

Havet

- en uudnyttet ressource

En vidensyntese om danske muligheder indenfor marin bioteknologi og anden udnyttelse af havets ressourcer

Fødevareministeriet maj 2010



Indholdsfortegnelse

1 Sammenfatninger og udviklingstemaer	4
2 Baggrund, arbejdsmetode og afgrænsninger	6
2.1 Baggrund	6
2.2 Arbejdsmetode	7
2.3 Afgrænsninger	8
3 Introduktion	9
4 Anvendelsesorienterede perspektiver	13
4.1 Kommercielle muligheder	14
4.1.1 Bioprospektering / Biodiscovery	14
4.1.2 Forbedret produktion af marine organismer	18
4.1.3 Fremstilling af nye produkter, især indenfor fødevarer	21
5 Økonomisk perspektivering og sektorpåvirkning	29
6 Forsknings- og udviklingsklynger	32
7 Danske muligheder	34
7.1 Perspektiver og muligheder	34
7.2 De udvalgte temaer	37
7.2.1 Udnyttelse af havets biomasse	37
7.2.2 Dyrkning af råvarer i havet	41
7.2.3 Sundhedsfremmende kost	43
7.2.4 Opdagelse af nye stoffer, materialer og biologiske aktiviteter	46
7.2.5 Ekstraktion af værdifulde biokemiske stoffer	48
7.2.6 Biofilm – fra skibe over fødevarerindustrien til menneskets indre	49
7.3 Den nødvendige infrastruktur og anvendelse af evt. bevillinger	52
8 anbefalinger fra en europæisk arbejdsgruppe	53
9 Bilag	56
9.1 Kontaktgruppens sammensætning	56
9.2 Kort præsentation af udvalgte danske forskningsmiljøer og forskere samt innovative erhvervsvirksomheder	58
9.3 FN's havretskonvention	79
9.4 FN's konvention om biologisk diversitet	80
9.5 Liste over anvendte ord og begreber	81

Information til læseren:

- *Bilag 9.5 indeholder en liste med definitioner og forklaringer på en række af de anvendte forkortelser og faglige termer.*
- *Hvis teksten læses på en computer, er indholdsfortegnelsen "aktiv": klik med musen på en kapitel-overskrift for at springe til den pågældende side.*
- *I teksten er der indsat links, der kendes ved, at de er understreget (eksempelvis "Bilag 9.5" nævnt ovenfor). For at benytte det pågældende link, skal man blot klikke med musen på linket.*

Havet - en uudnyttet ressource

En vidensyntese om danske muligheder indenfor marin bioteknologi og anden udnyttelse af havets ressourcer

ISBN 978-87-7083-777-4 (tryk)
ISBN 978-87-7083-778-1 (web)

Udgiver:
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Slotsholmsgade 12
1216 København K
Tlf: 3392 3301
E-mail: fvm@fvm.dk
www.fvm.dk

Fødevarerministeriet 2010





1 Sammenfatninger og udviklingstemaer

I denne rapport beskrives resultaterne af en videnssynthese, der i løbet af år 2009 er gennemført på initiativ fra Fødevarerministeriet. Formålet er at identificere de uudnyttede muligheder, som findes i havet, og hvor der samtidig findes danske forskere og forskningsmiljøer, der har en kompetence til at gennemføre en kvalificeret forskning, som på kortere eller længere sigt kan medføre samfundsøkonomisk væsentlige gevinster.

En traditionel nær tilknytning til havet har medført, at Danmark er blevet en betydningsfuld international aktør indenfor fiskeri og søfart; men også indenfor den marine forskning og udnyttelse af havets ressourcer i øvrigt har vi kunnet gøre os gældende.

Der er imidlertid stadig mange uudnyttede ressourcer i havet, og med de nyeste forskningsmetoder og -redskaber viser der sig konstant nye muligheder for opdagelse og udnyttelse af de organismer og biologiske principper, der findes i havet.

EU har bl.a. til støtte for denne udvikling fremlagt en europæisk strategi for den marine og maritime forskning. Strategien udmøntes i form af en række initiativer og finansieringsinstrumenter til fremme af bl.a. marin bioteknologi; instrumenter der kan bidrage til yderligere at anspore dansk forskning og innovation på området.

