



WAGENINGEN UR

For quality of life

Wageningen IMARES

Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies

Onderzoeksprogramma 2006-2009
"Duurzame bescherming en exploitatie
van dynamische mariene ecosystemen".



Colofon

Grafische vormgeving: Karel Hulsteijn, Wageningen UR, Communication Services
Uitgave: Wageningen IMARES
Druk: Modern B.V. Bennekom
Oplage: 500

Wageningen IMARES is samengesteld uit onderdelen van Wageningen UR en TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen IMARES.

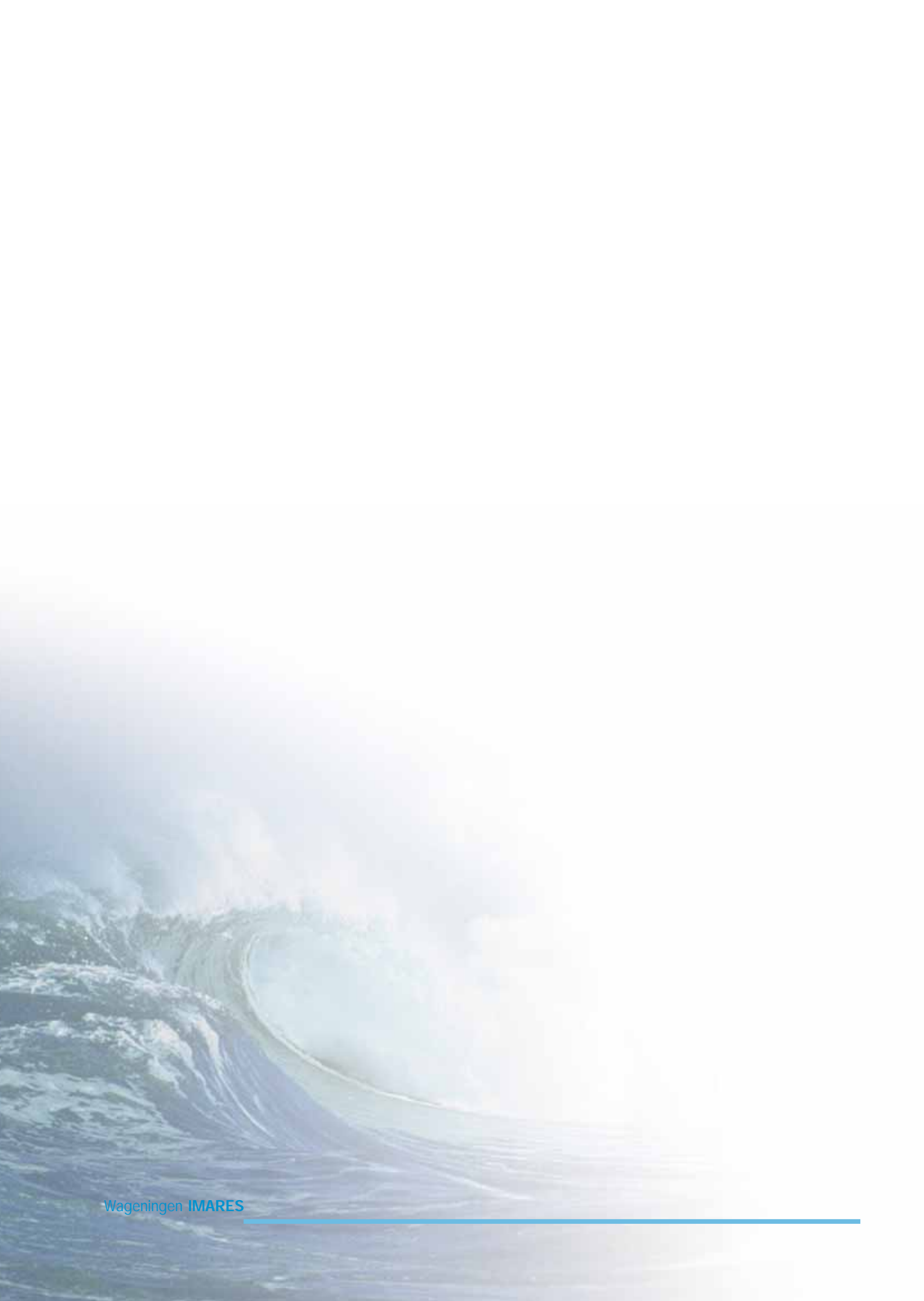
Wageningen IMARES aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen IMARES

Institute for Marine Resources and Ecosystem Studies



Onderzoeksprogramma 2006-2009
"Duurzame bescherming en exploitatie
van dynamische mariene ecosystemen".



Voorwoord

De vraag naar kennis over de zee neemt toe. De aandacht gaat hierbij uit naar zowel de mogelijkheden voor economisch gebruik als de consequenties daarvan voor de natuurwaarde. Dit heeft medio 2006 geresulteerd in de oprichting van Wageningen IMARES.

Het instituut is samengesteld uit onderdelen van Wageningen UR en TNO. Wageningen IMARES levert toegepast onderzoek voor opdrachtgevers afkomstig van overheden en bedrijfsleven. Het voorliggende onderzoeksplan is opgezet in nauwe samenwerking met de in dit kennisdomein betrokken hoogleraren en onderzoekers van de Wageningen Universiteit, aangezien het bedoeld is om een kaderdocument te zijn voor gezamenlijke kennisontwikkeling voor de komende jaren

De thema's van het onderzoeksprogramma zijn:

- 1 Ecosysteem dynamica*
- 2 Milieu-risico's van verontreinigende stoffen*
- 3 Aquacultuur en mariene biotechnologie*
- 4 Sturing en beheer van living marine resources*
- 5 Maatschappelijke percepties van mariene producten*

Wageningen IMARES is nu al een van de grootste onderzoeksinstituten voor ecologisch zeeonderzoek in Europa en zal zich nationaal en internationaal gaan positioneren. De krachtenbundeling met de Wageningen Universiteit moet borg staan voor hoogwaardig onderzoek, wat alleen bereikt kan worden door de kundigheid, inzet en enthousiasme van onze medewerkers in het onderzoeksprogramma te verenigen. Juist hen wil ik bedanken voor het positief kritisch meewerken aan de vorming van dit onderzoeksprogramma.

A handwritten signature in blue ink, reading 'mcthScholten', is written over a light blue rectangular background.

Dr. Martin C.Th. Scholten

Directeur Wageningen IMARES



Voor onderzoek naar en onderwijs over:
“Duurzame bescherming en exploitatie van dynamische mariene ecosystemen”.

Inhoud

Voorwoord	2
Inleiding	7
Belangrijkste onderzoeksthema's op marien gebied	10
Prioritering van het onderzoek, mogelijkheden voor financiering	12
Uitwerking van de Wageningen IMARES mariene onderzoeksthema's	14
Thema 1: Ecosysteem dynamica	14
Thema 2: Milieu-risico's van verontreinigende stoffen	23
Thema 3: Aquacultuur	28
Thema 4: Sturing en beheer van living marine resources	33
Thema 5: Maatschappelijke percepties van mariene producten, beheer en gebruik	37
Kernpublicaties op marien gebied van in Wageningen IMARES participerende groepen	39

(Editor: H. Lindeboom¹)

¹Met bijdragen van: M. Scheffer, J. Verreth, A. Rijnsdorp, P. Reijnders, L. Nagelkerke, P. van Zwieten, H. Prins, A. Smaal, J. Schrama, T. Grotenhuis, B. Koelmans, P. Korytár, M. Kotterman, M. Lurling, A.J. Murk, I. Rietjens, W. Rulkens, M. Smit, M. Scholten, J. van Tatenhove, L. van Hoof, A. Ruijs, J. van Leeuwen, J. Oude Lansink, L. Visser, A. Mol, L. Sijtsma, R. Wijffels, J. Luten

Contactinformatie Wageningen IMARES

Postadres:
Postbus 68
1970 AB IJmuiden

Telefoon: (+31) (0)255 564646
Telefax: (+31) (0)255 564644
E-mail: wageningenimares@wur.nl
Internet: www.imares.nl

Wageningen IMARES

Voor onderzoek naar en onderwijs over:

“Duurzame bescherming en exploitatie van dynamische mariene ecosystemen”.



1. Inleiding

Er vinden wereldwijd grote veranderingen plaats in mariene ecosystemen. De toenemende druk op het mariene gebied en de behoefte tot een duurzaam gebruik en bescherming van 70% van het aardoppervlak en 60% van het gebied onder Nederlandse jurisdictie vraagt om integrale kennis van dit dynamische systeem en de invloed van menselijk handelen hierop.

Belangrijke vraagstukken die niet alleen in Nederland maar ook wereldwijd de gemoederen bezighouden zijn de teruglopende opbrengsten van de visserij, de afname van de mariene biodiversiteit, de invloed van klimaatveranderingen en de toenemende menselijke druk op het kuststelsel waar veiligheid, leefbaarheid, productie en natuur onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Men vraagt om een wetenschappelijk onderbouwd ecosysteembenadering van gebruiksfuncties en natuurbeheer, het aangeven van mogelijkheden en grenzen van multifunctioneel ruimtegebruik, de vaststelling van milieurisico's van verontreinigende stoffen en een gezonde, veilige en productieve aquacultuur. Daarbij komt dat om te voldoen aan de toenemende internationale regelgeving inzicht nodig is in de sturing en het beheer van levende mariene hulpbronnen. Terwijl voor het verkrijgen van draagvlak voor te nemen maatregelen kennis van de maatschappelijke percepties van marien beheer en gebruik onontbeerlijk is.

Het bestuur van Wageningen Universiteit en Research (WUR) heeft onder andere in Focus 2006 uitgesproken groot belang te hechten aan onderzoek en onderwijs gericht op kustzones. Delta's, met een dynamische interactie tussen zee en land en waterafvoerende grote rivieren, maken een belangrijk deel uit van onze leefomgeving in Nederland maar zijn ook mondiaal van groot belang. Zowel vanuit het oogpunt van productie, natuurbelang, veiligheid en fysiek gebruik. Daarbij komt een versnelde verschuiving van functies van het overvolle landdeel naar het nog relatief lege zeedeel van de kustzones. De combinatie van productie, natuur, recreatie, inrichting van deltametropolen en de ontwikkeling van nieuwe gebruiksdoeleinden vraagt om nieuwe integrale benaderingen die bijdragen vragen van zeer uiteenlopende vakgebieden.

Onderzoek

Wageningen IMARES, een samengaan van RIVO, Alterra-Texel, en TNO Den Helder in samenwerking met verschillende leerstoelgroepen van Wageningen Universiteit, bundelt de jarenlange ervaring in onderzoek en onderwijs van gerenommeerde onderzoeksgroepen op de terreinen die nodig zijn voor de beantwoording van complexe mariene vraagstukken.

De kracht van Wageningen IMARES ligt in de integratie van de verschillende natuur- en maatschappijwetenschappelijke disciplines, waarbij zowel toegepast,

Actuele onderwerpen die momenteel spelen zijn onder andere:

ecosysteem benadering visserij, windmolenparken, olie-, gas- en zandwinning, verzilting, herstel zoet-zout overgangen, kustverdediging, tweede Maasvlakte, verdieping Westerschelde, zeereservaten en toepassing van de vogel- en habitat richtlijnen, invoering van de Europese Mariene Strategie, domino en onverwachte niet-lineaire effecten in ecosystemen, governance en bestuurbaarheid, maatschappelijke acceptatie van verschillende vormen van uitbating, adaptief visserijbeheer, ontwikkeling van nieuwe vormen van aquacultuur, effecten van klimaatveranderingen (temperatuur, wind, neerslag, verdamping, zeespiegel) en van kwaliteitsveranderingen (chemische en biologische samenstelling) ten gevolge van menselijk gebruik, ziekten van vis en effecten op menselijke gezondheid, nieuwe medicijnen tegen infecties en kanker uit mariene organismen, verdwijnen van koraalriffen en zeegrasvelden, effecten van mangrovekap op hulpbronnen van zee- en kustgebieden, effecten van klimaatverandering op polaire ecosystemen, effecten van veranderende nutriëntenhuishouding en van indamming van rivieren.

strategisch als fundamenteel onderzoek een plaats hebben. Er is kennis en ervaring op het gebied van ecologie, zowel de biologie als de processen, van zeeën, estuaria, rivieren en oceanen. Niet alleen in Nederland, maar ook in polaire, subtropische en tropische wateren.

Methoden worden voortdurend ontwikkeld om de chemische kwaliteit van de wateren en de mogelijke toxicologische consequenties voor mariene organismen en hun consumenten te bepalen. Lange datareeksen zijn verzameld van waaruit de mogelijke variabiliteit en duurzaamheid van ecosysteemcomponenten en visserij kan worden afgeleid. Er wordt gewerkt aan aquacultuur technieken om exploitatie van wilde organismen aan te vullen of eventueel te vervangen op een manier die zo duurzaam en economisch rendabel mogelijk is. Onderzoek naar de maatschappelijke percepties binnen verschillende culturen, het imago van mariene producten en het draagvlak voor bepaalde vormen van marien beheer



complementeren de natuurwetenschappelijke invalshoeken en maken het mogelijk om te adviseren over haalbare scenario's in een nationale, maar ook internationale context.

De groepen die zullen participeren binnen Wageningen IMARES hebben met deze jarenlange kennisopbouw ook de infrastructuur, zoals boten, hoogwaardige laboratoria en kweek- en experimenteerfaciliteiten opgebouwd en datasystemen ontwikkeld die deze gegevens hanteerbaar en toegankelijk kunnen maken. De bovengenoemde kennis, ervaring en infrastructuur was tot nu toe verspreid over diverse organisatiestructuren, maar met de oprichting van Wageningen IMARES hebben deze groepen nadrukkelijk besloten hun krachten te bundelen en als zodanig zichtbaar en beschikbaar te maken.

Onderwijs

De koppeling tussen onderzoek en onderwijs aan Nederlandse en Internationale studenten maakt dat Wageningen IMARES niet alleen investeert in actuele kennisontwikkeling nu, maar deze kennis ook overdraagt aan toekomstige generaties nationale en internationale onderzoekers, beleidsmakers en mensen die gaan werken in het bedrijfsleven. De belangstelling bij studenten voor het mariene milieu ook in zijn maatschappelijke en beleidsmatige context blijkt groot te zijn. Tot nu toe kwamen vele relevante aspecten van dit onderzoek terug in diverse studierichtingen, maar met de oprichting van Wageningen IMARES zal dit onderwijs meer geconcentreerd worden in een specifieke masters-opleiding, waar nodig aangevuld met nieuw te ontwikkelen aandachtsgebieden. Aan de opzet van deze opleiding wordt in een samenwerking tussen Wageningen Universiteit, Hogeschool Van Hall Larenstein en de Contract Research Organisatie (CRO) nu gewerkt.

2. Belangrijkste onderzoeksthema's op marien gebied

Wageningen IMARES wil de aandacht vooral richten op de samenhang tussen diverse gebruiksvormen van zee- en kustgebieden door de mens. Ontwikkeling van kennis en inzicht op dit gebied is nodig om tot een duurzaam beheer te komen van zee- en kustgebieden. Hoewel duidelijk mag zijn dat deze onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn, worden om praktische redenen 5 thema's onderscheiden die hierna kort worden behandeld met daarbinnen onderwerpen die als prioriteit binnen dit thema worden aangemerkt. Meer gedetailleerde aspecten van deze thema's komen aan de orde in hoofdstuk 4.

