havens of open water in de Oosterschelde en Waddenzee. Of deze opbrengsten ook gehaald zullen worden in een meer afgesloten gebied zoals een getijdenpolder is niet bekend. Gegevens over de opbrengst van kweek in combinatie met natuurontwikkeling zijn niet voorhanden voor de Nederlandse situatie.

5. Een zeecultuurpark in nieuwe getijden-natuurgebieden in de Westerschelde

5.1 Geschikte locatie voor zeecultuurpark

Om tot een keuze voor een geschikte locatie voor een zeecultuurpark te komen, moet eerst worden vastgesteld, welke criteria voor deze keuze zijn gehanteerd:

- De abiotische eigenschappen van het gebied moeten het creëren van een zeecultuurpark mogelijk maken;
- Inpassing van een zeecultuurpark is mogelijk in een gebied van getijdennatuurontwikkeling;
- Aanwezigheid van relevante, aangrenzende infrastructuur (wegennet, energie etc.) om productiefuncties op een milieuvriendelijke manier mogelijk te maken;
- Planologische overwegingen ten aanzien van mogelijkheden voor een zeecultuurpark.

In tabel 4 en 5 zijn een aantal overwegingen samengevat. Hierbij zijn tevens waarden voor de Oosterschelde weergegeven ter vergelijking met een gebied waar momenteel zeecultuur, zoals mosselteelt, plaats vindt.

Uitgaande van deze tabel en met name op grond van de zoutgehaltes van het water is de conclusie dat voor een volwaardig zeecultuurpark met name de Braakmanpolder in aanmerking komt. Hierbij dient te worden opgemerkt dat, in verband met de veiligheid van het belendend industrieterrein en de instandhouding van de westelijke vluchtweg door de polder de Mosselbanken, alleen de optie met behulp van een doorlaatmiddel voor het noordelijk deel van de Braakmanpolder realistisch is. Deze polder heeft niet alleen een voldoende zoutgehalte om naast zilte plantenteelt, visteelt en schelpdierteelt mogelijk te maken, ook aan andere voorwaarden kan worden voldaan:

- Stroomsnelheid kan van het in- en uitstromende water kan zowel in de vorm van de optie met behulp van een afsluitbaar doorlaatmiddel voldoende zijn voor de verversing van schelpdierteelt en algenproductievijvers;
- Productiefuncties en natuurontwikkelingfuncties kunnen voldoende van elkaar worden gescheiden zodat ze én naast elkaar kunnen worden ontwikkeld én elkaar niet nadelig zullen beïnvloeden;
- Het feit dat de N61 dwars door de Braakmanpolder heen loopt is planologisch een beperking, maar voor de ontwikkeling van een zeecultuurpark een kans: immers, daarmee is er voor de logistiek van een zeecultuurpark in elk geval een goed uitgangspunt.

Tabel 4a. Overzicht van abiotiek van het water van de Westerschelde grenzende aan de polders. Ter vergelijking zijn gemiddelde waarden voor de Oosterschelde toegevoegd. Zie tabel 5 voor de referenties van de gebruikte parameters.

Parameter	Braakman	Hellegat	Ser-Arends	Molen	Zimmerman	Hedwige	Oosterschelde
Zoutgehalte (gr Cl/l)	14.6-16	12.7-13.3	13	12.1-12.7	8.3-9.4	6.6	16.6
Nutriënten gehalte							
Stikstof jaargemiddelde conc (mg/l)	0-2.2	2.2-4.5	2.2-4.5	2.2-4.5	4.5-7	4.5-7	0.7
Fosfor jaargemiddelde conc (mg/l)	0.15-0.35	0.15-0.35	0.15-0.35	0.15-0.35	0.55-0.75	0.55-0.75	0.06
Vervuiling							
PCB153 jaargemiddelde concentratie (ng/l)	0.25-0.45	0.25-0.45	0.25-0.45	0.45-0.55	0.65-0.75	0.65-0.75	Nihil
Fluorantheen (PAK) jaargemiddelde conc (ng/l)	6-15	6-15	6-15	6-15	40-70	40-70	Nihil
Cadmium jaargemiddelde conc (µg/l)	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.2	0.5-0.8	0.5-0.8	0.02
Primaire productie (gr C m ² y ⁻¹)	505-570	505-570	505-570	470-535	355-420	235-300	150-250
Zwevend stof gehalte (mg l ⁻¹)	28-38	28-38	28-38	28-33	35-40	35-40	8

Tabel 4b. Referenties gebruikt in tabel 4a.