Til støtte for det gennemførte udredningsarbejde har der

været nedsat en kontaktgruppe sammensat af medlemmer fra de seks danske universiteter, der på forskellig vis beskæftiger sig med forskning indenfor det marine miljø. Foruden universiteterne har også erhvervsvirksomheder og relevante brancheorganisationer været repræsenteret i kontaktgruppen.

Med baggrund i det kompetencekort, som udredningsarbejdet har kunnet tegne af det danske forskningslandskab indenfor marin bioteknologi og de tilknyttede erhvervsvirksomheder, har kontaktgruppen kunnet identificere seks temaer, hvor en målrettet, tværgående forsknings- og udviklingsindsats kan forventes at skabe væsentlige samfundsøkonomiske resultater.

Valget af de seks temaer er blandt andet sket ud fra et ønske om dels at finde lavteknologiske emner, der har en relativ stor chance for hurtige og gode resultater, og dels emner der kræver en mere højteknologisk og længerevarende indsats, før der kan forventes anvendelsesorienterede resultater.

Fælles for de temaer, der direkte udnytter havets biomasse og/eller dyrker råvarer, er ønsket om – og mulighederne for – at anvende ressourcerne i det, man kan betegne som et bioraffinaderi. I et sådant raffinaderi vil først de mest værdifulde produkter blive udvundet, og derefter produkter i gradvist faldende værdi, indtil restprodukterne i et optimalt forløb vil kunne indgå i energiproduktionen.



De seks temaer er i en ikke prioriteret rækkefølge:

- **Udnyttelse af havets biomasse.** I denne sammenhæng tænkes ikke på de traditionelle fiskerier, men i stedet på bifangster, biprodukter fra forarbejdningen, fangst af nye arter samt høst af alger.
- **Dyrkning af råvarer i og fra havet.** Der er plads på/i havet; udnyttelsen af mulighederne i det marine miljø tærer ikke på ferskvandsressourcerne, næringssalte findes allerede i et vist omfang og slutprodukterne skal ikke transporteres over store afstande. På land kan særlige recirkuleringsanlæg benyttes til dyrkning af marine produkter af høj værdi.
- **Sundhedsfremmende kost.** Sunde fedtsyrer, proteiner, peptider og mikronæringsstoffer, som findes i stort omfang blandt havets organismer, kan med fordel indgå direkte eller indirekte i den fremtidige kostsammensætning.
- **Opdagelse af nye stoffer, materialer og biologiske aktiviteter.** Den meget store variation blandt havets organismer samt mange ekstreme levesteder gør, at der er gode chancer for at gøre nye perspektivrige og kommercielt interessante opdagelser.
- **Ekstraktion af værdifulde biokemiske stoffer.** Mikro-stoffer med særlige egenskaber kan indgå i medicinske produkter, kosmetik og specielle fødevarer.
- **Biofilm – fra skibe over fødevarerindustrien til menneskets indre.** Biofilm er et udtryk for en begroning, der som regel har uønskede økonomiske og/eller sundhedsmæssige konsekvenser.

Såfremt der skal igangsættes en koordineret indsats på området, kan det konkluderes, at forskerne vedr. den nødvendige infrastruktur og anvendelse af evt. bevillinger generelt ønsker **fælles danske "forsknings-servicecentre"** med det relevante større (og dyre) udstyr. Bevillingerne til de respektive institutioner ønskes primært anvendt på ansættelse af kvalificerede og dedikerede forskere og ph.d.-studerende.



Figur 2-1: Dyrkning af sukkertang i 2009 ved Hou Havn syd for Århus (foto: Susan Holdt).