1 Ecosysteem dynamica

Een uitdaging voor het mariene ecosysteem onderzoek ligt in de vraag hoe het samenspel van visserij, vervuiling en klimaatsvariaties de toestand van de ecosystemen beïnvloedt en wat de interne dynamica van de systemen zelf is. Een geïntegreerde aanpak is nodig bijvoorbeeld omdat het aantalverloop van vissen niet alleen wordt bepaald door visserij maar ook door voedselbeschikbaarheid voor larven, predatie, temperatuur, habitat condities en transport van eieren en larven. Begrip van deze processen vraagt om een ecosysteembenadering die de samenhang onderzoekt en open staat voor de combinatie van *bottom-up en top-down* krachten en oog heeft voor het optreden van *regime shifts*. Prioriteiten binnen dit thema zijn onderzoek naar het veranderlijke ecosysteem, duurzame exploitatie van mariene biota, bescherming van mariene ecosystemen en multifunctioneel ruimtegebruik. Tot de te onderzoeken onderwerpen behoren natuurlijke en door de mens veroorzaakte veranderingen, ontrafelen van de effecten van visserij en klimaat op mariene levensgemeenschappen, aantalbepalende factoren voor toppredatoren, dynamica van geëxploiteerde vis- en schelpdierbestanden en van visserijsystemen, ruimtelijke dynamiek en biodiversiteit van bodemgebonden fauna en verschuivingen in ruimtegebruik in kustzones enloedvlakten en de effecten daarvan op het dynamische ecosysteem.

2 Milieurisico's van verontreinigende stoffen

Door bevolkingsgroei, stedelijke ontwikkeling en toenemende economische activiteit in kustzones stijgt de kans dat antropogene vervuiling de biodiversiteit, productiviteit en kwaliteit van mariene ecosystemen aantast. Veranderingen in materiaalgebruik, van voornamelijk kunststoffen, hebben geleid tot een grotere milieu belasting. Zowel voor de Kaderrichtlijn water als het ruimtegebruik op de Noordzee zijn het gedrag, biobeschikbaarheid en de interacties van (bekende en onbekende, vaak in complexe mengsels voorkomende) verontreinigingen en de daarmee samenhangende effecten voor het ecosysteem van groot belang. Prioriteiten en te onderzoeken onderwerpen binnen dit thema zijn water- en sedimentkwaliteit, biologische beschikbaarheid, toxiciteit, combitoxiciteit, bioassays, biomarkers en ecologische effecten.

3 Aquacultuur en mariene biotechnologie

Wereldwijd stijgt de consumptie van visproducten. Door de stagnerende visvangsten zal aan deze stijgende vraag vooral via teelt voldaan moeten worden. Aquacultuur is met 9% per jaar dan ook de snelst groeiende primaire voedselproductie en hier liggen uitstekende kansen voor Wageningen IMARES.

Het gaat hierbij om technische oplossingen voor het productieproces en de typische Wageningse aanpak van systeemontwikkeling die inspeelt op maatschappelijke zorgen m.b.t. aquacultuur, zoals economische, ecologische en sociale randvoorwaarden. Aquacultuur levert food en non-food producten en naast vissen, schaal- en schelpdieren behoort ook verder te ontwikkelen teelten van plantaardige producten in verziltende kustgebieden tot het aandachtsveld. Prioriteiten binnen dit thema zijn: gezonde, veilige en diervriendelijke aquacultuur in een gezonde omgeving, het ontwikkelen van vormen van (extensieve) aquacultuur waarmee ook natuurwaarden kunnen worden versterkt, primaire proces technologie m.b.t. kweektechnieken en mariene biotechnologie. Tot de te onderzoeken onderwerpen behoren ruimtelijke ordening van binnen- en buitendijkse aquacultuur, duurzame en milieuvriendelijke visvoeding, gezondheid en welzijn van mariene organismen, voedselveiligheid en productkwaliteit, innovaties in algencultuur, vermeerdering door domesticatie, reproductie en larvencultuur, innovaties in schelpdiercultures, open en geïntegreerde systemen in de visteelt, zilte aquatische productiesystemen en lifestyle en kweek van (mariene) siervissen.

Sturing en beheer van mariene gebruiksmogelijkheden

Duurzaam beheer van living marine resources staat nog in de kinderschoenen, zeker vergeleken met het beheer op land. En fundamentele verschillen tussen land en zee vragen om een andere aanpak. De mondialisering en toenemende mobiliteit stelt nieuwe uitdagingen aan sturingsprocessen en -arrangementen, van zowel publieke als private actoren. Specifiek onderzoek naar sturing en beheer van menselijke activiteiten op en bij zee is daarom noodzakelijk, zowel evaluatief (wat is er en hoe succesvol werkt het) als ontwerpend. Prioriteiten binnen dit thema zijn: ruimtegebruik, sturing in en van economische ketens, implementatie en monitoring van marien beleid, leven in de Zilte Zoom en economische analyses voor ecologisch beheer. Tot de te onderzoeken onderwerpen behoren integraal beheer van de Noordzee, marien natuurbeleid, mondialisering en mobiliteit van economische activiteiten, verantwoordelijkheid in transnationale ketens, informatie verzameling en -gebruik, internationale verdragen voor visserijbeheer, overheid versus netwerksturing, economische waardering van biodiversiteit en visserij en economische analyse van landbouw op zilte gronden.

Maatschappelijke percepties van mariene producten, beheer en gebruik

De zee is van oudsher een belangrijke bron geweest van voedselproducten en dus voor voedselconsumptie. En mariene voedselproducten hebben altijd de connotatie gehad van natuurlijkheid en gezond voedsel. Met de recente verschuiving naar aquacultuur, doorgaande vervuiling van de zee en de aantasting van biodiversiteit door grootschalige visserij staat die associatie in toenemende mate onder druk. Verder ontwikkelt het ruimtelijk beheer van het mariene gebied zich in snel tempo. Het gaat echter om beleid dat geformuleerd wordt in wisselwerking tussen wetenschappelijk onderzoek met economisch en politiek machtige sectoren in transnationale ketens en netwerken. De maatschappelijke perceptie van de meeste burgers en consumenten die zelf niet actief participeren in het gebruik van zeeën en oceanen is slechts gebaseerd op 'indirect contact' met dit meestal onzichtbare deel van ons milieu. Dit heeft gevolgen voor de acceptatie van maritiem beleid. Prioriteiten en onderwerpen in dit thema zijn percepties van mariene producten en gedragspraktijken en maatschappelijke percepties van en draagvlak voor marien beheer.

3. Prioritering van het onderzoek, mogelijkheden voor financiering

Er is een groot aantal mogelijke onderzoeksonderwerpen opgevoerd, die allen hun plaats (kunnen) vinden in een gemeenschappelijk IMARES/ Universitair onderzoeksprogramma. Toch moeten er een aantal prioriteiten gesteld worden en hiervoor zijn de nu eerst in aanmerking komende geldbronnen op hoofdlijnen leidend. Voorgesteld wordt om op de korte termijn op de volgende hoofdlijnen in te zetten:

a) Ecosysteem dynamica en veranderende draagkracht

Op dit moment heeft NWO het voornemen een pilot project in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kust en Zeeonderzoek op te starten, het thema hiervoor is "Dalende draagkracht: wetenschappelijke verklaringen en maatschappelijke consequenties". Binnen dit programma is ruimte voor de onder 1 beschreven onderwerpen, terwijl er raakvlakken zijn met diverse onderwerpen in andere thema's. NWO overweegt voor dit project naast een eigen bijdrage ook een Smartmix aanvraag in te dienen. Ook de NAM overweegt om in de Waddenzee een project met een dergelijk onderwerp te willen financieren. We willen vanuit dit programma hier optimaal op aansluiten.

Daarnaast zullen ministeries en instituten benaderd worden voor co-financiering van dit soort projecten.



Ook is reeds aangegeven dat men een geavanceerde versie van EMIGMA als centraal datasysteem wil implementeren.



b) Ecologie en waterbouw.

Er is een initiatief van de baggerindustrie en EZ om te komen tot een TTI Ecologie en waterbouw. Wageningen IMARES is uitgenodigd om hierin zwaar te participeren. Het gaat daarbij vooral om de ecologische inpasbaarheid van baggeractiviteiten en milieurisico's van aangehechte verontreinigende stoffen. Zowel vanuit thema 2 als thema 1 zitten hier veel aanknopingspunten voor ons in.



c) Maritime strategy

Wageningen IMARES is voornemens het initiatief te nemen in een FES aanvraag rond kennisinfrastructuur die nodig is voor de Maritime Strategy (primair belang van de ministeries van EZ en VROM en de offshore industrie, maar hier past ook duurzame visserij in). Het is belangrijk om structuur versterkende en economische componenten in de aanvraag te hebben zitten. Naast de direct aan de offshore gelieerde componenten uit de thema's wordt voorgesteld om de belangrijkste onderwerpen om te komen tot een duurzame visserij hierin mee te nemen en hiervan een coherente FES aanvraag te maken. Hierbij wordt gedacht aan de onder 1.b genoemde visserij onderwerpen, aangevuld met voor viskwaliteit belangrijke onderdelen uit 1.3 en voor sturing en beheer van een duurzame visserij belangrijke onderwerpen uit Thema 4.



d) Aquacultuur

Voor aquacultuur ligt het ook in de bedoeling om via FES of Smartmix middelen additionele financiering te verkrijgen. Voor tongkweek is reeds de aanvraag Zeeuwse Tong op initiatief van provincie Zeeland en LNV ingediend. In nader overleg zullen nog (een paar) onderwerpen in het Nederlandse kustgebied verder worden uitgewerkt en ingediend. Ook bij de EU zullen aanvragen voor aanvullende financiering worden ingediend.



e) Financiën totaal

De totale kosten voor de benodigde impuls om te komen tot een kwalitatief hoogwaardige gemeenschappelijke kennisbasis, die een voldoende garantie geeft voor hoogwaardig toegepast en strategisch onderzoek rond de kennisvragen die de komende decennia t.a.v. beheer van de zee op ons af komen, wordt geraamd op 25 Meuro over een periode van 5 jaar, inclusief de expertise ontwikkeling middels gericht BSc, MSc en PhD onderwijs in dit kennisdomein. Afhankelijk van de vraagstellingen en voorwaarden van de financierende instanties zal al dan niet een onderscheid worden gemaakt tussen toegepast/strategisch onderzoek en nieuwsgierigheidgedreven onderzoek. De actuele uitvoering van het programma zal echter steeds nauwgezet gecoördineerd worden zodat zoveel mogelijk een coherent onderzoeksprogramma ontstaat met optimale inzet van alle deelnemers.



4. Uitwerking van de Wageningen IMARES mariene onderzoeksthema's

Wageningen IMARES richt zich primair op de ontwikkeling van kennis die nodig is om tot een duurzaam beheer te komen van de zee- en kustruimte. De focus in het onderzoek ligt op de samenhang tussen diverse door de mens geïnduceerde gebruiksvormen van zee- en kustgebieden (bv. voedselproductie d.m.v. visserij en aquacultuur, farmaco-winning via biotechnologie, toerisme, recreatie en biodiversiteitbehoud via natuurbeheer), natuurlijke invloeden (bv. klimaat) en de veerkracht van het ecosysteem. Deze focus impliceert een multidisciplinaire benadering waarbij natuurwetenschappelijke fundamentele aspecten voor duurzaam gebruik gekoppeld worden aan sociale, economische en institutionele aspecten.

Hieronder is een aantal conceptthema's en subthema's uitgewerkt. Daarbij is voor een praktische indeling gekozen die recht doet aan zowel de CRO als de Universitaire aanpak. Dat er ook voor andere indelingen gekozen zou kunnen worden zijn de schrijvers zich bewust, maar de lezer dient steeds voor ogen te houden dat het in de bedoeling ligt de belangrijkste onderdelen van deze thema's in een integraal programma op te pakken. Per onderzoeksgebied zijn er verschillende niveaus van integratie mogelijk.

Thema 1: Ecosysteem dynamica

Een centraal thema voor het mariene ecosysteem onderzoek ligt in de vraag hoe het *samenspel van visserij, vervuiling en klimaatsvariabiliteit* de toestand van de ecosystemen beïnvloedt en wat de interne dynamica van de systemen zelf is. Veel aspecten zijn tot nog toe in isolatie bekeken, maar het wordt steeds duidelijker dat een geïntegreerde aanpak nodig is. Zo wordt b.v. het aantalverloop van kabeljauw niet alleen bepaald door visserij maar ook door de productie van voedsel voor de larven, de predatie door roofvijanden en het transport van eieren en larven. Ook blijkt kabeljauw zelf weer grote invloed te hebben op de talrijkheid van allerlei andere dieren variërend van vissen, krabben en garnalen. Kortom, begrip van de effecten van visserij, klimaat, vervuiling en natuurlijke processen vraagt om een *ecosysteem benadering* die de samenhang onderzoekt en een open oog heeft voor de combinatie van *bottom-up en top-down* krachten. Dat inzicht wordt internationaal nu breed gedragen. Een belangrijk aspect is dat van de non-lineariteit van ecosystemen. Als bepaalde drempelwaarden worden overschreden kunnen soms plotselinge grote, en mogelijk onomkeerbare, veranderingen optreden. Zulke veranderingen (*regime shifts*) komen in mariene ecosystemen geregeld voor en hebben grote gevolgen voor visserij en de diversiteit van het systeem zelf, maar de mechanismen die zulke omslagen bepalen zijn grotendeels onbekend. Beter inzicht moet ook inschatting mogelijk maken van de veerkracht van marine systemen en de manier waarop die door vervuiling, visserij en klimaat wordt beïnvloed. Wageningen heeft op dit vlak sleutelexpertise in huis waarop we de komende jaren strategisch kunnen doorbouwen. De aanpak van het toekomstig onderzoek zal zich enerzijds richten op vergelijking tussen dynamiek van verschillende ecosystemen met verschillende visserij en klimaatstrends. Een belangrijk onderdeel is het ontwikkelen van simpele zowel als meer gedetailleerde mechanistische modellen van het functioneren van mariene systemen. Nauwe samenwerking met mariene onderzoeksgroepen in Engeland, Duitsland, Noorwegen, Frankrijk, de VS, Canada en andere landen ligt daarbij voor de hand.

Het veranderlijke mariene ecosysteem

- **natuurlijke en door de mens veroorzaakte veranderingen**

Door het bij elkaar brengen van zoveel mogelijk *in situ* gemeten lange termijn reeksen van mariene parameters wordt ons inzicht in wat er wanneer en waar veranderd sterk vergroot. Door parallelle ontwikkelingen en verschillende veranderingen in tijd en plaats te vergelijken wordt meer inzicht in natuurlijke of menselijke oorzaken verkregen. Bijvoorbeeld waarom stortte rond 1890 de Noordzee visserij in en wat zijn parallellen met de huidige situatie. Om een geïntegreerd overzicht van alle beschikbare data te verkrijgen zijn goede, toegankelijke, datasystemen noodzakelijk, die ook jaarlijks up-to-date worden gehouden. Hiervoor is het EMIGMA (Effect Modelling Indicatoren Gebruik en Management) instrumentarium ontwikkeld, dat de komende tijd voor de Waddenzee en Noordzee geïmplementeerd zal worden.

- **Ontafelen van de effecten van visserij en klimaat op visgemeenschappen**

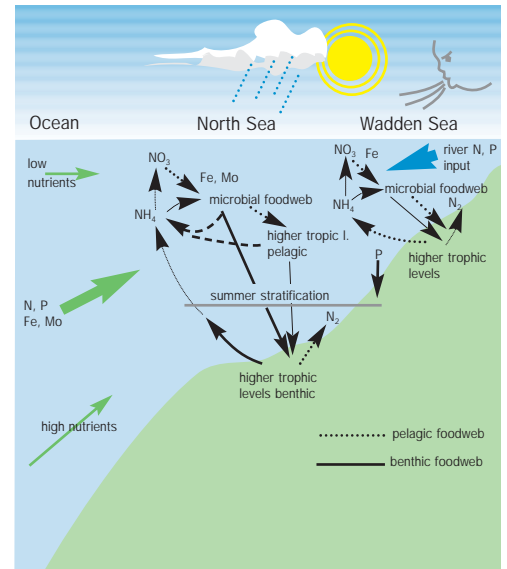
Grote veranderingen in vis- en schelpdierbestanden lijken vaak samen te hangen met subtiele veranderingen in circulatie patronen en temperatuur van het water. De beschuldigende vinger gaat vaak naar visserij, maar een strategie voor duurzame visserij werkt alleen als we begrijpen hoe zeeklimaat het ecosysteem beïnvloed. Kabeljauw, bijvoorbeeld, doet het alleen goed bij lagere temperaturen. Het ligt dan ook voor de hand dat de veerkracht van de populaties, en dus de toelaatbare visserij zullen veranderen bij veranderende temperatuur.