Parameter	Westerschelde	Oosterschelde		
	Referentie	Referentie	Periode	Aantal meetstations
Saliniteit	(Male & Schouwenaar, 2003)	Waterbase	1997-2003	12
Stikstof	(Eck, 1999)	Waterbase	1997-2003	4
Fosfor	(Eck, 1999)	Waterbase	1997-2002	4
PCB153	(Eck, 1999)	Berchum & Wattel, 1997	1986	
Fluorantheen (PAK)	(Eck, 1999)	Berchum & Wattel, 1997	1986	
Cadmium	(Eck, 1999)	Waterbase	1988-1995	3
Primaire productie	(Kromkamp & Peene, in press) 2001 waarden	Wetsteyn et al, 2003	2002	
Zwevend stof gehalte	(Kromkamp & Peene, in press) 2001 waarden	Waterbase	1997-2002	7

Tabel 5. Voorkomen van target soorten in Westerschelde grenzende aan de polders.

Parameter	Braakman	Hellegat	Ser-Arends	Molen	Zimmer-Man	Hedwige
Zeekraal	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>Limonium vulgare</i>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
<i>Aster tripolium</i>	ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeesla	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
<i>Gracilaria</i>	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee
Zagers (<i>Nereis virens</i>) ^{*1}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zagers (<i>Nereis diversicolor</i>) ^{*1}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Wadpieren (<i>Arenicola</i>) ^{*1}	ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee
Kokkel ^{*2}	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Mossel	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Garnaal ^{*3}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Tong ^{*3}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Tarbot ^{*3}	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee
Harder ^{*3}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Zeebaars ^{*3}	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
*1 Deze gegevens zijn afkomstig uit de BIS database van het NIOO-CEMO, bekeken voor de periode van de afgelopen 5 jaar.						
*2 deze data zijn afkomstig uit de schelpdiersurvey van het RIVO, bekeken over de periode 1999-2003.						
*3 deze data zijn afkomstig uit de DFS-survey (Demersal young Fish Survey) van het RIVO, bekeken over de periode 1999-2003.						

Ten aanzien van planologische aspecten van een zeecultuurpark zijn er voordelen en complicaties te vermelden voor de Braakmanpolder:

- Midden in de Braakman ligt Kampeerterein de Braakman op ongeveer het laagste punt van de polder; deze camping zal moeten worden verplaatst; deze camping is vanwege zijn omvang ook meteen een aardige trekpleister om van de variatie van zilte natuur en zilte teelten te genieten;
- De Braakman is een voormalige slenk die Zeeuws Vlaanderen als het ware doorsnijdt. Plaatsjes als Philippine en Biervliet hebben hun mosseltraditie te danken aan het feit dat de mosselen vroeger direct werden betrokken uit de Braakman! Dit lijkt nu een goed uitgangspunt om hier nu de mosselteelt te stimuleren.
- De inlaat van zoutwater in de Braakman kent beperkingen: grenzend aan het industrieterrein van Terneuzen (DOW Chemical) kan de Braakman niet worden ontpolderd, omdat de de daarvoor liggende Molenpolder als zodanig moet blijven gehandhaafd als instandhouding van de westelijke vluchtweg uit het industrieterrein; de inlaat zal derhalve met een afsluitbare doorlaatmiddelen moet worden gecreëerd, zodat een getemd getijdengebied ontstaat, waarbij de veiligheid niet in het geding komt.

- De afvoer van zoet water vanuit Vlaanderen (bij internationaal verdrag geregeld) moet gescheiden worden van de instroom van vers zout water in verband met de productiefunctie