2 Baggrund, arbejdsmetode og afgrænsninger

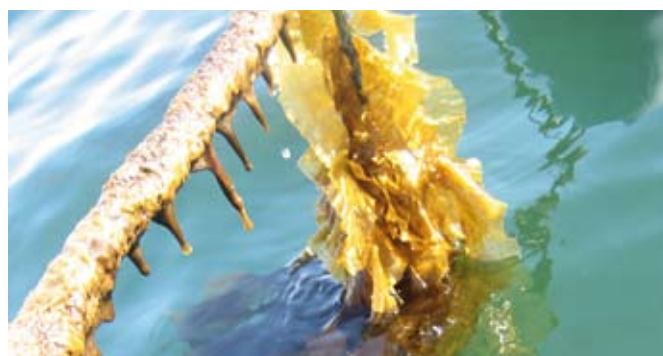
2.1 Baggrund

Gennem de sidste 20-30 år har der været en stigende erkendelse af, at havet indeholder en mængde ressourcer udover det traditionelle – og nu i mange tilfælde maksimalt udnyttede – fiskeri. Der er etableret en udvidet anvendelse af havets muligheder i form af akvakultur af fisk, skaldyr og tang; men derudover har der kun været spredte indsats for at udforske det marine miljøes yderligere potentiale.

Udenfor Danmark og det øvrige EU er der forskningsinstitutioner og firmaer, der arbejder intensivt på at finde nye anvendelsesområder for nogle af de biologiske stoffer og principper, der findes i havet. Feltet betegnes marin bioteknologi. Aktiviteterne foregår spredt blandt verdens nationer, dog har nogle lande markeret sig tydeligere end andre. Her tænkes f.eks. på USA, Japan, Australien og Norge. Der er dog i EU regi en række ikke koordinerede forskningsaktiviteter indenfor dette felt, og EU er i øjeblikket i gang med at kortlægge området.

Videnssynthesen, der her afrapporteres, har haft til formål at afdække mulighederne for en udvidet indsats for marin bioteknologi i Danmark. Det har ligeledes været formålet at identificere, hvor Danmark og dansk forskning har en styrke til at placere sig i EU's fremtidige indsatsområde indenfor marin bioteknologi.

Rapporten beskriver en væsentlig del af de forskningsmæssige kompetencer, der findes og kan inddrages i udviklingen af marin bioteknologi i Danmark. Der eksisterer allerede meget succesrige danske firmaer, der beskæftiger sig med bioteknologi, og i projektforløbet er det blevet diskuteret med disse firmaer, hvilke perspektiver de kan se indenfor en eventuel dansk satsning på marin bioteknologi. Tilsvarende har relevante brancheorganisationer været inviteret til at deltage i projektet for at komme med deres bud på pejlemærker for den fremtidige indsats.





2.2 Arbejdsmetode

I forbindelse med udredningsarbejdets gennemførelse har der været etableret en kontaktgruppe sammensat af repræsentanter fra:

- de 6 danske universiteter, der har forskning indenfor marin bioteknologi og tilstødende specialer
- nogle af de større og mindre danske firmaer, der allerede arbejder med udnyttelse af havets særlige ressourcer
- brancheorganisationen Dansk Akvakultur
- Fødevareministeriet

Den mere præcise sammensætning af kontaktgruppen fremgår af Bilag 9.1.

Kontaktgruppens medlemmer har bidraget til udredningsarbejdet ved at fremlægge de relevante kompetencer, behov/ønsker og muligheder, de hver især har repræsenteret. Ligeledes har kontaktgruppen haft en væsentlig

opgave med at identificere de forskere og forskningsmiljøer på universiteter, teknologiske serviceinstitutter og i private virksomheder, der som følge af deres interesser og kompetencer er interviewet i forbindelse med udredningsarbejdet.

Til sidst i forløbet har kontaktgruppen identificeret 6 temaer, med baggrund i det kompetencekort, som udredningsarbejdet har kunnet tegne af det danske forskningslandskab indenfor marin bioteknologi og de tilknyttede erhvervsvirksomheder. Indenfor disse temaer kan en målrettet, tværgående forsknings- og udviklingsindsats forventes at skabe væsentlige samfundsøkonomiske resultater.