- **Detectoren, begrijpen en voorspellen van regime shifts**

Plotselinge grote veranderingen van het ene relatief stabiele regime naar een andere toestand ('regime shifts') worden in marine ecosystemen geregeld waargenomen, en hebben enorme implicaties voor visserij. Detecteren is te doen, hoewel er haken en ogen zitten aan snelle detectie. Begrijpen wat de oorzaken zijn is veel moeilijker, maar belangrijk als we uiteindelijk ook willen voorspellen. De grote praktische betekenis is dat we 'adaptive management' nodig hebben van de visserij, die snel en proactief inspeelt op regime shifts. Ook onderzoek aan populatiedynamische cascades en assemblageveranderingen valt onder dit onderwerp.

- **Analyse van mechanismen die tot alternatieve evenwichten kunnen leiden**

Sommige ecosystemen kunnen meerdere stabiele toestanden hebben. Dit betekent dat scherpe, moeilijk omkeerbare omslagen kunnen plaatsvinden als bepaalde drempelwaarden (van bijvoorbeeld klimaat of visserij) worden overschreden. Koraalriffen zijn een bekend voorbeeld, maar mogelijke mariene voorbeelden dicht bij huis zijn de Waddenzee, het Friese Front, de kabeljauw van de Noordzee en de oesterriffen in de Oosterschelde. We zijn wat betreft zoetwater en terrestrische ecologie mondiaal voortrekkers op dit gebied, en het ligt voor de hand onze expertise ook voor mariene systemen in te gaan zetten.



Mariene ecosystemen kunnen waarschijnlijk verschuiven van pelagisch gedomineerd naar benthisch gedomineerd.



- **Oorzaken en gevolgen van de lichaamsgrootte van dominant zooplankton**

De beroemde omslagen van sardien naar ansjovis en terug, maar ook het falen van rekrutering van kabeljauwachtigen lijken veel te maken te hebben met verandering in de grootte van zooplankton. Anderzijds is de grootte van zooplankton weer sterk afhankelijk van temperatuur (groter als het kouder is). De grootte van zooplankton lijkt dus een sleutelfactoren die klimaat en visserij verbindt. In zoetwater is de grootte van zooplankton juist goeddeels door vispredatie bepaald. In de zee is naar die causaliteit vooralsnog niet gekeken. Al met al lijkt het strategisch om onderzoek op te zetten naar de oorzaken en gevolgen van zooplankton groottestructuur in mariene milieus.

- **Effecten van veranderde nutriënten input uit rivieren**

Bij het beheer van kust-ecosystemen is verandering van nutriënteninput uit rivieren een belangrijk onderwerp. Enerzijds heeft eutrofiering in estuaria voor veel problemen gezorgd. Anderzijds kan verminderde draagkracht bij afname van nutriëntengehaltes tot verrassingen leiden, zoals het verhogen van de beschikbaarheid van microverontreinigingen voor organismen. Er liggen veel parallellen met het werk aan toename en vervolgens afname van nutriëntenbelasting in zoetwatersystemen, en het onderwerp is vooral uit toegepast oogpunt de komende jaren van belang, met name ook voor schelpdiercultuur die geheel van natuurlijke voedselproductie afhankelijk is, maar ook kan worden ingezet voor eutrofiëringscontrole. Dit zijn vragen die ook een grote internationale reikwijdte hebben omdat wereldwijd, en met name in Azië, de bevolkingsexplosie leidt tot structureel grotere afvoer van nutriënten via grote rivieren naar kustzone gebieden.

- **Effecten van/op natuurlijke predatoren (vogels, vissen, zeezoogdieren)**

Naast de visserij kunnen ook mariene toppredatoren (zeezoogdieren, zeevogels, roofvissen) zowel de structuur als het functioneren van ecosystemen beïnvloeden. Dit onderzoek richt zich op de vraag hoe toppredatoren en visbestanden in het Noordzee ecosysteem elkaar wederzijds beïnvloeden. Hierbij wordt gestreefd naar het kwantitatief beschrijven van deze ecosysteme relaties in de Noordzee door het meten, analyseren en modelleren van trofische interacties.

- **Veranderingen op de zeebodem (relatie met fysica): zeegrasbedden, kwelders, mossel- en oesterbanken**

Habitatstructuren spelen een belangrijke rol voor het instant houden van een hoge biodiversiteit en vele soorten zijn in verschillende levensstadia afhankelijk van structuren waar ze zich op vast kunnen zetten of in kunnen verschuilen. In de Nederlandse wateren zijn vele van deze structuren verdwenen. Hoe komt dat, wat was hun belang in het verleden en wat zijn mogelijkheden voor de toekomst om specifieke habitats als zeegrasvelden en oesterbanken terug te krijgen. En hoe moeten we omgaan met kwelders en verkweldering ook in het kader van klimaatsveranderingen.

- **Voedsel ecologie/dynamica**

Draagkracht, de maximale aantallen of biomassa's van een trofisch niveau die een systeem kan onderhouden is belangrijk voor systemen waaruit we een optimale oogst willen halen, of waarbij streefbeeld en doelstellingen gebruikt



worden als management instrumentarium. Wat is draagkracht precies, wat is de invloed van voedsel生态学 en -dynamica op aantallen organismen, hoe veranderen voedselwebben als er organismen verdwijnen of bijkomen en welke rol spelen feedback mechanismen zoals nutriëntenteruglevering door begrazing van plankton door schelpdieren op de productiviteit

- **Toxische algen en biotoxines**

Intense bloei van schadelijke algen is een steeds frequenter voorkomend verschijnsel. De onderliggende redenen voor de productie van biotoxines en de grote variatie in toxine concentraties zijn echter allerm minst duidelijk. Mogelijk speelt chemische oorlogsvoering met concurrenten en predatoren een rol. Het nog steeds ontbreken van geschikte analyse methoden en gebruik van niet gevalideerde, ethisch onverantwoorde dierproeven zijn maatschappelijk relevante redenen voor verder onderzoek naar bioassays (zie ook 2) en chemisch analytische high-throughput methoden voor deze biotoxinen. De ontwikkeling van nieuwe *in vitro* methoden zorgt voor de benodigde diagnostiek, waardoor tegelijkertijd dieronvriendelijke testen kunnen worden afgeschaft. In navolging van recente doorbraken in het zoetwater onderzoek zal in het mariene milieu het effect van algengrootte, de oorzaken van plotselinge dinoflagellatenbloeien en de risicoschatting van natuurlijke vijanden worden onderzocht.



Ecosysteem benadering van gebruiksfuncties

Al vele jaren is de zee belangrijk voor onze economie. Naast al zeer lang aanwezige gebruiksfuncties als visserij, zeevaart, olie- en gaswinning en recreatie komen daar nu nieuwe vormen bij als windenergie, grootschalige zandwinning en ruimtegebruik voor industrie of wonen. Echter steeds meer wordt duidelijk dat dit gebruik effecten heeft op het mariene ecosysteem waarbij duurzaamheid en biodiversiteit onder druk staan. In dit thema wordt naar wegen gezocht om middels ecosysteembenaderingen het gebruik te verduurzamen.

- **Duurzaam gebruik van levende natuurlijke hulpbronnen**

Fisheries are here to stay": de vraag naar vis en andere producten uit de zee blijft onverminderd hoog, en zal alleen maar stijgen. Voor een duurzame exploitatie van dynamische aquatische ecosystemen ("sustainable exploitation of dynamic aquatic ecosystems") is inzicht in de effecten van visserij op de dynamiek van de hulpbronnen nodig, maar vraagt de maatschappij om de ontwikkeling van een ecosysteembenadering van het visserijbeheer waarbij de bescherming van het aquatische ecosysteem centraal staat. Hierbij spelen spatiële en temporele schaal effecten een belangrijke rol.

- **Dynamica van geëxploiteerde bestanden**

Dit onderzoeksveld, dat de basis vormt van visserijonderzoek, bestudeert de processen die het voorkomen en de aantal fluctuaties van een bestand bepalen. Inzicht in deze processen is nodig om te kunnen voorspellen hoeveel vis of schelpdieren er duurzaam kan worden geoogst. Binnen het beheer is in toenemende mate aandacht voor ruimtelijke maatregelen. Voor het behoud van onze vooraanstaande positie binnen dit veld is het gewenst om verdiepend onderzoek te continueren naar 1) *populatie dynamica* (sterfte, groei, voortplanting; jaarklassterkte regulatie; visserij oceanografie; competitie om ruimte en voedsel tussen schelpdiersoorten); 2) *ruimtelijke processen*; 3) *habitat* monitoring en modelering; 4) de lange termijn effecten van de visserij op de



populatie genetica van geëxploiteerde bestanden (evolutionaire veranderingen; genetische erosie).

- **De rol van visserij-afhankelijke data in marien ecosysteem onderzoek**

Veel, m.n. tropische, mariene ecosystemen zijn zeer complex door het grote aantal soorten en door de grote spatiale heterogeniteit. Veelal ontbreekt relevante ecologische informatie om beheer toe te passen op de wijze zoals dit gebeurt in de gematigde zones. De praktische omstandigheid dat er weinig gegevens beschikbaar zijn en de meer fundamentele vraag of beheer dat gebaseerd is op quota wel in dergelijke complexe systemen toegepast kan worden, versterken hier elkaar. De urgentie voor beheer is echter groot, aangezien deze systemen onder grote druk staan. Het gebruik van andere informatie dan die uit onafhankelijk ecologisch onderzoek, zoals *visserijafhankelijke gegevens* is daarbij nodig. Dit leidt vanzelfsprekend tot de ontwikkeling van andere beheerssystemen, waar beheersinformatie meer direct gekoppeld is aan gebruik.

- **Dynamica van visserijsystemen**

Het visserijsysteem omvat het complex aan interacties van verschillende visserijen en verschillende vissoorten, alsmede het visserijbeheer. Kennisontwikkeling wordt voorzien in modellen die worden gebruikt voor de *toestandsbeoordeling* van visbestanden die rekening houden met de onzekerheid in zowel de invoergegevens als de modelformuleringen, het gebruik van Bayesiaanse statistiek en het ontwikkelen van *management evaluatie modellen* (zie ook visserijbeheerssystemen). Een tweede aandachtsgebied is het onderzoek naar *vlootdynamica*, met name naar de factoren die de verdeling van visserij-inzet in ruimte en tijd en de reactie van de visserij op beheersmaatregelen bepalen.

- **Van visserij - naar ecosysteembeheer**

Visserij heeft niet alleen invloed op de geëxploiteerde doelsoorten maar beïnvloedt ook andere ecosysteem componenten. Ter onderbouwing van de ecosysteem benadering in het visserijbeheer richt het visserijonderzoek zich op de kwantificering van de *ecosysteemeffecten* van de verschillende vormen van visserij en op mogelijke maatregelen die de negatieve effecten op soorten, habitats en het functioneren van het ecosysteem, kunnen verminderen (alternatieve vistuigen, gesloten gebieden, inzet beperking). Hierbij ligt de nadruk op de effecten van gesleepte vistuigen op benthos en op vis-benthos interacties. Daarnaast worden de mogelijkheden voor een duurzame exploitatie bepaald door *ecosysteemdynamica*.

Het is aannemelijk dat een TAC-systeem niet tot een duurzaam gebruik kan leiden in de gemengde visserij op bodemvissoorten zoals kabeljauw en platvis. Onderzoek richt zich op *alternatieve beheerssystemen*. Hierbij worden instrumenten ontwikkeld waarmee visserijsystemen kunnen worden geëvalueerd op hun gevoeligheid voor de verschillende bronnen van onzekerheid in de dynamica van de visbestanden, de dynamica van de vloot, de ecosysteemeffecten en de implementatie van het beheersysteem. Ook verbeteringen in het bestuurlijke proces en de communicatie om draagvlak te creëren bij de verschillende betrokken maatschappelijke groeperingen (visserij, natuurbeschermings-organisaties, overheid) spelen een belangrijke rol.

- **Monitoring en onderzoek van ecosysteem- en visserij variabelen**

Het fundament van het visserijonderzoek wordt gevormd door de monitoringsprogramma's. De routinematige monitoringsprogramma's bieden de mogelijkheid om aanvullende gegevens te verzamelen die een belangrijke rol kunnen spelen bij het beantwoorden van nieuwe vragen. Voor de versteviging van de positie van Wageningen IMARES als aquatisch onderzoeksinstituut is het belangrijk beleid te ontwikkelen op de verdere ontwikkeling van de datacollectieprogramma's. Een van de vragen hierbij is of, en zo ja hoe we de potentie voor b.v. zeezoogdieren monitoring tijdens reguliere vissurveys kunnen ontwikkelen.

Bescherming van mariene ecosystemen

Er zijn signalen uit het mariene ecosysteem dat meer bescherming nodig is van bepaalde habitats en individuele soorten en ook de EU richtlijnen maken nieuw beleid noodzakelijk. Om welke habitats en soorten gaat het, wat zijn de voornaamste bedreigingen en welke maatregelen kunnen bijdragen aan het gewenste effect.

- **Natuurbescherming, MPAs.**

Nederland heeft in de Noordzee 4 gebieden aangewezen die als potentiële MPA bij de EU zullen worden aangemeld. Vraag is nu welke instandhoudingdoelen hier nagestreefd moeten of kunnen worden, welke beleidsmaatregelen hiervoor nodig zijn en wat voor soort monitoringprogramma noodzakelijk is om de ontwikkelingen te kunnen volgen en evalueren. Wij zoeken ook actieve participatie in een dergelijk programma. Zodra er in de Nederlandse zeegebieden substantiële beschermde zones zijn ingesteld en beheermaatregelen zijn geïmplementeerd waarvan effecten op populatieniveau zijn te verwachten zal onderzoek worden opgestart naar de interacties tussen beschermde en niet-beschermde gebieden.

- **Toppredatoren (habitat, voedsel eisen, ruimtegebruik)**

Voor een adequate bescherming van mariene toppredatoren is het noodzakelijk kennis te hebben van hun kritische habitateisen en vervolgens te onderzoeken in hoeverre aan die eisen wordt voldaan. Dit thema kan als volgt worden aangepakt:

- 1) onderzoek naar kritische habitateisen van zeezoogdieren (kensoorten: gewone en grijze zeehond, en bruinvis) en zeevogels (kensoorten: zee-eenden, duikers, kustgebonden en/of pelagisch foeragerende viseters),
- 2) onderzoek naar bedreigingen voor die soorten (m.n. voor zeezoogdieren concentreren op effecten van geluid en bijvangst), en
- 3) onderzoek naar effectieve beheersmaatregelen, w.o. onderzoek naar de functie van mariene beschermde gebieden (MPA's) en hoe die in te richten. Naast onderzoek in gematigde streken wordt ook onderzoek gedaan in andere voor Nederland relevante gebieden als beide poolstreken, subtropen en tropen.



- **Kwetsbaarheid en biodiversiteit van de bodemfauna**

De bodemfauna staat al jaren onder een zware visserijdruk en ook vervuiling, bijvoorbeeld met TBT, heeft effecten gehad. Ook habitats, zoals de Texelse stenen zijn door visserij sterk veranderd. Ons beeld van de (potentiële) biodiversiteit van het benthische Noordzee ecosysteem is daardoor sterk beïnvloed en ook is onduidelijk op welke schaal beschermende maatregelen kunnen leiden tot herstel, cq hoe dat herstel er uit zou kunnen zien. Vergelijking tussen monsters uit het begin van de vorige eeuw en nu, gericht veldonderzoek en populatiedynamische modellering van een paar kensoorten staat centraal bij dit onderwerp.