Op grond van de bijeengebrachte gegevens in tabel 4a en tabel 5 is vervolgens vast te stellen dat de beschikbaarheid van voldoende zout water van west naar oost afneemt en de vervuiling van toeneemt. Als we er van uitgaan dat in 2010 de Westerschelde schoon is, dan betekent dit voor de Hedwige-Prosperpolder en Zimmermanpolder bij gehele of afsluitbare uitpoldering dat er bij de introductie van zeecultuurproductie een waterkwaliteit-monitoringsprogramma moet worden opgezet. Als we de overige polders in ogenschouw van west naar oost (Hellegatpolder, Serarendspolder en Molenpolder), dan is uit tabel 4a en tabel 5 af te leiden dat in de Hellegatpolder en de Serarendspolder op grond van voorkomen van target soorten, het zoutgehalte van het beschikbaar water en de vervuilingsgraad er ook mogelijkheden zijn om via geheel of gedeeltelijke uitpoldering getijdennatuurontwikkeling in combinatie van alle productiefuncties tot stand te brengen. Bij de Molenpolder zou dit ook het geval kunnen zijn, maar plaatsen we de kanttekening dat op die hoogte weliswaar kokkels en mosselen in de Westerschelde voorkomen, maar dat deze een niet renderend vleesgewicht hebben. Nu hoeven de omstandigheden in een zeecultuurpark niet dezelfde te zijn als in de open Westerschelde, maar er zal speciaal op gelet moeten worden. Voegen we daarbij dat ter hoogte van de Molenpolder de huidige vervuilingsgraad met betrekking tot PCB's zover is toegenomen dat hier ook een waterkwaliteitmonitoringsprogramma nodig is bij het introduceren van productiefuncties, dan ligt deze polder niet voor de hand.

De waterhuishouding in getijdennatuurgebieden kan op twee manieren geregeld worden. In de meest voorkomende situatie vallen water aanvoer- en afvoerkanalen samen. Het natuurgetijdengebied kan echter ook opgezet worden als een doorstroombekken, waarbij aanvoer- en afvoerkanalen gescheiden zijn. Zo ontstaat een geschakeld systeem waarbij reststromen van de ene cultuur kunnen worden gebruikt door de volgende cultuur. Bovendien kunnen de twee manieren van waterhuishouding ook gecombineerd worden in één getijdennatuurgebied. Echter, scheiding van aanvoer- en afvoerkanalen biedt veruit de beste mogelijkheden tot creatie en controle van een voedselrijkdomsgradiënt, en dus het ontwikkelen van zeecultuur activiteiten. Met oog op productiefuncties dient de locatie van waterinlaat bij voorkeur zo gekozen te worden dat aanvoer van vers vloedwater gegarandeerd is. Omdat zilte teelten in combinatie met schelpdierteelt een beheerst proces is, is uitpoldering door middel van een afsluitbaar doorlaatmiddel de enige optie.

De kweek van kokkels, zagers en de bodemcultuur van mosselen gaat bij het oogsten gepaard met bodemberoering. Dit betekent dat bepaalde natuurfuncties, zoals de ontwikkeling van natuurlijke bodemfauna, gescheiden zullen moeten worden van deze typen kweek.

Gebaseerd op de kengetallen zoals vermeld in tabel 3 zijn sommige soorten aantrekkelijker voor kweek dan andere. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat deze getallen opbrengsten zijn zonder aftrek van kosten. Wanneer deze opbrengsten als richtlijn worden gebruikt leveren zeekraal en zagers als zeeaaas het meeste op. Beide producten hebben echter een kleine markt. Hierdoor zal de prijs snel dalen bij een hoge productie. De kweek van een combinatie van soorten ligt daarom voor de hand. Het succes van de teelt van macrowieren zoals *Ulva* en *Gracilaria* zal afhangen van de mogelijkheid om water waar voldoende licht in doordringt te realiseren. De haalbaarheid van teelt in open vijverssystemen van mariene vissoorten of garnalen moet voor de Nederlandse situatie nog worden bewezen. Dit geldt ook voor de kweek van kokkels. Hangcultuur mosselen worden in de Oosterschelde in havens gekweekt. Dit type cultuur heeft bovendien als voordeel boven de bodem cultuur dat het geen hinder ondervindt van extra bezinking van sediment, als gevolg van het ontstaan van een beschut gebied. Winning van mosselzaad kan mogelijk ook een productiefunctie zijn van de nieuwe getijdennatuurgebieden. Maar in de Oosterschelde vindt de zaadval nauwelijks in havens plaats.

5.2 Conclusies en aanbevelingen

Wanneer we de ontwikkeling van een zeecultuurpark waarin gecombineerd de productie van zeegroenten, droogbloemen, schelpdieren en vis, willen plaatsen temidden van een getijdennatuurontwikkelingsgebied, dan komen van de bestudeerde polders de Braakmanpolder, de Hellegatpolder en de Serarendspolder in aanmerking vanwege voldoende schoon water met een voldoende zoutgehalte. De combinatie van productiefuncties achten we wezenlijk omdat productdifferentiatie ook betekent spreiding van risico voor de ondernemer.