2.3 Afgrænsninger

I udredningsarbejdet har det af praktiske grunde været nødvendigt at sætte nogle afgrænsninger for, hvilke områder der har kunnet indgå i arbejdet. Efter en drøftelse med kontaktgruppen blev afgrænsningerne sat til følgende:

- Da der er tale om ressourcerne i **havet** – og ikke i hele det akvatiske miljø – så omhandler rapporten alene forhold, hvor der er havvand og/eller brakvand. De indre danske farvande (fra Skagen til øst for Bornholm) kan generelt betegnes som brakvandsområder, men deciderede ferskvandsområder er således ikke behandlet i rapporten.
- **Opadtil** er afgrænsningen lagt ved havets overflade og bølgernes sprøjtezone på kysten.
- **Nedadtil** er grænsen sat ved havbunden; men dette er ikke en entydig betegnelse, med mindre der er tale om klippebund, hvilket ikke forekommer ret ofte i danske farvande. Da de øverste lag af havbunden i visse områder rummer en righoldighed af liv, der er relateret til de overliggende vandmasser, vil den øverste zone af havbunden være en naturlig, integreret del af havet.
- Hele problematikken og mulighederne omkring **bio-brændstoffer** ("biofuels") er indgående beskrevet i andre rapporter m.v., hvilket er årsagen til, at området ikke indgår i nærværende udredningsarbejde.
- **CO₂** og binding heraf i det marine miljø indgår ikke i udredningsarbejdet. Dette skyldes, at mange andre allerede har behandlet dette emne indgående.
- I dette udredningsarbejde har det været en forudsætning, at der med ressourcer er tænkt på **levende organismer** eller dele deraf.

De **juridiske territoriale afgrænsninger** for udnyttelse af havets ressourcer har ikke været berørt i udredningsarbejdet, men udgør selvklaart forhold, der skal tages i betragtning. I Bilag 9.3 er FN's havretskonvention omtalt. Konventionen definerer bl.a. hvor nationer med kystlinje har jurisdiktion, samt hvor der er tale om åbne internationale farvande.

Ligeledes er FN's konvention om biologisk diversitet, også kaldet **Riokonventionen**, af betydning for de juridiske aspekter. Denne konvention fastslår bl.a., at de enkelte stater har suveræniteten i forhold til udnyttelse af egne ressourcer. Hverken videnskabelig prøvetagning eller kommerciel udnyttelse af genetiske ressourcer må igangsættes uden forud indhentet samtykke fra det land, der har suveræniteten. Uddrag af konventionen er gengivet i Bilag 9.4.

3 Introduktion

Danmark har en lang tradition for udnyttelse af havet og dets ressourcer både som grundlag for en stor og effektiv fiskeriflåde og som transportvej for handelsflåden. I nyere tid er de danske farvande også benyttet som basis for opdræt af fisk i havbrug, det begyndende opdræt af muslinger på liner og senest de første forsøg med dyrkning af tang på liner. Den nævnte kommercielle anvendelse suppleres med en række forskellige fritidsaktiviteter, og mange danskere er på den ene eller anden måde knyttet til havet. Men ser man på den samlede anvendelse af havet som ressource, så er der primært tale om udnyttelse af de fysiske muligheder. Betragter man i stedet anvendelsesgraden af de biologiske potentialer, så er den uendelig lille i forhold til den mangfoldighed af organismer, der befinder sig under havets overflade – der er populært sagt et uudnyttet hav af muligheder.

På den blå planet Jorden udgør det marine miljø 71 % af planetens overflade og mere end 90 % af biosfæren – dvs. de områder, hvor der er liv. Af de 36 rækker, som levende organismer inddeles i, er de 34 repræsenteret i havet, hvorimod der på landjorden kun findes repræsentanter for 17 rækker.





Figur 3-1: DTU Aqua's havundersøgelsesskib DANA i Gulmarsfjorden (foto: Line Reeh)

Havet repræsenterer mange forskelligartede nicher; alene i de europæiske farvande spænder de fra det iskolde hav ved Arktis til det varme Middelhav, fra dybhav til kystzoner, fra den næsten ferske Østersø til det salte Atlanterhav, fra algeholdige overfladevande til lysfattige dybder, etc. De miljømæssige forhold, der findes i havet, er væsentligt forskellige fra forholdene på landjorden. De organismer, der lever i disse forskellige nicher, har udviklet sig specielt hertil – og deres biologi er derfor ofte forskellig fra noget andet, vi kender.

Indenfor disse meget forskellige miljøer i havet findes der endvidere ganske særlig nicher, hvor de fysisk-kemiske forhold er ekstreme set i forhold til det omgivende miljø – og i forhold til det miljø mennesket lever i. De organismer, der kan leve og trives under sådanne forhold, betegnes som "ekstremofiler". Disse organismer, og deres måde at leve på under ekstreme forhold, kan give mennesket nye muligheder for at løse nogle af de opgaver en bæredygtig udvikling og fortsat overlevelse kræver.