(Multi-functioneel) ruimtegebruik

- **Gebruiksfuncties: Offshore olie en gas, waterbouw, windenergie, scheepvaart**

Naast visserij neemt het gebruik van de zee voor o.a. zandwinning, windenergie, gas- en oliewinning, aquacultuur, infrastructurele werken, snel toe. Dit leidt tot ruimtelijke conflicten, maar tegelijkertijd worden vaak kansen op multifunctioneel ruimtegebruik gemist. Zo zullen windmolenparken visserij met gesleepte bodemuigen uitsluiten, maar mogelijk kansen bieden voor vis- en schelpdierkweek. Kennisontwikkeling betreffende mariene habitats, de ruimtelijke structuur en de ruimtelijke processen en het modelleren hiervan is noodzakelijk ten behoeve van de ruimtelijke planning van de Noordzee. Deze planning is momenteel uiterst reactief vanuit bestaande situaties of belangen. Integrated Coastal Zone Management biedt instrumenten om dit te verbeteren. Het instituut verzameld en verspreid kennis die door de overheid en andere beheerders gebruikt kan worden om een optimale indeling van het NCP tot stand te brengen, rekening houdend met ecosysteem effecten en economische mogelijkheden.

Het gebruik van de zee en het transport vanaf land en door de lucht brengt vele vervuilende stoffen in het mariene milieu. In thema 2 wordt het onderzoek naar de milieurisico's beschreven.

- **Ruimtelijke dynamiek van schelpdier(broed)bestanden**

Kennis van de overleving van schelpdierbroed in verschillende gebieden is van belang i.v.m. de mogelijkheid om schelpdierbroed voor kweek te onttrekken van relatief instabiele locaties, en meer stabiele locaties t.b.v. natuurdoelen te ontzien. Er zijn grote verschillen in de overleving van schelpdierbroed in verschillende gebieden. Voor de meeste soorten is er wel enig inzicht in invloed van sediment, stromingen en stormgevoeligheid, maar van de rol van predatie is weinig bekend. Onderzoek is nodig om verspreiding en stabiliteit te kunnen voorspellen. Daartoe worden habitatmodellen ontwikkeld gebaseerd op veldkennis. Verdere ontwikkeling van bestandsopnamen o.a. mbv remote sensing technieken (lucht en satelliet opnamen, side scan sonar) is daar voor nodig.

Een ander ruimtelijk aspect betreft de interactie tussen schelpdierpopulaties via competitie om ruimte en voedsel. De opkomst van de Japanse oester heeft bijvoorbeeld invloed op de mogelijkheden voor andere soorten zoals de kokkel en mossel, en er zijn aanwijzingen voor langjarige verschuivingen van schelpdierpopulaties in de Nederlandse kustzone. De invloed van autonome ontwikkelingen op schelpdier dynamica is nauwelijks bekend en dit soort kennis is van groot belang bij de beoordeling van effecten van schelpdiercultuur op het ecosysteem.

- **Risicobeoordeling**

Er is steeds minder ruimte beschikbaar op het land voor de ontwikkeling van (nieuwe) economische activiteiten, waardoor steeds vaker wordt uitgeweken naar de Noordzee (vliegveld in zee, offshore windparken, intensivering short-sea-shipping, ontwikkeling Tweede Maasvlakte). Deze activiteiten kunnen echter elkaar, maar vooral ook de natuurwaarden op de Noordzee beïnvloeden. Voor ruimtelijke afweging van gebruiksfuncties op zee, wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een instrumentarium voor de integrale

beoordeling van verschillende ruimtelijke gebruiksfuncties op zee (Zand winning, baggeren, infrastructurele werken, visserij, windmolenparken, offshore olie en gas en mogelijke CO₂ opslag). De invloed van door gebruiksfuncties veroorzaakte stressoren wordt over het algemeen afzonderlijk beschouwd, waarbij deze zelfs veelal wordt beperkt tot de toxische stressoren. Het (internationaal) beleid vraagt in toenemende mate om een integrale beschouwing van zowel toxische als niet toxische stressoren (o.a., Kaderrichtlijn Water). Ook wordt gedacht aan ontwikkeling van risico reductie scenario's voor gevoelige locaties in de Noordzee. Voor een dergelijk instrumentarium dienen (gebruiks)activiteit - effect relaties te worden vastgesteld. Daarnaast speelt de beoordeling van cumulatieve effecten van opeenvolgende activiteiten een rol. Wat zijn de veiligheidsrisico's van ongevallen met schepen waarbij stoffen in het mariene milieu terecht kunnen komen en hoe kunnen die gereduceerd worden. Hoe kan de 'ruimte' van de Noordzee 'gewaardeerd' worden op basis van intrinsieke ecologische kenmerken en (potentiële) economische waarde.

• Risico management

Risico-evaluaties dienen uiteindelijk hun beslag te krijgen in risicobeleid en -management. Er bestaat echter zelden een directe doorvertaling van wetenschappelijke risico-evaluaties naar maatschappelijk beleid en management. Risicomanagement wordt veelal vormgegeven in een spanningsveld tussen enerzijds wetenschappelijke risico-analyses en evaluaties, en anderzijds maatschappelijke en politieke processen van risicoprioritering, omgang met onzekerheden door besluitvormers, directe en indirecte kostenvraagstukken, maatschappelijke risicopercepties, en implementatievraagstukken. Ook niet-gouvernementele actoren spelen steeds vaker een rol. Een betere kennis van processen van risicobeleid en -management is essentieel voor een goede doorwerking van wetenschappelijke risico-analyses en -evaluaties in beleid en management.

Evaluatie van risicobeleid/management voor milieuvreemde stoffen en/of maatschappelijke activiteiten dient te worden uitgevoerd met betrekking tot (milieu)effectiviteit, kosten-effectiviteit, relevantie etc. Hoe wordt in het beleid omgegaan met onzekerheden in risico-evaluaties (ALARA, precautionary principle) en verscheidenheid in risico-claims door doelgroepen. Welke rol spelen welke doelgroepen in dergelijke afwegingen (participatieve modellen van risicobeleid/management)? Welke economische en maatschappelijke consequenties zijn hieraan verbonden en welke besluitvormingsmodellen en communicatiemiddelen worden momenteel gehanteerd met betrekking tot risicobeleid (naar gremia, beleidsniveau, doelgroep participatie, invloedsverhoudingen)?



- **Verschuivingen in ruimtegebruik in kustzones en vloedvlakten: van foraging arenas tot populatiedynamica**

Vele vragen mbt duurzaam gebruik van zee- en kustgebieden hebben een ruimtelijke component. Wat zijn de ecosysteem interacties tussen de diverse ruimtes? Hoe zijn de diverse functionele habitats binnen de levenscycli van vissen gekoppeld? Het onderzoek richt zich op het koppelen van hydrodynamische processen, habitat structuur en wil ruimtelijke beleidsopties op mesoschaal bestuderen.

Dit zijn bijvoorbeeld vragen naar:

1. Plaatsen van marine protected areas (veel kleine of één grote)
2. Effectiviteit van maatregelen om bepaalde stadia in levenscycli te beschermen (broedgebieden, brongebieden (mangroves, vloedvlaktes))
3. Impacts van klimaatsveranderingen op productie waar effecten worden verwacht op de ruimtelijk organisatie van de populaties (verschuiven temperatuur gradiënten, nutriëntgradiënten)
4. Effecten van plaatsing aquacultures in de kustzone (kooien, garnalenvijvers in mangroven), effecten van ontsnappen van kweeksoorten, effecten van enhancements
5. Effecten van inrichting van vloedvlaktes in rivieren en kustzones in estuaria op beschikbaar vishabitat.



Thema 2: Milieurisico's van verontreinigende stoffen

Gedurende de afgelopen veertig jaar is het voorkomen van organische contaminanten in ons milieu en voeding een permanent onderwerp van wetenschappelijk onderzoek geweest.

Door bevolkingsgroei, stedelijke ontwikkeling en toenemende economische activiteit in kustzones stijgt de kans dat antropogene vervuiling de biodiversiteit, productiviteit en kwaliteit van marine ecosystemen aantast. Dit gebeurt ook in werkelijkheid. In toppredatoren (o.a. ijsberen) worden (te) hoge concentraties aangetroffen. Sedimentgebonden verontreinigingen tasten de biodiversiteit en abundantie van bentische organismen aan. Veranderingen in materiaalgebruik, van met name kunststoffen, hebben geleid tot een grotere milieu belasting. Zo is het gebruik van polyfluorverbindingen (polyfluoroctylsulfonaat (PFOS) en polyfluoroctanoic acid (PFOA)) als vet- en water afstotende stoffen in voedselverpakkingen, op regenkleding, tapijt en in skiwax sterk toegenomen. Ook is de productie van (gebromeerde) vlamvertragers (BFRs) de afgelopen decennia wereldwijd enorm gegroeid. Andere 'high production volume chemicals (HPVCs)' met potentieel negatieve milieu-effecten (persistentie, bioaccumulatie, toxiciteit) zijn weekmakers (ftalaten), (poly)muskaat geurstoffen, alkylfenolen en chloorparaffines. Ook komen andere toxische stoffen in milieu en voeding zoals zware metalen, (resten van) geneesmiddelen voor mens en dier (o.a. via de aquacultuur), hormonen en biotoxinen, en dioxines en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs). Veel van deze contaminanten komen voor in complexe mengsels waarin honderdduizenden verschillende congenere kunnen zitten.

De meer fysieke aspecten van verontreiniging (olie plastic) hebben een negatief effect op bijvoorbeeld zeevogels, maar tasten ook de esthetische waarde van het marine milieu aan.

Zowel bij de implementatie van de Kaderrichtlijn water als het ruimtegebruik op de Noordzee zijn het gedrag, de biobeschikbaarheid en de interacties van (bekende en onbekende) verontreinigingen en andere verstoringen, en de daarmee samenhangende effecten voor het ecosysteem van groot belang.

Biogeochemische processen kunnen de biologische beschikbaarheid van contaminanten sterk beïnvloeden. Toxiciteit kan sterfte van organismen veroorzaken, maar ook veranderingen in gedrag en voortplanting (o.a. marine zoogdieren). Ook dit kan uiteindelijk hun overlevingskansen beperken. Een aandachtspunt is de vaak complexe combinatie van stoffen: hoe kan de actieve toxicant geïdentificeerd worden? Combinatie toxiciteit is van groot belang om het totale risico in kaart te brengen. 'Nieuwe' stoffen zoals polyfluorverbindingen verdienen specifieke aandacht. is. Ook van BFRs stijgen de concentraties; vaak zijn die al hoger dan die van de 'klassieke' PCBs. Het (internationaal) beleid vraagt in toenemende mate om een integrale beschouwing van zowel toxische als niet toxische stressoren (o.a., Kaderrichtlijn Water), waarbij ook aandacht besteedt moet worden aan Risico Reductie Scenario's. Centraal staan het uitfaseren van schadelijke stoffen, het voorkomen van emissies vanuit dichtbevolkte deltagebieden, maar ook technologische maatregelen zoals het reduceren van emissies uit verontreinigd sediment middels capping of immobilisatie van verontreinigingen en de afbraak van beschikbare organische microverontreinigingen middels gestimuleerde of natuurlijke biologische afbraak.

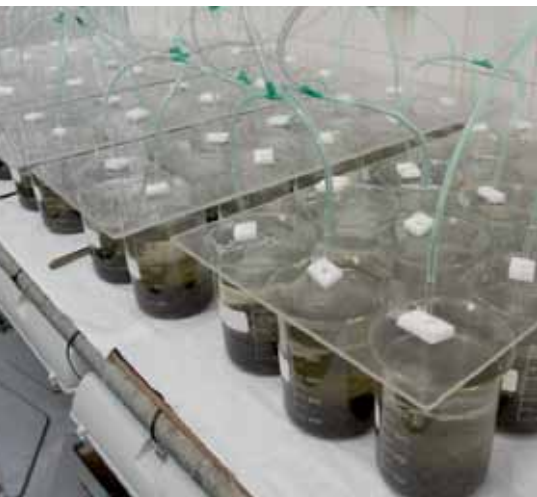
Hieronder worden twee sub-thema's besproken. Opgemerkt wordt dat de kennisvragen zoals die hier gesteld worden vaak gelden voor aquatische systemen in het algemeen. Het specifieke zit hem in de structuur van de mariene ecosystemen (voedselweb, voedselketen), in de organismen die voorkomen (specifieke soorten, specifieke fysiologie), in de milieucondities (saliniteit, geochemische cycli C,N,O,P) en in de schaal. Er is een belangrijke link met thema 1 dat zich richt op het ecosysteem niveau. Hier wordt toxiciteit beschouwd naast andere stressoren en verstoringen.

Water- en sedimentkwaliteit, lotgevallen en biologische beschikbaarheid

De causale keten die uiteindelijk tot ongewenste eco(toxico)logische effecten kan leiden, begint bij de chemische kwaliteit van water en sediment. Daarnaast spelen andere, niet-toxische stressoren een rol. Het bepalen van de daadwerkelijke stress op het biologische systeem is complex. Zowel biologische als fysische factoren beïnvloeden de biobeschikbaarheid en daarmee ook de uiteindelijke ecologische effecten van (totaalgehalten van) een verontreiniging. Dit betekent dat chemische normstelling gebaseerd op totaalgehalten niet meer voldoende is om ecologische effecten te voorspellen. Meer kennis over de beschikbaarheid van chemische gehalten en hoe deze zich uiteindelijk vertalen in potentiële ecologische effecten is noodzakelijk. Hierbij speelt de ontwikkeling van technieken om de beschikbaarheid te bepalen, zoals negligible depletion SPE-

technieken, SPMD, AVS-SEM, TIE, een belangrijke rol.

Blootstelling op de hogere trofische niveaus wordt ook bepaald door doorgifte in de voedselketen en dus door structuur en functioneren van het ecosysteem. Ten opzichte van zoetwatersystemen, is er op genoemde thema's nog relatief weinig kennis over de zoutwatersystemen inclusief de Nederlandse kustzones. Hier licht dus een belangrijke niche om bestaande kennis te operationaliseren voor het mariene milieu. Onderwerpen binnen dit kader zijn:



- **Biobeschikbaarheid:**

Onder welke omstandigheden zijn organische contaminanten in marien sediment (niet) biologisch beschikbaar, waardoor komt dit, hoe beperkt dit de stofcycli in het systeem, de opname in de voedselketen en de toxiciteit. Welke (nieuwe) meettechnieken dienen hiervoor gebruikt of ontwikkeld te worden. Met biomimetische sampling ("kunstmatige organismen" zoals o.a. SPME, TENAX) kan het onderzoek naar het gedrag van stoffen in het milieu ondersteund worden. Verbetering analysemethoden (POPs, BFRs, HPVCs, PFOS, PFOA, oil, pharmaceuticals, hormonen, diergeneesmiddelen (antibiotica), personal care products). Het biomonitoren met behulp van organismen (bv mosselen) kan wellicht vervangen worden door deze meer flexibelere, goedkopere systemen. Van groot belang voor biologische beschikbaarheid is de aanwezigheid van black carbon (roet) in marien sediment en in zeewater. Wat is de binding van organische micro-verontreinigingen aan black carbon in de waterkolom, hoe beïnvloedt dit de uitwisseling van verschillende POPs met de atmosfeer, en hoe beïnvloedt black carbon de sediment-water distributie en de opname in mariene biota. Bij al deze onderwerpen spelen modellen een belangrijke rol. Wat bepaalt de speciatie, beschikbaarheid en daarmee toxiciteit van metalen. Binding van metalen aan sulfide (AVS-SEM concept) kan de beschikbaarheid enorme beperken.