Gezien de kengetallen die beschikbaar zijn (niet alle productcijfers zijn beschikbaar) lijkt de combinatie van zeekraalteelt en teelt van hangcultuurmosselen het meest kansrijk. De mosselkweek kan echter zo worden opgezet dat het teeltbassin een multifunctioneel karakter krijgt met ruimte voor de kweek van andere soorten, zoals zeeperen, kokkels en vissen.

Omdat in productieprocessen de voorkeur uitgaat voor beheersing van het proces zelf, kiezen we niet voor uitpoldering, maar voor een getemd getij met een afsluitbaar doorlaatmiddel. Langs deze weg lijkt de combinatie van natuurontwikkeling én de ontwikkeling van een zeecultuurpark mogelijk.

Bij de ontwikkeling van het productieproces in te bedden in het natuurontwikkelingsgebied denken we aan een cascade van vijversystemen in combinatie met een bezinkbassin, een bevoeiingsveld om slib weg te werken en een zilt akkertje om zeegroenten dan wel lamsoor als droogbloem te telen.

5.3 Vervolgonderzoek

1. Een inventarisatie van voorbeeldprojecten in Europa waarbij verschillende mariene soorten gezamenlijk worden gekweekt.
2. Een inrichtingsplan voor zeecultuur in een getijdennatuurgebied met cascades van bezinkbassins, vijversystemen, bevoeiingsvelden en akkers.
3. Experimenteel onderzoek ten behoeve van het verkrijgen van gegevens over kweek in combinatie met natuurontwikkeling: (a) de optimale waterverversing in de productievijvers, (b) optimale vruchtwisseling van zeegroenten een in natuurontwikkelingsgebied en (c) de opbrengst van de verschillende producten tegen een zo gunstig mogelijk economisch perspectief.

Literatuur

- Arts, S.F.W. & W.J. Bouma, 1982. Zeegroente: mogelijkheden tot een commerciële opzet van de verbouw van zeeasters, zeekraal en zeeweegebree in het Lauwersmeergebied. Rijksuniversiteit Groningen, 42pp.
- Avacon, 1995. Marktonderzoek zeeegroente (zeeaster en zeekraal). Avacon (Groningen), 30pp.
- Berchum, A.M van & G. Wattel (1997). De Oosterschelde, van estuarium naar zeearm. Bekkenrapportage 1991-1996. Rikz-97.034.
- Bergh, van den E., S. van Damme, J. Graveland, D.J. de Jong, I. Baten & P. Meire (2003). Studierapport natuurontwikkelingsmaatregelen ten behoeve van de Ontwikkelingsschets 2010 voor het Schelde-estuarium. Werkdocument RIKZ/2003.825x.
- Boever, A. de, 1994. Ecofysiologische bepaling van het zoutoptimum voor de zeekraal (*Salicornia* spp.) Universiteit Gent, Landbouwkundige en Toegepaste biologische Wetenschappen, 85pp.
- Bult, T.P., M.R. van Stralen, M. Poelman, J. Steenbergen & J.M.D.D. Baars (2004). Dynamisch bestandsbeheer van schelpdieren, een verkenning van mogelijkheden en ideeën uit de ODUS visie. RIVO rapport C010/04.
- Bijkerk, R. (1988). Ontsnappen of begraven blijven. De effecten op bodemdieren van een verhoogde sedimentatie als gevolg van baggerwerkzaamheden. Literatuuronderzoek. RDD Aquatic Ecosystems, Groningen.
- Cadée, G.C. (1976). Sediment reworking by *Arenicola marina* on tidal flats in the Dutch Wadden sea. Neth. J. sea Res. 10: 440-460.
- Cohen, I. & A. Neori (1991). Biofilters for marine fishpond effluents. I Ammonia uptake kinetics and nitrogen content. Botanica Marina 34: 475-482.
- Dankers, N. & J.J. Beukema (1983). Distributional patterns of macrozoobenthic species in relation to some environmental factors. In: W.J. Wolff. Ecology of the Wadden Sea. Balkema, Rotterdam. 1 (4): 69-103.
- Eck, B. (1999). De ScheldeAtlas; een beeld van een estuarium. LNO drukkerij/uitgeverij, Zierikzee.
- Essink, K. R. Bijkerk, H.L. Kleef & P. Tydeman (1990). De invloed van het zwevend stof regime op de groei en conditie van de mossel (*Mytilus edulis* L.) RWS, DGW. Nota GWA0-90.120022.
- Geurts van Kessel, A.J.M., B.J. Kater & T.C. Prins (2003). Veranderende draagkracht van de Oosterschelde voor kokkels. Rapportage van thema's 2 en 3 uit het "Lange Termijn Onderzoeksprogramma Voedselreservering Oosterschelde", in het kader van de Tweede Evaluatie van het Nederlands Schelpdiervisserijbeleid, EVA2. Rapport RIKZ/2003.043, RIVO rapport C062/03.