Havet er den rigeste kilde til biologisk liv på Jorden. Allerede nu er der identificeret flere arter i havet end på landjorden, og der er blandt forskerne enighed om, at det kan forventes, at der er mange flere arter, der endnu er uopdagede.

Havet har markant indflydelse på menneskers liv. Det er en af de mest betydende aktører i regulering af klimaet, det er vores væsentligste transportvej, og for mange mennesker er havet den vigtigste fødevareresource.

Udnyttelse af havets ressourcer har traditionelt været fokuseret på fangst (og senest opdræt og dyrkning) af specielt fisk, skaldyr og tang. Havene råder dog over langt større, og i dag næsten uanede ressourcer i form af biologiske principper, som mennesket kan udnytte, hvis

vi kan forstå og styre disse principper. Mennesket har i århundreder udforsket landjordens biologiske principper med henblik på en teknologisk udnyttelse. Vi har fra planter, svampe, bakterier og dyr f.eks. udvundet nye enzymer og antibiotika, som i teknologisk opskalering har været til stor gavn for mennesker. Det er oplagt, at der blandt havets organismer findes både nye bioaktive stoffer (f.eks. nye medicinske stoffer) og nye biologiske principper, der endnu ikke er udnyttet.

Teknologier baseret på biologi (= bioteknologi) finder større og større anvendelse overalt i vores hverdag. De bioteknologiske løsninger medfører som regel en mere bæredygtig produktion af fødevarer, foder, energi, medicin, m.m.

Iflg. OECD¹ (*Organisation for Economic Co-operation and Development*) vil ca. halvdelen af jordens produktion i 2015 af afgrøder til fødevarer og foder komme fra plantesoerter, der er udviklet ved anvendelse af bioteknologi. Tilsvarende forventes stort set al ny medicin fra 2015 og fremad at være baseret på en eller anden form for bioteknologi, og en tilsvarende udvikling forventes på en lang række af øvrige produkter.

Den landbaserede bioteknologi er således i kraftig vækst, men mange forskere stiller endnu større forventninger til den marine bioteknologi, der også kaldes "blå bioteknologi".

OECD har defineret bioteknologi som "Anvendelse af videnskab og teknologi på levende organismer, dele deraf, produkter og modeller deraf, for at ændre levende eller ikke-levende materialer for at fremstille viden, varer og tjenester". Ved marin bioteknologi stammer de levende organismer fra det marine miljø.

¹ *The Bioeconomy to 2030 - designing a Policy Agenda, OECD 2009*



Figur 3-2: Galathea-3 ekspeditionen – VÆDDEREN ved Nanortalik, Grønland (foto: Nikolaj Blom)

Det er imidlertid en bred og tung definition, som i nærværende rapport er omformuleret til: Marin bioteknologi kan defineres som *opdagelse, udforskning og brug af biologiske produkter og processer fra marine organismer (hele organismer, celler, gener) til udførelse af praktiske opgaver samt til at skabe nyttige produkter*. Hovedområderne for anvendelse af den marine bioteknologi er medicin/sundhed, fødevarer, kosmetik, akvakultur, landbrug, biofilm og korrosion, biomaterialer, forskningsværktøjer, energi og miljø.

Den blå bioteknologi, adskiller sig fra de andre bioteknologier ved at være mere tværgående i sit anvendelsesområde. Hvor "rød bioteknologi" beskæftiger sig med sundhedssektoren, findes den "grønne bioteknologi" indenfor landbrugssektoren og den "hvide bioteknologi" dækker industrien. Den blå bioteknologi vil således kunne finde anvendelse inden for alle områderne og ikke blot en enkelt sektor.

Marin bioteknologi er, som andre bioteknologiske områder, stærkt afhængig af tværvideenskabeligt arbejde og trækker på så forskellige felter som marin biologi, botanik, fysiologi hos marine planter og dyr, mikrobiologi, nanoteknologi, systembiologi, bioinformatik, farmakologi, toksikologi, medicinaludvikling og en række af de nyeste såkaldte "omics"-teknikker.