- **Distributie en lotgevallen:**

Feedbacks tussen ecologie en stofstromen van contaminanten, effecten van regime shifts, alternative stable states op cycli en risico's van verontreinigende stoffen, global transport POPs, implicaties klimaatverandering op stofstromen in kustzones en oceanen, relaties met fysisch transport van water, fytoplankton en zwevend slib, rol van bioturbatie. Sulfaat reductie kan een belangrijke rol spelen bij de lotgevallen van organische microverontreinigingen, o.a. door de hoge sulfaat concentratie in mariene milieus. Wat is de rol van verhoogde concentraties aan sulfaatreducerers bij olie winning op zee. Van enkele PAK's, chloorfenolen en chloorbenzenen is de co-metabole omzetting beschreven.

- **Sedimentkwaliteit**

Voor sedimentkwaliteit zijn de Sediment Quality Guidelines voor mariene systemen belangrijk. Met artificial intelligence en/of statistische technieken kunnen verbanden tussen (beschikbare) concentraties van stoffen, en abundantie en diversiteit van soorten onder veld condities vastgesteld worden. Monitoring gegevens (spatieel, temporeel) over de *in situ* benthische macrofauna samenstelling kunnen mogelijk gebruikt worden om 'field based' species sensitivity distributions af te leiden, wat bruikbaar is voor het afleiden van veilige risico-grenzen in marien sediment en in zeewater.

- **Specifieke onderzoeken**

Detecteren en identificeren van onbekende stoffen van "effect-directed analysis (EDA)" of 'toxicity identification evaluation' (TIE) en daarop volgend het ontwikkelen van methode ter kwantificatie van deze stoffen.

Toxiciteit, combitoxiciteit, bioassays, biomarkers, ecologische effecten

Chemische analyses geven geen inzicht in de biologische en ecologische effecten van complexe mengsels. De relatie tussen enerzijds de chemische stoffen die gemonitord worden, en waarvoor emissiereductiebeleid wordt ontwikkeld, en anderzijds de ecologische toestand van het ecosysteem, is niet eenduidig maar complex. Dit kan op termijn een knelpunt opleveren, omdat maatregelen vooral zijn gericht op stoffen, terwijl de doelstellingen waarop afgerekend wordt, zich richten op de ecologische toestand en niet (alleen) de chemische. Er is daarom een dringende behoefte aan het ontwikkelen van niet alleen gevoelige en adequate chemisch-analytische methoden) maar ook aan gevoelige en betrouwbare bioassays voor de analyse van de toxische effecten van complexe mengsels van deze toxische milieuverontreinigende stoffen op individu en ecosysteem. Daarnaast zijn methoden en concepten nodig om effecten op verschillende niveaus van biologische organisatie aan elkaar te relateren. Onderwerpen binnen dit kader zijn:

• Mariene biotoxinen.

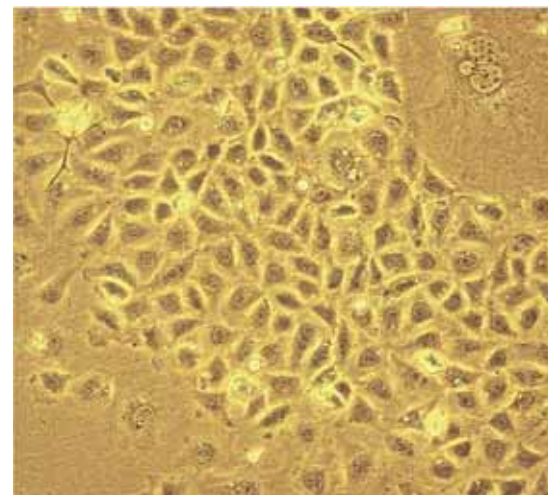
Ontwikkeling van *in vitro* bioassays voor de detectie van (mengsels van) mariene biotoxinen. De aanwezigheid van neurotoxische, en andere ernstig ziekmakende biotoxinen in schelpdieren in diverse Europese wateren is de laatste jaren enorm toegenomen. Deze toxinen accumuleren in de voedselketen en zijn daardoor een potentieel risico voor de gezondheid van zowel mens en dier en voor de aquacultuur in het mariene milieu. Momenteel zijn er echter geen geschikte bioassays beschikbaar voor de detectie van (mengsels) van deze biotoxinen. Daarom worden nog steeds de zeer dieronvriendelijke *in vivo* testen met muizen gebruikt voor de detectie van deze mariene biotoxinen en de controle van de veiligheid van marine producten en is het zeer urgent dat nieuwe bioassays worden ontwikkeld en gevalideerd.

• Mengsels

Ontwikkeling van concepten voor regulering van mengsels van stoffen met dioxine-achtige, estrogene, androgene en progestagene toxiciteit, en op basis van mengsel effecten op basis van reeds ontwikkelde en deels gevalideerde *in vitro* bioassays die specifiek gevoelig zijn voor deze mechanismen.

• Schildklier hormoon verstoring.

Ontwikkeling, validatie en toepassing van *in vitro* bioassays voor de detectie en kwantificering van (mengsels van) schildklierhormoon verstorende stoffen in estuariene and mariene ecosystemem. Schildklierhormoon reguleert cruciale processen in gewervelde organismen zoals reproductie, (hersenen) ontwikkeling, metamorfose en energie metabolisme. Helaas bestaan er nog geen eenvoudige en snelle *in vitro* testen voor het snel en betrouwbaar bepalen van de mogelijk schildklierhormoon verstorende werking van nieuwe stoffen of mengsels van stoffen in de voedselketen en het milieu. Daarom moet er een *in vitro* batterij van liefst gevoelige reporter-gen assays ontwikkeld worden die specifiek zijn voor TRa of TRb-gemedieerde toxische effecten. Vervolgens kunnen de nieuwe assays worden toegepast op bijvoorbeeld baggerspecie, visserij producten en eieren of bloed van mariene toppredatoren.



In vitro bioassays met celsystemen die in zeer kleine volumina kunnen worden toegepast voor *high-throughput screening* van de toxiciteit van mengsels van stoffen.



- **Nieuwe stoffen.**

Hazard assessment, exposure assessment, ontwikkeling van bioassays ter karakterisering en kwantificering van de toxische effecten van die nieuwe groep van persistente polyfluorverbindingen om te komen tot een goede risk assessment voor deze stoffen in het mariene milieu en visserijproducten. Specifiek op het mariene milieu gerichte hazard assessment, bioassays and karakterisering van de toxische effecten van die nieuwe groep van gebromeerde vlamvertragers.

Hazard assessment voor (mengsels van) stoffen in het kader van de REACH regelgeving. De European Inventory of Existing Chemicals (EINECS list) bevat meer dan 100 000 chemicalien die momenteel gebruikt worden op de Europese markt, terwijl voor de meeste van deze chemicalien er onvoldoende (eco)toxicologische informatie is over hun hazards. Omdat testen van al deze 100 000 stoffen niet mogelijk is is er urgent behoefte aan methoden om op basis van in silico-in vitro methoden prioriteiten te stellen in deze grote groep van stoffen met onvoldoende gekarakteriseerde (eco)toxicologische risico's.

- **Biomarkers.**

Ontwikkeling en toepassing van biomarkers (o.a. bioassays, genomics en metabolomics). Biomarkers worden veelal toegepast als 'bewijs voor blootstelling' en/of als 'early warning' voor het optreden van effecten. De toepassing van bioassays en biomarkers op dit terrein is veelbelovend en de toepasbaarheid is niet beperkt tot fundamenteel wetenschappelijke problemen. Relaties tussen biomarkers, bioassay resultaten en ecologische (relevante) risico's en op basis daarvan kwantificeren van de lijn biomarkers - risico's - effecten is een speerpunt. Hiermee samen hangt de ontwikkeling van risicobeoordelings methodieken en monitorings-instrumenten die meer op elkaar aansluiten dan in de huidige situatie het geval is (bijv. koppeling tussen biologische indicatoren (biodiversiteitsindices) en risicobeoordelingsmethodieken).

- **Mesocosmonderzoek.**

Teneinde voorspellingen te kunnen doen over de effecten op populatie, gemeenschap en systeemniveau, zullen verbanden tussen effecten, gevonden op cel (biomarker) en individu niveau (bioassay), gevalideerd en gecombineerd dienen te worden in testen op meso niveau (eco-assays en mesocosms). Onder gecontroleerde, veld relevante, omstandigheden en onder reële blootstellings scenario's, kunnen zo effecten van verschillende stressoren (tox- en non-tox) experimenteel en gecombineerd worden bestudeerd. Hierbij is interpretatie/ extrapolatie van de experimentele gegevens middels modelering gewenst.

- **Modellen.**

Ontwikkeling van modelmatige beoordelingsmethodieken waarin:

- 1 effecten van stoffen op mariene biodiversiteit worden voorspeld, gekoppeld aan functionele aspecten van het mariene ecosysteem. Effecten van toxicanten op stofstromen door ecosystemen, en stabiliteits eigenschappen van ecosystemen zullen tot biodiversiteitsveranderingen leiden
- 2 toxiciteit (lethaal en sublethaal) van mengsels waarvan de concentraties van de stoffen veranderen in de tijd (bijvoorbeeld door afbraak en/of door lozingen en verdunningen) wordt beschreven en voorspeld op basis van Dynamische Energie Budgetten.

3 het gebruik van schelpdieren voor monitoring wordt beschreven, waarbij veranderingen in concentraties van milieuvreemde verbindingen, in voedsel en temperatuur op elkaar inwerken. Hierbij rekening houdend met de seizoenscyclus die o.a. via spawning op de lipide fractie doorwerkt, en aan verschillende opname en eliminatie routes; effecten van slibblast en dergelijke.

- **Omega-3 vetzuren**

Positieve neurologische en gedragseffecten van marine omega-3 vetzuren op kinderen en oudere mensen afgewogen tegen mogelijke neurotoxische effecten van in de visserijproducten geaccumuleerde contaminanten. Het doel van dit project is een gefundeerde methode te ontwikkelen en toe te passen voor de benefit-risk analyse van visserij- en aquacultuurproducten die bekend staan om hun gezondheidsbevorderende werking maar die ook contaminanten bevatten die de gezondheid kunnen schaden. Vooral mentale ontwikkeling, en mensen met gedragsstoornissen als ADHD en Alzheimer blijken baat te hebben bij het eten van veel omega-3 vetzuren. Stoffen als methylkwik, PCBs en gebromeerde vlamvertragers blijken echter op dezelfde eindpunten een negatieve invloed te hebben. Tot nu toe is echter vrijwel alle aandacht uitgegaan naar de gezondheidsbevorderende werking voor hart- en vaatziekten, terwijl de neurologische effecten ook zeer belangrijk zijn voor het welbevinden van individuen en hun omgeving. Er wordt een set van in vitro bioassays ontwikkeld die kan worden toegepast om de in vivo balans voor de gezondheid van de consument te bepalen. De testen zullen niet alleen worden toegepast op visextracten, maar ook op olie van heterotrofe mariene algen die tegenwoordig in batches kunnen worden gekweekt en mogelijk de omega-3 vetzuren van verontreinigde en in toenemende mate bedreigde vissoorten kunnen vervangen (samenwerking met Dublin universiteit).

- **Embryonale en larvale effecten**

Studie naar de mate van negatieve beïnvloeding door in het mariene milieu aanwezige stoffen op embryonale en larvale ontwikkeling van vissen, zeeklitten en mosselen. In eerder onderzoek is al aangetoond dat sterk verdunde extracten van verontreinigde (zoet en zoutwater-) sedimenten in staat zijn om op subtiele wijze de overleving, ontwikkeling en metamorphose van amfibieën significant te verstoren. Er is gebleken met zoetwaterorganismen dat de zeer vroege levensstadia zeer gevoelig zijn. Dit kan verregaande consequenties hebben voor zowel de ontwikkeling van wilde organismen als van organismen in aquacultuur. Er is echter nog vrijwel geen onderzoek gedaan met mariene organismen. De keuze van te onderzoeken organismen wordt bepaald door de beschikbaarheid van technieken om deze organismen vanaf eicellen te kweken in aquacultuur bij Wageningen IMARES en Wageningen Universiteit.



In aquacultuur gekweekte zeeklitten en mosselen (kweekfaciliteiten voormalige Jacobahaven). Ook geschikt voor early life-stage onderzoek.

Thema 3: Aquacultuur

Volgens de Wereld Voedsel Organisatie staat de term "Aquacultuur" voor de teelt van aquatische organismen (van wieren tot tonijn). Aquacultuur levert food en non-food producten. Voorbeelden van de laatste zijn sier- en (dieren)tuinvissen en zee organismen die gekweekt worden voor farmaceutische en biomedische toepassingen (mariene biotechnologie). Wereldwijd stijgt de consumptie van visproducten. Door de stagnerende visvangsten zal aan deze stijgende vraag vooral via teelt voldaan moeten worden. Aquacultuur is dan ook de snelst groeiende primaire voedselproductie sector (9% per jaar) en de verwachting is dat deze groei nog zeker meer dan een decennium zal aanhouden. Dit levert belangrijke kennisvragen op voor Wageningen IMARES.

In dit onderzoeksplan is het Aquacultuur onderzoek georganiseerd volgens belangrijke maatschappelijke thema's waarbij het instrumentarium van verschillende disciplines gebruikt wordt om problemen te analyseren en oplossingen aan te dragen voor diverse doel-sectoren (bv.: vis, schelpdieren, non-food producten). Het plan heeft betrekking op het IMARES onderzoek en het onderzoek aan de universiteit. Voor Wageningen IMARES geldt dat de nadruk ligt op de ontwikkeling en toepassing van kennis voor de ontwikkeling van duurzame aquacultuur. Dit houdt in dat zowel economische, ecologische als sociale aspecten in de beschouwing betrokken worden, voortbouwend op het triple P concept. Onderzoeksgebieden zijn met name visteelt, schelpdiercultuur en geïntegreerde teelten (IMTA, integrated multi-trophic aquaculture), en de onderzoeksuitdaging bestaat eruit systemen te ontwikkelen die zowel productie als natuurdoelen kunnen dienen.

Aquacultuur in een gezonde omgeving

De groei van Aquacultuur gaat gepaard met een toenemende impact op het milieu. Uitstroom van nutriënten, vervuiling van natuurlijke populaties met kweekvis, verspreiding van ziekten en parasieten en de vernietiging van waardevolle natuurgebieden zijn de meest urgente problemen. Belangrijke onderzoeksvragen liggen daarom in de inbedding van Aquacultuur in de omgeving (ruimtelijke ordeningsvragen), de reductie van directe en indirecte milieuschade, en de ontwikkeling van milieuvriendelijke productiesystemen voor vis, garnaal en schelpdieren.



• Ruimtelijke ordening van Aquacultuur

Aquacultuur vindt meestal plaats in of rond het open water, kennis voor een juiste inpassing is noodzakelijk. Cruciale vragen betreffen: het eutrofiëringpotentieel van Aquacultuur (uitstoot van N, P, COD en andere mineralen), milieurisico's die door Aquacultuur gegenereerd worden (uitstoot van medicijnen, bacteriën en chemicaliën), de interactie van Aquacultuur met het lokale ecosysteem, de interactie tussen Aquacultuur en visserij, habitatvorming voor andere organismen, de mineralenhuishouding en stofkringlopen in het productiesysteem, de voedingsfysiologie van het kweekorganisme, voedertechnologie, en de draagkracht van het ontvangende ecosysteem. Wageningen IMARES doet onderzoek aan de rol van schelpdieren in de nutriëntencyclus en algenconcentraties in het kust ecosysteem. Daarnaast zijn de veelal hoge biomassa's schelpdieren een belangrijke voedselbron voor vogels en vis. Schelpdierbanken spelen een belangrijke rol in de morfologie en slibhuishouding van estuaria en vormen een biodiversiteit verhogend hard substraat voor andere organismen.