- Goosen H. (1999), Toward a saline alternative; Using halophytes for sustainable agriculture. Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit, Amsterdam.
- Groot, B. de, Dijkema, R. & Redant, F. (1988). Vis, Schelp- en Schaaldieren. Een geïllustreerde gids met beschrijvingen, aanvoertijden en bereidingswijzen van ruim 400 soorten uit zee en zoet water. Uitgeverij Het spectrum bv, Utrecht.
- Guiry, M.D. & G. Blunden (1991). Seaweed resources in Europe: uses and potential. John Wiley & Sons, Chichester, 432 pp.
- Horváth, L., G. Tamás & C. Seagreave (2002). Carp and pond fish culture. Second Edition. Fishing News Books, UK. Pp. 170.
- Kamermans, P., S. Bouma & S.M. Veen (2002). Evaluatie van de mosselhangcultures in de Oosterschelde. RIVO Rapport C025/02.
- Kamermans P., J.M. Verschuure & H. Hummel (1999). Verspreiding en biomassa van de macroalgen in het Veerse Meer in 1999. NIOO-CEMO Rapport 1999-03.
- Krom, M.D., S. Ellner, J. van Rijn & A. Neori (1995). Nitrogen and phosphorus cycling and transformations in a prototype 'non-polluting' integrated mariculture system, Eilat, Israel. Mar. Ecol. Prog. ser. 118: 25-36.
- Kromkamp, J.C. & J. Peene (in press). Changes in phytoplankton biomass and primary production between 1991 and 2001 in The Westerschelde Estuary (SW Netherlands). Hydrobiologia.
- Lefebvre, S., J. Hussenot & N. Brossard (1996). Water treatment of land-based fish farm effluents by outdoor culture of marine diatom. J. Appl. Phycol. 8: 193-200.
- Lehmann, M. (1980). Künstliche Aufzucht des Köderwurms *Nereis virens*. Untersuchung an einer niederländische Population. DIHO Rapporten en verslagen. VIII/3083.
- Luiten, E. (2004). Zee in zicht. Zilte waarden duurzaam benut. STT/Beweton publicatie nr. 67.
- Male, K. van der, B. Schouwenaar (2003). Stroomsnelheden en andere fysische parameters in de Oosterschelde en in de Westerschelde. Werkdocument RIKZ/AB/2003.813x.
- Malta, E.-J., S.G.A. Draisma & P. Kamermans (1999). Free-floating *Ulva* in the Southwest Netherlands: species or morphotypes? A morphological, molecular and ecological comparison. Eur. J. Phycol. 34: 443-454.
- Malta, E.-J. & J.M. Verschuure (1997). Effects of environmental variables on between year variation of *Ulva* growth and biomass in a eutrophic brackish lake. J. of Sea Res. 38:71-84.
- Miron, G. & E. Kristensen (1993). Factors influencing the distribution of nereid polychaetes: The sulfide aspect. Mar. Ecol. Prog. Ser. 93: 143-153.
- Neori, A., M. Shpigiel & D. Ben-Ezra (2000). A sustainable integrated system for culture of fosh, seaweed and abalone. Aquaculture 186: 279-291.
- Nijssen, H., S.J. de Groot (1987). De vissen van Nederland. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.