De Universiteit besteedt ook aandacht aan de inbedding van garnalenteelt in Aziatische kustzones, waarbij de interactie tussen ruimtebeslag, kap van mangrovebos, slibaccumulatie en recrutering van de natuurlijke bestanden aan vis en schaaldieren belangrijke parameters leveren voor vragen mbt ruimtelijke ordening en governance t.b.v. het lokale kustzone beheer.

- **Duurzame en milieuvriendelijke visvoeding**

De huidige diervoeders die in de Aquacultuur worden gebruikt bevatten relatief hoge gehalten vismeel en visolie. Volgens schattingen zal over 10 jaar alle visolie en vismeel in de wereld in visvoerders worden gebruikt. Een onderzoek topprioriteit is daarom het zoeken naar alternatieve (bij voorkeur plantaardige) ingrediënten voor visvoerders. De grote mengvoederindustrieën maar ook overheden zoals EU en USDA besteden grote sommen geld aan onderzoek specifiek op de grondstoffen, op innovaties in de mengvoederttechnologie, maar vooral op het nutritioneel metabolisme van de kweekorganismen (vooral vis en garnaal). Grote doorbraken worden verwacht van nutrigenomics. Binnen Europa zijn sterke spelers op dit terrein, INRA, Akvaforsk, Fiskeriforsking-Tromsø, Stirling University. Wageningen (AFI en ANU) heeft een eigen niche en Wageningen IMARES kan zich profileren op specifieke deelterreinen. AFI heeft zich de laatste jaren vooral toegespitst op de impact van deze totale systeemverandering in de kweekvoerders op zowel de dieren als op de kweeksystemen. Het ontwikkelen van milieuvriendelijke houderij systemen door optimalisatie van het gebruik van plantaardige ingrediënten en het efficiënter afvangen en hergebruiken van meststoffen is een speerpunt.

Een gezonde en veilige Aquacultuur

- **Gezondheid van het dier**

Intensivering en nieuwe teelten leiden tot steeds meer nieuwe ziekten die ook steeds groter in omvang worden. Onderzoek is nodig van populatieniveau/ecosysteemniveau (kwantitatieve epidemiologie, risico analyse, verspreidingsroutes) tot en met cellulair niveau (immunologie). Het gaat hierbij om dierziekte preventie, vis-immunologie, epidemiologische modellen voor ziekteverspreiding, garnalenvirussen en de ontwikkeling van vaccinatie, gezondheid (stress/waterkwaliteit) en vitaliteit, diagnostische tools en pathologie van visziekten, afweermecanisme bij mosselen en oesters (Bonamia).

- **Welzijn van het dier**

In de westerse wereld, en vooral in Nederland, wordt het welzijn van de gekweekte organismen (vooral vis) als erg belangrijk gezien. De overheid beschouwt het als één van haar beleidspeerpunten m.b.t. Aquacultuur. Basaal onderzoek is nodig naar natuurlijk gedrag in kweekomstandigheden voor de belangrijkste gekweekte vissoorten. Welzijn wordt gemeten aan de hand van een combinatie van gedragsparameters, fysiologische parameters en evt. cellulaire (immunologische) parameters. Onderzoek naar de effecten en fysiologie van acute en chronische stress is nodig. Er zal worden samengewerkt met Fiskeriforsking en IFREMER. Belangrijk is de ontwikkeling van betrouwbare welzijnsindicatoren bij alle te kweken vissoorten.

- **Voedselveiligheid en productkwaliteit in de aquacultuur**

Sleutelwoorden zijn: ketenkwaliteit/beheersing en traceerbaarheid. Relevante vragen zijn hoe contaminanten via voeding (verontreinigende stoffen) kunnen worden gereduceerd; en wat de consequenties zijn voor houderijsysteem en productveiligheid (ophoping stoffen, mineralen, geneesmiddelen, hormonen, residuen van medicijnen etc). Tegelijk, en mogelijk op termijn belangrijker dan productveiligheid, is de kwaliteit van het gekweekte product. En het maken van tailor-made aquacultuur producten met functionele



voedingseigenschappen. Veranderingen in de voedersamenstelling (bv. meer plantaardige ingrediënten) mogen de product kwaliteit niet verminderen. Belangrijke kennisvelden op dit terrein liggen in het metabolisme van het dier en de voederttechnologie. Basale kennisinput is nodig van nutri-genomics, voedingsfysiologie, humane voeding, maar ook van spiervezelstructuur, effecten van zwem activiteit/training vissen op filet kwaliteit of flavor problemen.

Procesttechnologie (Kweektechnieken)

De potentiële milieuschade die door Aquacultuur wordt veroorzaakt, kan gereduceerd worden door technologische innovaties zoals milieuvriendelijke productiesystemen, waarbij technologische en ecologische benaderingen mogelijk zijn. Daartoe dienen vragen te worden beantwoord t.a.v. de vermeerdering van de dieren (voortplanting, larviculture, hatchery technology), veredeling en specifieke technologie ontwikkeling voor onderdelen van de teeltcyclus. Onderwerpen zijn:



- **Vermeerdering: domesticatie, reproductie, larviculture**

Voor iedere nieuw gekweekte soort is de primaire technische vraag: hoe krijgen we de kleintjes? Voor vele zoetwatervissoorten is de voortplantingsfysiologie ondertussen redelijk beken. Zee organismen blijken echter moeilijker tot voortplanting gebracht te kunnen worden. Basale kennis t.a.v. hun voortplantingsfysiologie ontbreekt.

Voor Wageningen IMARES is de voortplanting van paling en de kweek van de palinglarven een speerpunt. Dit onderzoek is zowel economisch als ecologisch van groot belang en verdient hoge prioriteit.

Verder wordt volop ingezet op de ontwikkeling van hatchery en nursery systemen voor schelpdieren. Teruglopende broedval in de natuur en beperking van de visserij wegens beheersmaatregelen nopen tot innovaties in broedwinning. Nieuwe technieken kunnen worden toegepast voor productveredeling, mits hatchery/nurseries technieken beschikbaar zijn. Hatchery technieken voor de kweek van vis- of schelpdierlarven zijn redelijk gelijkaardig. Technologische kennis op dit gebied wordt in samenwerking met Ifremer en met universiteiten en instituten in België, Noorwegen, Spanje, Portugal en Israël ontwikkeld.

- **Effect voedsel op succes broedval van schelpdieren**

Mosselzaad kan worden ingevangen door touwen uit te hangen in de periode dat er larven in het water aanwezig zijn. Op een zelfde manier kan oesterbroed worden ingevangen door lege schelpen uit te zaaien. De timing van het uithangen en oogsten van het zaad of broed luistert nauw. Dit vraagt inzicht in de factoren die de vestiging van larven op het substraat beïnvloeden. Belangrijke factoren zoals voedselaanbod en de voedselkwaliteit worden bestudeerd, evenals mogelijkheden om technieken, lokaties en omstandigheden te optimaliseren.

- **Fokkerij/veredeling van aquatische organismen**

Selectie en veredeling van aquatische organismen staat nog in de kinderschoenen. Voor schelpdieren wordt sterk ingezet op het gebruik van triploïde organismen, die steriel zijn en daardoor sneller groeien en jaarrond consumeerbaar zijn. Verder is het ontwikkelen van allergeenvrije mosselen aan de orde en versterking van bepaalde eigenschappen in relatie tot productiemethoden. Voor de platte oesterteelt is de ontwikkeling van resistentie tegen *Bonamia* een belangrijk thema.

In garnaal wordt nu gewerkt aan resistentie tegen gevaarlijke virusziekten.

Omdat aquatische organismen doorgaans een externe bevruchting

kennen, kunnengameten apart verkregen worden. Dit maakt biotechnologische ingrepen vóór en na de bevruchting relatief eenvoudig en Wageningen IMARES wil via gerichte samenwerking met andere groepen binnen WUR en op basis van enkele lopende projecten het onderzoek op dit terrein uitbouwen. Het gaat hierbij om veredeling van vissen, schelpdieren en algen.

- **Innovaties in Schelpdiercultures**

Hierbij gaat het om verbetering van schelpdiercultuurmethoden en systemen. Bodemcultuur heeft traditioneel een laag productierendement, mede omdat de schelpdieren een belangrijke rol spelen in de voedselketen, als voedsel voor vogels en bodemdieren. Ook treedt er verlies op door wegstormen e.d. Verbeteren van rendement vereist systematische kennis van effecten van verschillende cultuurtechnieken, van factoren die daarop van invloed zijn, zoals predatie. Verder is optimalisatie van kweeklocaties aan de orde, die in een dynamisch systeem niet vastliggen. Hiervoor is de verdere ontwikkeling van groei en productiemodellen aan de orde in samenhang met GIS. Verdergaande systeeminnovatie is gericht op de ontwikkeling van nieuwe kweeksystemen en -locaties. In Nederland worden vooral bodemcultures toegepast. In vele andere landen worden schelpdieren aan longlines, of aan vloten opgehangen. Innovatie houdt echter in dat nieuwe systemen (bv. indoor) worden ontwikkeld. Daartoe benodigde multidisciplinair kennis omvat technische, biologische en beheersaspecten.

- **Visteelt: recirculatie technologie**

esloten mogelijke productiesystemen (zero discharge systems) met technologische oplossingen gebaseerd op milieutechnologie, procestechnologie en microbiologie. De Nederlandse commerciële visteelt sector is nagenoeg geheel gebaseerd op deze benadering. Vissen worden gekweekt in zogenaamde recirculatie systemen, waarbij het kweekwater voortdurend hergebruikt wordt na eerst een zuiveringscyclus te zijn doorlopen (sedimentatie, nitrificatie, denitrificatie, proteïn skimming, ozonisatie, defosfatering enz.). Speerpunten voor deze onderzoekslijn zijn: ontwikkeling van nieuwe zuiveringsreactoren, waste management in intensieve Aquacultuur, "probiotische" werking van recirculatiesystemen, en groei-remming in culturen o.a. door opgehoopte metaboliëten en signaalstoffen.

- **Open en geïntegreerde cultures systemen**

Nagenoeg alle gekweekte organismen worden in systemen die in open contact staan met oppervlaktewater geproduceerd. Zalm, zeebaars, tonijn enz. in netkooien die in zee worden opgehangen; karpers, tilapia's, meervallen en garnalen in vijvercultures met open verbindingen naar rivier en/of kustwater, en schelpdieren rechtstreeks in zee of kustwater. Milieuvriendelijke productie in deze systemen kan nagestreefd worden door polycultures te ontwikkelen waarbij de afvalproducten uit één component gebruikt worden als input of nutriënt door een andere component. In Azië worden deze principes al eeuwen ambachtelijk toegepast in zogenaamd Integrated Agriculture Aquaculture (IAA) systemen, maar de wetenschappelijke basis voor deze benadering wordt nu pas uitgewerkt. Het departement Dier van Wageningen Universiteit en de leerstoel AFI heeft op dit terrein de laatste jaren veel kennis ontwikkeld en is dit voor zoetwater- en zeewatersystemen verder aan het uitbouwen. In kustgebieden wordt een soortgelijke benadering nagestreefd bijvoorbeeld door industriële



vormen van visteelt (zalm in Noorse of Schotse fjorden) te koppelen aan schelpdiercultures. Onderzoek naar deze systemen vergt basale kennis van de draagkracht van kust ecosystemen in relatie tot de nutriënten kinetiek, hydrodynamische parameters, en voedingsfysiologie van de schelpdieren.

In "**Zilte aquatische productiesystemen**" worden aquatische systemen gecombineerd met landgebaseerde systemen in de brakke kwelderzone van de kust. Ook hier is het basisprincipe dat nutriënten binnen het bedrijf worden gerecicleerd en dus ook hier is basiskennis mbt nutriënten cycli en -kinetiek vereist. Specifiek aan deze systemen is dat planten en dieren onder zilte condities worden geteeld in systemen die onderhevig zijn aan getijdennatuurontwikkeling. Om dit concept op grote schaal te gaan toepassen is kennisontwikkeling nodig op het gebied van productie-ecologie, ecofysiologie en genetica van zouttolerantie, en teeltsysteeminnovatie op bedrijfsniveau.

Mariene biotechnologie

De kweek van algen is essentieel voor aquacultuur maar ook voor biotechnologische toepassingen. Technieken voor algenkweek zijn voorhanden, maar de productie efficiëntie dient sterk verbeterd. Voorgestelde onderzoeklijnen zijn: maximalisatie van productiviteit in algenbioreactoren, bioraffinage en maximalisatie van concentraties aan secundaire metabolieten. Algen bevatten een aantal hoogwaardige componenten in hoge concentraties. De productieomstandigheden waaronder deze ophoping maximaal is zijn nauwelijks bekend en metabole routes, snelheden en regulatie worden bestudeerd in combinatie met mechanismen van ophoping in de cel.

Potenties van bioactieve componenten uit zee zijn enorm, mede door de grote biodiversiteit. Deze biodiversiteit is echter nauwelijks in kaart gebracht en fysiologie, celbiologie, metabolisme van mariene evertibraten en hun symbionten is nauwelijks bekend. Binnen het marien biotechnologisch onderzoek wordt momenteel onderzoek gedaan naar bovengenoemde aspecten in 2 mariene sponzen en koralen uit de Middellandse Zee en de Oosterschelde. Er zijn mogelijkheden dit onderzoek uit te breiden naar meer soorten sponzen en tunicaten die in Nederland voorkomen. Doelstelling is celculturen van deze mariene invertebraten te ontwikkelen waarmee bioactieve componenten geproduceerd worden. Op die manier is het mogelijk buiten de zee deze producten te produceren. Het is in Wageningen gelukt van een aantal sponzen uit de Middellandse Zee larven te isoleren en deze te laten uitgroeien tot sponzen. Dit onderzoek dient uitgebreid om inzicht te krijgen differentiatie van organismen in relatie tot fysiologie (groeisnelheid en voedselopname), productie van bioactieve componenten en de effecten van stress op deze productie.

Lifestyle en aquacultuur

Vis wordt niet alleen als consumptievis geproduceerd maar ook ten behoeve van recreatie en als gezelschapsdier. Productie doelen verschuiven van vleeskwantiteit en -kwaliteit naar gezondheid, vitaliteit, kleurpatroon enzovoort. Dat leidt soms tot vreemde anomalieën zoals de ontwikkeling van fluorescerende of misvormde vissen. De totale siervishandel (incl. randartikelen) wordt geschat op ong. 15 miljard Euro en de retailwaarde van aquariumvissen alleen op ong. 3 miljard euro. Nederland is een draaischijf en Europese hub in de internationale handel. Ongeveer 90% van alle verhandelde siervissen zijn (voor het merendeel, gekweekte) zoetwatervissen, vooral goudvis, koi-karper, diverse guppie- en tetra-soorten. Nagenoeg alle mariene siervissen worden verkregen door wildvang (vaak uit koraalriffen) en vormen daarom een directe aanslag op de mariene biodiversiteit. Bij AFI zal aandacht worden besteed aan de ontwikkeling van plug-and-play aquaria met mini-recirculatiesystemen, voeding voor siervis, en stress, gezondheid, voortplanting en welzijn van siervissen.

Thema 4: Sturing en beheer van living marine resources

Duurzaam beheer van living marine resources staat nog in de kinderschoenen, zeker vergeleken met het beheer van living land resources. Een aantal fundamentele verschillen tussen land en zee maakt dat het overplaatsen van landgebonden beheersystemen naar zee niet zondermeer mogelijk is. Daarbij komt dat mondialisering en toenemende mobiliteit nieuwe uitdagingen stelt aan sturingsprocessen en -arrangementen, van zowel publieke als private actoren. Specifiek onderzoek naar sturing en beheer van maatschappelijke activiteiten op en gerelateerd aan de zee is daarom essentieel, zowel evaluatief (wat is er en hoe succesvol werkt het) als ontwerpend. De onderstaande thema's zijn vooralsnog uitgewerkt voor beheersystemen in de Europese (en vergelijkbare hoogontwikkelde) regio's. Er liggen additionele en minstens even interessante onderzoeksthema's en -vragen rond het beheer van living marine resources in minder hoog ontwikkelde regio's.

Ruimtegebruik

De zee biedt ruimte aan meervoudige economische activiteiten (visserij, gas en olie productie, windenergie, zandwinning, scheepvaart etc) en vervult tevens niet-economische functies. Ruimtelijk beleid op zee is veel minder ver ontwikkeld en geïnstitutionaliseerd dan ruimtelijk beleid op land. Bovendien zijn er aan aantal fundamentele verschillen tussen die twee (soevereiniteit, controle en monitoring, gebruiksfunctie, etc.).

• Integraal beheer van de Noordzee

Een goede afstemming van de verschillende (ruimtelijke) aanspraken vereist een integraal beheer van de Noordzee: hoe kan dit meervoudige gebruik van kustzones en zeeën op een duurzame en veilige manier ingericht, gereguleerd en beheerd worden? Welke invloed heeft het feit dat de Noordzee niet langer een 'common' is, maar ook niet helemaal territoriaal en privaat gebied is, op de ontwikkeling van nieuwe beheerssystemen met daarbij behorende innovatieve sturingsopties? Welke rol speelt de EU in het integraal beheren van de Europese zeeën, in verhouding tot nationale en lokale overheden (multi-level governance)? Comparatief onderzoek tussen zeesystemen kan institutionele leerervaringen met zich meebrengen. Hoe zijn nationale verschillen in zeebeleid te verklaren, en welke lessen zijn daaruit te trekken? Welke verschillen in beheersystemen bestaan er tussen de Noordzee, de Middellandse Zee en de Oostzee? Treedt harmonisering op onder invloed van EU, en mondialisering van economische ketens, of kunnen overheden op verschillende schaalniveaus van elkaar leren in zogenaamde Communities of Practice?

• Natuurbeleid

Het territoriale natuurbeleid, nationaal en gemeenschappelijk EU (habitat en Vogelrichtlijn), verspreidt zich ook naar de zee. Marine Protected Areas worden overal ter wereld aangewezen om waardevolle ecologische gebieden te beschermen tegen de toenemende ruimte die geclaimd wordt op zee, om bestandsherstel van soorten mogelijk te maken en om ontwikkelingen elders te compenseren. Welke rol hebben overheden, de markt en marktpartijen, civil society en wetenschap in mariene natuurbeleidsprocessen (agendasetting, ontwerp, besluitvorming, handhaving en controle, evaluatie)? Hoe verhouden verschillende beleidsniveaus, beleidskaders en beleidsarrangementen (internationaal, EU, regionaal, nationaal, lokaal) zich tot elkaar? Hoe verhoudt subsidiariteit zich met het streven naar een 'level playing field'?





- **Kustzones en off-shoring**

De toegenomen welvaart, economische groei en toegenomen bevolking in Nederland (en Noordwest Europa) leidt meer en meer tot conflicten hoe de schaarse ruimte te verdelen. De diversiteit aan ruimteclaims vergroot de druk op kustzones. Dit heeft geleid tot de discussie welke functies verplaatst kunnen worden van land naar zee (windmolenparken, vliegvelden, maasvlakte 2), gepaard gaande met complexe besluitvormingsprocedures. Hoe kunnen beslissingsondersteunende systemen een bijdrage leveren aan besluitvormingsprocessen? Hoe dienen dergelijke systemen eruit te zien voor verschillende gebruikers en doelgroepen? Welke wetenschappelijke input is daarvoor nodig; hoe worden wetenschappelijke inzichten en informatie beschikbaar en begrijpelijk gemaakt, en voor wie? Hoe zien participatieve besluitvormingsmodellen voor marien beleid eruit?

Sturing in en van economische ketens

Economische activiteiten op zee zijn vaak onderdeel van (internationale) economische ketens of netwerken, welke 'gereguleerd' en 'bestuurd' wordt door verschillende private en publieke actoren en instituties.



- **Organisatie van ketensturing**

Welke (private en publieke) beheersystemen, instituties en arrangementen bestaan er voor het reguleren van de zee-gerelateerde ketens van economische activiteiten (conventionele instrumenten, labelling, verzekeringen, contractsystemen, decentralisering, etc.)? Hoe zijn deze beheersystemen georganiseerd in termen van sturing, instituties, verantwoordelijkheden, bevoegdheden, eigendomsrechten, monitoring, handhaving? Hoe kunnen deze worden geëvalueerd in termen van duurzaam beheer van het zeemilieu, efficiëntie, democratisch gehalte? Zijn er leereffecten mogelijk tussen de beheersystemen van verschillende ketens, of vergelijkbare ketens in verschillende regio's?

- **Mondialisering en mobiliteit van economische activiteiten**

Visserij, scheepvaart, gas- en olieproductie (om er een paar te noemen) worden steeds mobieler en mondialer, terwijl beleids- en beheerregimes nog sterk nationaal/regionaal en plaatsgebonden zijn. Hier wreekt zich een discrepantie tussen de toenemende mondialiteit, mobiliteit en het 'netwerk karakter' van economische activiteiten, versus een statische, lokale en gecentreerde vorm van (overheid)sturing. Hoe zijn deze beter op elkaar aan te sluiten? Welke sturingsinnovaties zijn nodig en mogelijk? Hoe verhouden zich verschillende (nationale, regionale, mondiale; private, publieke en hybride) regimes en arrangementen zich tot elkaar?

- **Verantwoordelijkheid in transnationale ketens**

De verantwoordelijkheid (en daarmee aansprakelijkheid) voor schadelijke effecten op marine ecosystemen ligt in transnationale ketens veelal verspreid over verschillende actoren. (bijv. in de scheepvaart ligt dit zowel bij de vlagstaat, de kapitein, de eigenaar van de lading e.d.). Soms zijn transnationale ketens complex (mondiale aquacultuur). Hoe gaan de huidige beheersystemen hiermee om? Welke beleidsinnovaties zijn nodig/mogelijk? Welke gevolgen hebben deze innovaties voor complexe transnationale beheersystemen? Hoe kan door transparantie, informatiestromen, labelling en auditing bijgedragen worden aan eenduidiger verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden?

Implementatie en monitoring van marien beleid.

• **Beleidsevaluatie**

Op lokaal, nationaal, EU/regionaal en internationaal niveau is een scala aan regimes, beleidsprogramma's en beleidsinstrumenten ontworpen en ingezet om de zee te beschermen tegen schadelijke effecten van menselijke activiteiten. Hoe effectief is dit beleid? Welke verschillen zijn er in de implementatie en effectiviteit van beleid in verschillende zeeën/regio's/landen en waarom? (Voorbeelden van beleidsdossiers: visserijbeleid, mariene reservaten, chemicaliën gebruik bij productie van gas en olie op zee, het dumpen van afval door de scheepvaart, kaderrichtlijn water etc.).

• **Informatieverzameling en -gebruik**

Het monitoren van activiteiten en (schadelijke) effecten van activiteiten is essentieel en noodzakelijk, maar complex, duur en tijdrovend. Welke informatie- en monitoringsystemen bestaan er, welke actoren spelen een rol bij het verzamelen van gegevens en informatie, welke rol speelt informatie in besluitvormingsprocessen? Hoe zijn informatie- en monitoringsystemen te optimaliseren m.b.t. tot hun functies voor beleid en sturing? Hoe kunnen informatiesystemen een sturings- en beheersinstrument worden (transparantie, right-to-know, disclosure, Aarhus conventie, EU richtlijnen [participation, information and access to justice]) en welke institutionele kaders en arrangementen zijn daarvoor nodig? Hoe verhouden nationale en internationale inspanningen zich tot elkaar en leiden veranderingen hierin tot 'economies of scale', efficiënties, en betere kennis- en technologieoverdracht?

• **Internationale verdragen visserijbeheer**

Deelname aan internationale visserijverdragen, zoals het EU-CFP, kan gezien worden als een strategische keuze van landen (b.v. via speltheorie). Weinig onderzochte aspecten aan dergelijke visserijverdragen betreffen het multi-level aspect van internationale verdragen en de uitvoer daarvan (verschillen tussen doelen van internationale instanties, nationale overheden en lokale bedrijven en vissers), de invloed van internationale en nationale lobbygroepen op besluitvorming, effecten van side payments op coalitievorming en het verbinden van verdragen aan andere afspraken (interlinkage).

Leven in de Zilte Zoom

Als gevolg van klimaatverandering stijgt de zeespiegel. Door 'harde kustverdediging' en zandsuppleties is de veiligheid van het land en zijn inwoners tot nu toe verzekerd. Echter de combinatie van zeespiegelstijging, bodemdaling en hogere dijken vergroot de kans op een eventuele dijkdoorbraak. Bovendien zal verzilting door toenemende kwel op kortere termijn een rol spelen in het omgaan met de zeespiegelstijging. Dit alles stelt overheden, bewoners en andere betrokken voor nieuwe uitdagingen om de veiligheid in kustzones te garanderen.

• **Overheid versus netwerksturing**

Het bieden van veiligheid (in alle vormen, ook tegen de zee) is traditioneel de taak van de overheid. Maar zeebeleid geschiedt steeds meer in de vorm van samenwerking, gedeelde verantwoordelijkheid, participatie- en poldermodellen, etc. Welke innovatieve sturingsopties en beheersystemen, gebaseerd op



samenwerking tussen publieke en private actoren op verschillende (schaal)niveaus, kunnen er worden ontwikkeld met het oog op ecologische veiligheid en kustveiligheid? In hoeverre kan veiligheid onderhandelbaar zijn en is het mogelijk veiligheidsnormen te differentiëren of te komen tot een systeem van 'verhandelbare veiligheidsrechten', equivalent aan verhandelbare emissierechten? Welke veiligheidsmodellen zijn van toepassing op de bescherming van - en tegen de - zee?

- **Zee als vijand of als vriend**

Traditioneel was het beleid gericht op het beschermen van de mens en het land tegen de zee. Tegenwoordig bevat het beleid tevens elementen als 'meegroeien met de zee' en 'dynamisch handhaven' van de kustzone. Welke invloed heeft deze verandering in perspectief en aanpak van kustveiligheid op de traditionele en nieuw te ontwikkelen beheersystemen, de instrumenten die gebruikt (kunnen) worden en de betrokkenheid en actieve participatie van actoren?

Economische analyses voor ecologisch beheer:

- **Economische waardering van biodiversiteit en visserij**

De waarde van mariene biodiversiteit en van de visserijsector gaat verder dan de waarde van de vissen en de lokale werkgelegenheid van vissers. Meer kennis op het gebied van de economische waarde van biodiversiteit en visserijgemeenschappen is van belang voor het bepalen van nationaal en internationaal visserijbeleid. Ook bio-economische modellering van zeevisserij draagt bij aan kennis die van belang is bij visserijbeleid.

- **Beheerscontracten voor landbouw en natuur in kustgebieden**

Met behulp van contracttheorie kunnen beheerscontracten (tussen overheid en boeren) worden ontworpen die integratie van landbouw en natuur proberen te bevorderen. Economische analyses geven aan welke incentives moeten worden ingebouwd in deze contracten en wat de economische gevolgen zijn voor de deelnemende landbouwbedrijven. In welke mate zijn beheerscontracten mogelijk voor zee-gerelateerde activiteiten?

- **Economische analyse van landbouw op zilte gronden**

Landbouw in kustgebieden heeft in toenemende mate te lijden onder verzilting. Landbouw op verzilte gronden vraagt om andere gewassen en aanpassingen in de bedrijfsvoering. Wat zijn de economisch gevolgen van deze aanpassingen voor de betrokken landbouwbedrijven? Welke andere economische effecten, die samenhangen met veranderingen in het landschap, kunnen op regionaal niveau optreden voor bijvoorbeeld recreatie en toerisme?



Thema 5: Maatschappelijke percepties van mariene producten, beheer en gebruik

De zee is van oudsher een belangrijke bron geweest voor voedselproducten en dus voor voedsel consumptie. In toenemende mate geldt dat recentelijk ook voor andere productcategorieën, zoals energiedragers (olie en gas), bouwmaterialen (zand, grint), andere natuurlijke hulpbronnen, etc.

Mariene voedselproducten

Mariene voedselproducten hebben altijd de connotatie gehad van natuurlijkheid en gezond voedsel. Met de recente verschuiving naar aquacultuur, met de toenemende verontreiniging van de zee, en de aantasting de biodiversiteit door grootschalige visserij staat die associatie in toenemende mate onder druk. Verschillende stakeholders (consumenten organisaties, milieu- en natuurorganisaties, visserijsector) trachten consumenten te mobiliseren en mariene producten te 'framen'. Welke invloed hebben deze ontwikkelingen op de huidige en toekomstige vraag? Welke arrangementen worden ontwikkeld om voedselproducten uit zee nader te kwalificeren naar hun claims van natuurlijkheid, gezondheid, etc. ? Hoe effectief zijn deze arrangementen? Welke rol kan consumptie spelen in de verduurzaming van economische activiteiten op zee?

Maatschappelijke percepties van en draagvlak voor marine beheer:

Het ruimtelijk beheer van activiteiten in marien 'spaces' ontwikkelt zich in snel tempo. Het gaat echter om een beleid dat vooral steunt op resultaten van wetenschappelijk onderzoek, en dat geformuleerd wordt in wisselwerking met economisch en politiek machtige actoren in transnationale ketens en netwerken. De maatschappelijke perceptie van dit soort beheersactiviteiten is voor een groot deel van de bevolking gebaseerd op 'indirect contact' in die zin dat de meeste burgers en consumenten niet zelf actief participeren in het gebruik en beheer van marine 'spaces'. Dit heeft gevolgen voor de perceptie van en draagvlak voor maritiem beleid.

• Percepties via gedragspraktijken

Welke leefstijl-gebonden percepties bepalen hoe mensen tegen het beheer van kust- en zeegebonden activiteiten aankijken? Welke gedragspraktijken (strand-recreatie; zeezeilen; visconsumptie; groenstroomgebruik; wadlopen; natuurbeschermen) zijn van belang voor het leggen van een betekenisvolle relatie tussen 'landgebonden' burger-consumenten in civil society enerzijds en beheersactiviteiten in marine 'spaces' anderzijds?