- ODUS (2001). Uit de schulp. Visie op duurzame ontwikkeling van de Nederlandse schelpdiervisserij. Stichting ODUS.
- Oglesby, L.C., C.P. Mangum, A.E. Heacox, N.E. Ready (1982). Salt and water balance in the polychaete *Nereis virens*. Comp. Biochem. Physiol. 73a: 15-19.
- Olivier, M., G. Desrosiers, A. Caron, C. Retiere & A. Caillou (1995). Selective responses of the polychaetes *Nereis diversicolor* (O.F. Mueller) and *Nereis virens* (Sars) to alimentary stimulation: Utilization of algae and halophytes. Can. J. Zool. Rev. Can. Zool. 73: 2307-2317.
- Olivier, M., G. Desrosiers, A. Caron, C. Retiere (1996). Juvenile growth of the polychaete *Nereis virens* feeding on a range of marine vascular and macroalgal plant sources. Mar. Biol. 125: 693-699.
- Pagand, P., J.P. Blancheton, J. Lemoalle & C. Casellas (2000). The use of high rate algal ponds for the treatment of marine effluent from a recirculating fish rearing system. Aquaculture Research 31: 729-736.
- Prins, T.C. & A.C. Smaal (1989). Carbon and nitrogen budgets of the mussel *Mytilus edulis* L. and the cockle *Cerastoderma edule* (L.) in relation to food quality. Topics in marine biology. Ros, J.D. (ed.) Scient. Mar. 53: 477-482.
- ProSes, 2003. Kennisgeving strategische milieueffectenrapportage Ontwikkelingsschets 2010 Schelde-estuarium.
- Reise, K. (1978). Experiments on epibenthic predation in the Wadden Sea. Helgoländer wiss. Meeresunters. 31: 55-101.
- Riisgard, H.U. & P. Kamermans. (2001). Switching between deposit and suspension feeding in coastal zoobenthos. In: Ecological Studies Vol. 151 pp. 73-101. K. Reise (ed.) Ecological Comparisons of Sedimentary Shores. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Saiz-Salinas, J.I. & G. Frances-Zubillaga (1997). Enhanced growth in juvenile *Nereis diversicolor* after its exposure to anaerobic polluted sediments. Mar. Pollut. Bull. 34: 437-442.
- Schuling, E., Smaal, A. (1991). Het zoet in de pap. Een literatuurstudie naar de effecten van verhoogde zoetwatertoevoer op commercieel belangrijke soorten in de Oosterschelde. RIVO rapportnr. C041/98.
- Shpigel, M. & A. Neori (1996). The integrated culture of seaweed, abalone, fish and clams in modular intensive land-based systems: I. Proportions of size and projected revenues. Aquacultural Engineering 15: 313-326.
- Soletchnik, P., O. Le Moine, P. Goulletquer, P. Geairon, D. Razet, N. Faury, D. Fouche, S. Robert (2001). Optimisation of the traditional Pacific cupped oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) culture on the French Atlantic coastline: autumnal fattening in semi-closed ponds. Aquaculture 199: 73-91.
- Taal, C., M.O. van Wijk, A. Klok, J.W. de Wilde, M.H. Smit (2003). Visserij in cijfers 2002. Projectcode 65004, Periodiek rapport 03-04. LEI, Den Haag.

- Tenore K.R. & U.K.Gopalan (1974). Feeding efficiencies of the polychaete *Nereis virens* cultured on hard-clam tissue and oyster detritus. *Dep. Biol.* 31: 1675-1678.
- Troell, M., C. Halling, A. Nilsson, A.H. Buschmann, N. Kautsky, L. Kautsky (1997). Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.
- Tydemann, P. (1996a). Ecologisch profiel van de litorale kokkelbank (*Cerastoderma edule*). Watersysteemverkenningen 1996. Rapport RIKZ-96.025
- Tydemann, P. (1996b). Ecologisch profiel van de wilde litorale mosselbank (*Mytilus edulis* L.). Watersysteemverkenningen 1996. Rapport RIKZ-96.026
- Wetsteyn, L.M.P.J (RIKZ), R.N.M. Duin (RIKZ), J.C. Kromkamp (NIOO-CEME), M. Latuhihin (RIKZ), J. Peene (NIOO-CEME), A. Pouwer (RIKZ) & T.C. Prins (RIKZ) (2003). Verkenning draagkracht Oosterschelde, onderzoek naar veranderingen en trends in de Oosterschelde in de periode 1990-2000. TIKZ/2003.049.
- Wagenvoort, W.A., J.G. van de Vooren & W.A. Brandenburg, 1989. Plant domestication and the development of the sea starwort (*Aster tripolium* L.) as a new vegetable crop. *Acta Horticulturae* 242: 115-122.
- Waterbase; www.waterbase.nl
- Ysebaert, T., P. Meire, P.M.J. Herman, H. Verbeek (2002). Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: predation by logistic regression. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225: 79-95.
- Zijlstra, J.J. (1972). On the importance of the Wadden Sea as a nursery area in relation to the conservation of the southern North Sea fishery resources. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 29: 233-258.