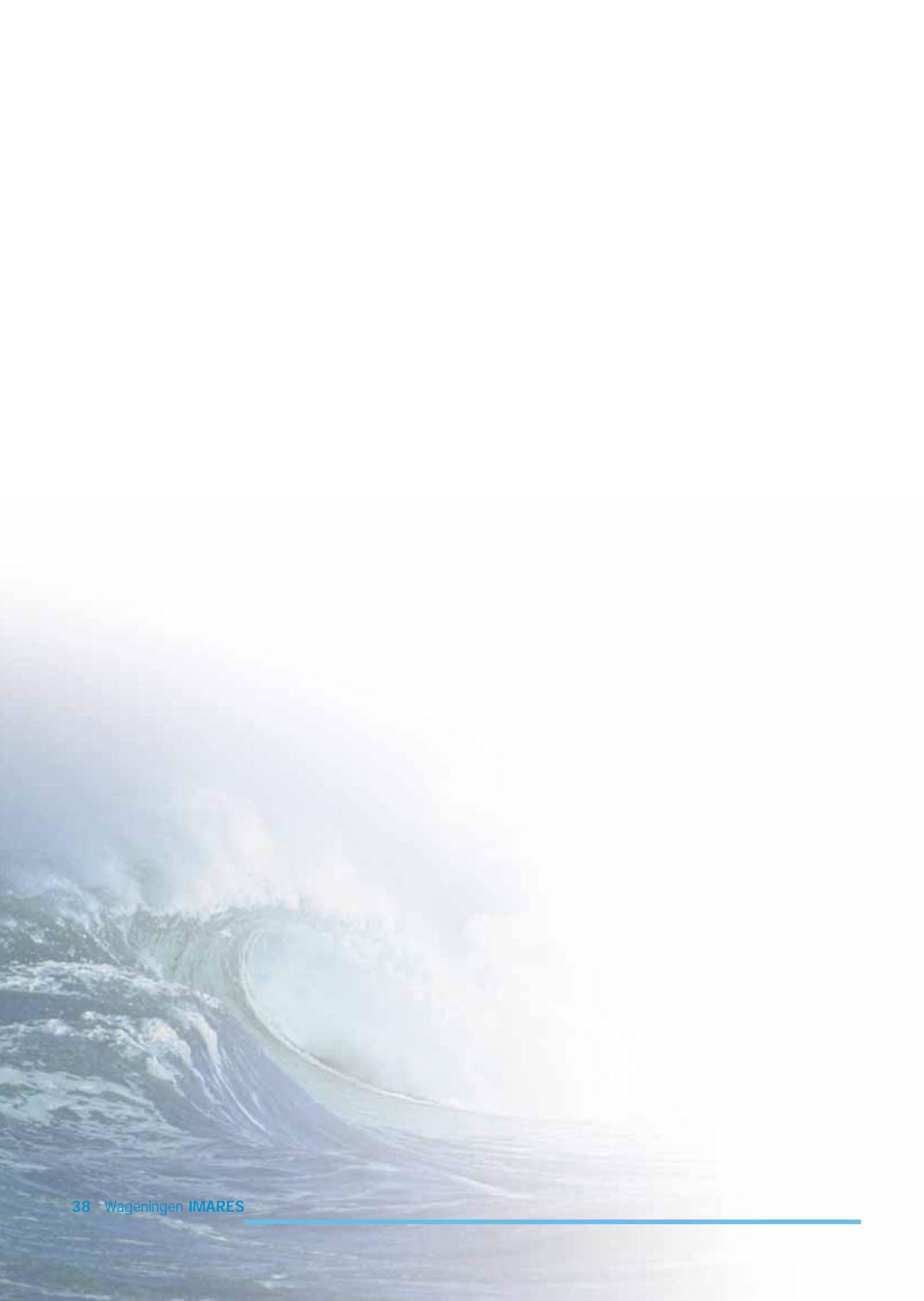
• Draagvlak

Hoe kan door middel van gedragspraktijken draagvlak en betekenis voor living marine resources steviger verankerd worden in civil society? Welke doelgroepen kunnen daarin worden onderscheiden voor draagvlak onderzoek en ontwerp? Welke doelgroep- en gedragspraktijk-specifieke beelden, hulpbronnen en strategieën kunnen ingezet worden om draagvlak voor duurzaam marien beheer te vergroten?

• Beheer van wilde zeedieren in maatschappelijk perspectief

Het beheer van (omgang met) wilde zeedieren is veelal gebaseerd op grond van een eco-ethische benadering. Dat heeft als consequentie dat natuurlijke processen prevaleren boven het individuele dieren welzijn. In de maatschappelijke perceptie van omgang met vooral aaibare soorten, overheerst veelal het belang van het individuele dier, de dier-ethische benadering. Die twee benaderingen leveren conflicten op indien het populaties of kolonies betreft waar ingrijpen van de mens niet noodzakelijk is voor het voortbestaan ervan. Voorbeelden van conflictsituaties zijn de zeehonden- en bruinvissenopvang en in een terrestrisch systeem b.v. het beheer van Schotse Hooglanders. Relevant is onderzoek naar oplossingen voor normatieve vragen t.a.v. het beheer van wilde zeedieren en de rol die dierenparken en NB organisaties kunnen spelen om maatschappelijk draagvlak voor ecosysteemgericht beheer te verwerven.





5. Kernpublicaties op marien gebied van in Wageningen IMARES participerende groepen

- Berkes, F., M. Scheffer et. al. (2006) Globalization Roving Bandits and Marine Recourses Science 311: 1557-1558.
- Boersma, M.G., I.P. Solyanikova, W.J.H. van Berkel, J. Vervoort, L.A. Golovleva and I.M.C.M. Rietjens 19F NMR metabolomics for the elucidation of microbial degradation pathways of fluorophenols. A review of previously and newly identified resonances and intermediates. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 26 (2001) 22-34
- Bovee, T.F.H., R.J.R. Helsdingen, I.M.C.M. Rietjens, J. Keijer, R.L.A.P. Hoogenboom
Rapid yeast estrogen bioassays stably expressing human estrogen receptors alpha and beta, and green fluorescent protein: a comparison of different compounds on both receptor types *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 91 (2004) 99-109.
- Bush, S. R., and P. Hirsch (2005) "Framing Fishery Decline". *Aquatic Resources, Culture and Development* 1(2):79-90
- Daan, N., Gislason, H., Pope, J.G., & Rice, J.C. (2005) Changes in the North Sea fish community: evidence of indirect effects of fishing? *ICES Journal of Marine Science*, 62, 177-188.
- Dankers, N., A.G. Brinkman, A. Meijboom & E. Dijkman. 2001. Recovery of intertidal musselbeds in the Waddensea: use of habitat maps in the management of fishery. *Hydrobiologia* 465: 21-30
- Dekker, W. (2000) A Procrustean assessment of the European eel stock.. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 938-947, 2000.
- Dijkema, K.S., Van Duin, W.E., Meesters, H.W.G, Zuur, A.F., Ieno, E.N and Smith, G.M. (2006). Sea level changes and salt marsh area in the Wadden Sea: a time series analysis. In: Zuur, A.F., Ieno, E.N. and Smith, G.M. (eds). *The Analysis of Ecological Data*. Springer-Verlag.
- Franeker, J.A. van., Creuwels, J.C.S., van der Veer, W., Cleland, S. & Robertson, G. 2001. Unexpected effects of climate change on the predation of Antarctic Petrels. *Antarctic Science* 13: 430-439.
- Grift, R.E., A.D. Rijnsdorp, S. Barot, M. Heino, U. Dieckmann (2003) Fisheries-induced trends in reaction norms for maturation in North Sea plaice. *Marine Ecology Progress Series*, 357: 247-257,
- Härkönen, Tero, Rune Dietz, Peter Reijnders, Jonas Teilmann, Karin Harding, Ailsa Hall, Sophie Brasseur, Ursula Siebert, Simon J Goodman, Paul D Jepson, Thomas Dau Rasmussen, Paul Thompson 2006. The 1988 and 2002 phocine distemper virus epidemics in European harbour seals. *Dis. Aquat. Organ.* 68: 115-130.
- Hejazi M.A., Wijffels R.H. (2004) Milking of microalgae. *Trends Biotechnol.* 24: 189-194
- Hofstede Ter, R, Dickey-Collas M. (2006) An investigation of seasonal and annual catches and discards of the Dutch pelagic freezer-trawlers in Mauritania, Northwest Africa. *Fisheries Research* 77: 184-191
- Janssen M., Tramper J., Mur L.R., Wijffels R.H. (2003) Enclosed photobioreactors: light regime, photosynthetic efficiency, scale-up and future prospects. *Biotechnol. Bioeng.* 81: 193 - 210
- Jonker M.T.O., A. Sinke, J.M. Brils, A.J. Murk and A.A. Koelmans. 2006. Weathering and toxicity of marine sediments contaminated with oils and polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environ. Toxicol. Chem.* 25,1345-1353
- Koelmans A.A., M.T.O. Jonker, G. Cornelissen, T.D. Buchelli, P.C.M. Van Noort and Ö. Gustafsson. 2006. Black Carbon: The Reverse of its Dark Side. *Chemosphere*, 63: 365-377.
- Korytar, P., Parera, J., Leonards, P.E.G., Santos, F.J., Boer, J. de, & Brinkman, U.A.Th. (2005) Characterization of polychlorinated n-alkanes using comprehensive two-dimensional gas chromatography-electron-capture negative ionization time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1086(1-2), 71-82.
- Legler, J., Leonards, P., Spenkelink, A., Murk AJ (2003). In vitro biomonitoring in solid phase matrices reveals the presence of unknown compounds with estrogenic activity. *Ecotoxicology*, 12: 239-249.
- Lindeboom, H.J. (2002). Changes in coastal zone ecosystems. In: *Climate development and history of the North Atlantic realm*. Eds: Wefer.G., H.Berger, K-E.Behre and E. Jansen. Springer-Berlin. Pp: 447-455.
- Lindeboom, H.J. (2002). The coastal zone: An ecosystem under pressure. Chapter 3 in: *Science 2020, an IOC/SCOPE/SCOR outlook on future marine sciences*. Eds: Summerhayes et al. Island Press. Pp 51-86.
- Lindeboom, H.J. (2005) Comparison of effects of fishing with effects of natural events and non-fishing anthropogenic impacts on benthic habitats. Pages 609-618 in P.W.Barnes and J.P. Thomas, editors. *Benthic habitats and the effects of fishing*. American Fishing Society Symposium 41. Bethesda. Maryland
- Lindeboom, H.J. & S. Bäck (2005). Establishing coastal and marine reserves- with the emphasis on fisheries. Pages 103-118 In: *Managing European Coasts: Past, Present and Future*, J. Vermaat, L.Bouwer, K.Turner, W.Salomons (Eds). Springer-Verlag
- Murk AJ, Boudewijn TJ, Meininger PL, Bosveld ATC, Rossaert G, Ysebaert T, Meire P, Dirksen S (1996): Effects of Polyhalogenated Aromatic Hydrocarbons and Related Contaminants on Common Tern Reproduction: Integration of Biological, Biochemical and Chemical Data. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 31:128-140
- Murk AJ, Leonards PEG, Van Hattum B, Luit R, Van der Weiden MEJ, Smit M. (1998). Application of biomarkers for exposure and effects of polyhalogenated aromatic hydrocarbons in naturally exposed European otters (*Lutra lutra*). *Env. Toxicol. and Pharmacol.* 6, 91-102
- Murk AJ, J. Legler, M.M.H. van Lipzig, J.H.N. Meerman, A.C. Belfroid, A. Spenkelink, G.B.J. Rijs, A.D. Vethaak (2002). Detection of estrogenic potency in wastewater and surface water with three in vitro bioassays. *Environ. Toxicol. and Chem.* 21:1: 16-23
- Osinga R., Tramper J., Burgess J.G., Wijffels R.H. (1999) *Marine Bioprocess Engineering*. Progress in Industrial Microbiology 35. Elsevier Science
- Petersen J.K., S. Bougrier, A.C. Smaal, P. Garen, S. Robert, J.E.N. Larsen & E. Brummelhuis, 2004. Inter-calibration of mussel *Mytilus edulis* clearance rate measurements. *MEPS* 267: 187-194.
- Piet, G.J., & Jennings, S. (2005) Response of potential fish community indicators to fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 62(2), 214-225
- Reijnders, P.J.H. & A. Aguilar 2002. *Pollution and Marine Mammals*. In: W.F. Perrin, B. Würsig & J.G.M. Thewissen, *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, San Diego, 948-956.
- Reijnders, P.J.H., B. Reineking, K.F. Abt, S.M.J.M. Brasseur, C.J. Camphuysen, M. Scheidat, U. Siebert, M. Stede, J. Tougaard & S. Tougaard 2005. *Marine mammals*. In: K. Essink, C. Dettman, H. Farke, K. Lauersen, G. Lüerssen, H. Marencic & W. Wiersinga (eds), *QSR Wadden Sea 2004*. Wadden Sea Ecosystem No. 19, 317-330.
- Rijnsdorp, A.D., A.M. Buys, F. Storbeck, E.G. Visser (1998) Micro-scale distribution of beam trawl effort in the southern North Sea between 1993 and 1996 in relation to the trawling frequency of the seabed and the impact on benthic organisms. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 403-419

- Rijnsdorp, A.D., Griff, R.E., & Kraak, S.B.M. (2005) Fisheries-induced adaptive change in reproductive investment in North Sea plaice (*Pleuronectes platessa*)? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(4), 833-843
- Rueda J.L., A.C. Smaal & H. Scholten, 2005. A growth model of the cockle (*Cerastoderma edule* L.) tested in the Oosterschelde estuary (The Netherlands). *JSR* 54(4): 276-298.
- Ruijs, A., and Janmaat, J (2006). "Chasing the spillovers: locating protected areas in a trans-boundary fishery". *Land Economics*. (forthcoming)
- Scheffer, M., S.R. Carpenter, J.A. Foley, C. Folke, and B. Walker (2001) Catastrophic shifts in ecosystems, *Nature*, 413: 591-596.
- Scheffer, M., S.R. Carpenter, and B. De Young (2005) Cascading effects of overfishing marine systems, *Trends Ecol. Evol.*, 20 (11), 579-581.
- Schriks, M., C.M. Vrabie, A.C. Gutleb, E.J. Faassen, I.M.C.M. Rietjens, A.J. Murk
T-screen detection of (anti) thyroid hormone-like activities of poly halogenated aromatic hydrocarbons (PHAHs) at the level of the thyroid hormone receptor. *Toxicology in vitro* (2005) (in press)
- Sipkema D., Osinga R., Schatton W., Tramper J., Wijffels R.H. (2005) Large-scale production of pharmaceuticals by marine sponges: sea, cell or synthesis? *Biotechnol. Bioeng.* 90: 201-222
- Sipkema D., Franssen M.C.R., Osinga R., Tramper J., Wijffels R.H. (2005) Marine sponges as pharmacy. *Marine Biotechnol.* 7, 142-162
- Smaal A.C., M.R. van Stralen & E. Schuiling, 2001. The interaction between shellfish culture and ecosystem processes. *Can. J. Fish Aquat Sci.* 58: 991 - 1002
- Smaal, A.C., 2002. European mussel cultivation along the Atlantic coast - production status, problems & perspectives. *Hydrobiologia* 484: 89-98
- Smaal A.C., M. van Stralen & J. Craeymeersch, 2004. Does the introduction of the pacific oyster *Crassostrea gigas* lead to species shifts in the Wadden Sea? In Dame & Olenin, proceedings NATO ARW, Nida, Kluwer Acad Publ..
- Spaargaren, G., A.P.J. Mol and F.H. Buttler (Eds) (2006), *Governing Environmental Flows*. Global Challenges for Social Theory, Cambridge (Mass): MIT
- Stronkhorst J, P Leonards and AJ Murk (2002). Using the DR-CALUX in vitro bioassay to screen marine harbor sediments for compounds with a dioxin-like mode of action. *Env. Toxicol. and Chem.*, 21, 12: 2552-2561.
- Tatenhove, J. van, en M. Hajer (2001), *Nieuwe arrangementen en innovatieve sturingsopties in het kustzonebeleid*, essay in opdracht van het RIKZ (Rijksinstituut voor Kust en Zee)
- Travkin, V., B.P. Baskunov, E.L. Golovlev, M.G. Boersma, J. Vervoort, W.J.H. Van Berkel, I.M.C.M. Rietjens and L.A. Golovleva Reductive deamination as a new step in the anaerobic microbial degradation of halogenated anilines. *FEMS Microbiology Letters* 209 (2002) 307-312
- Visser, L.E. (Ed.) (2004), *Challenging Coasts*. Transdisciplinary excursions into integrated coastal zone development. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- Weijerman, W., H.J. Lindeboom & A.Zuur (2005). Regime shifts in marine ecosystems of the North Sea and Wadden Sea. *Mar. Ecol. Progr. Series* 298: 21-39.
- Wijffels R.H., Barbosa M., Janssen M., Wessels H.S., Tramper J., Vilchez C., Leon R., Akkerman I. (2003) *Marine Biotechnology: Basics and Applications*. Special Issue Biomolecular Engineering. *Biomolecular Engineering* 20. Elsevier
- Wijffels R.H. (2005) Photosynthetic Cell Factories. *BIOforum Europe* 07, 25-27
- Zvinavashe, E., A.J. Murk, J. Vervoort., A.E.M.F. Soffers, A. Freidig, I.M.C.M. Rietjens
Quantum chemistry based QSAR prediction and priority setting for toxicity of nitrobenzenes on EINECS list *Environmental Toxicology and Chemistry* (2006)(in press)