Et eksempel på igangværende arbejde er den eksplosion, der indenfor de sidste få år er sket i udforskning af havets mikroorganismer. Store amerikanske konsortier DNA-sekventerer gener fra bakterier indsamlet i alle verdenshave – med det håb, at der i denne gen-pool gemmer sig en nøgle til nye medicinske produkter eller nye industrielle enzymer.

En anden indgangsvinkel til at finde nye muligheder, er den disciplin, der kaldes metagenomanalyse (ofte benyttes det engelske udtryk "*metagenomics*"), hvor man studerer det genetiske materiale ikke fra en enkelt organisme eller dyrket koloni, men i stedet fra en indsamlet prøve i naturen. Fordelen ved denne metode er, at man kan få adgang til det genetiske materiale fra arter der ikke lader sig dyrke i laboratoriet. Det kan f.eks. være mikrobiologiske organismer, der er vant til at leve i et meget næringsfattigt miljø og/eller i en symbiose, eller der kan være tale om DNA-fragmenter, der er fritsvævende i vandmassen. Det antages, at mindre end 0,5 % af de marine mikroorganismer kan dyrkes i laboratoriet (med de teknikker der kendes p.t.). Ligeledes kan det være problematisk eller udfordrende, om man vil, at de fleste bakterier kun danner bioaktive stoffer under ganske bestemte dyrkningsbetingelser.

Der findes efterhånden en lang række enkeltstående resultater og videnskabelige artikler, der illustrerer, hvor betydningsfulde resultater, der kan opnås på en økonomisk, miljømæssig og social bæredygtig vis ved anvendelse af marin bioteknologi. Imidlertid har man hverken i Danmark eller i EU prioriteret udviklingen af dette område, og dermed er man heller ikke nået til at høste de store fordele, der kan opnås på dette område.

En række lande, som f.eks. USA, Japan, Australien, New Zealand og Norge, har allerede meget aktive forskningsmiljøer og –virksomheder indenfor marin bioteknologi. Som eksempel kan nævnes, at et af verdens førende havforskningsinstitutter, *Scripps Institution of Oceanography* (Californien) i samarbejde med *University of California* allerede i 1998 etablerede *Center for Marine Biotechnology and Biomedicine*. Dette center har til formål at udvikle nye bioteknologier inspireret af det marine liv.



Området udgør i EU-regi ikke en samlet enhed. I de enkelte medlemslande foregår sporadisk aktiviteter, der kan betegnes som marin bioteknologi. Ét af verdens eneste strikt marint fokuserede farmaceutiske firmaer er det spanske PharmaMar, der fokuserer på fund og udnyttelse af nye lægemidler fra det marine miljø. Herudover er der i flere europæiske lande, som f.eks. Sverige, Island og Frankrig, en række mindre firmaer, som har etableret sig i tilknytning til universitetsmiljøer, hvor de søger at kommercialisere resultater fra forskningsprojekter.

EU-Kommissionen har sat fokus på området. I regi af Kommissionen rådgivende organ, KBBE-Net (*Knowledge-Based-Bio-Economies Network*) blev der i 2008 nedsat en arbejdsgruppe, der skulle kortlægge området og pege på områder, der i EU regi bør prioriteres. Arbejdsgruppen blev sammensat af repræsentanter fra Belgien, Danmark, England, Frankrig, Irland, Norge, Tyrkiet og Tyskland. Danmark har været repræsenteret ved Torger Børresen, der også har været projektleder for nærværende videnssynthese. I oktober 2009 har denne arbejdsgruppe fremsendt rapport til KBBE-Net, hvori baggrund og anbefalinger til fremtidige aktioner indenfor forskning og udvikling af integreret marin bioteknologi i Europa beskrives. Rapporten er nærmere omtalt i Kapitel 8.

Rapporten har dog allerede sat sit præg på Kommissionens forskningsprioritering under det 7. rammeprogram, idet der i 2011 kommer en ny "*Coordination Action*" på 1 mio. € der skal forberede et nyt ERA-Net (forklaring på side 55)

for marin bioteknologi. Under forudsætning af den fornødne tilslutning vil ERA-nettet kunne udbydes i 2012. Det forventede ERA-Net vil få til opgave at koordinere den europæiske forskning og iværksætte nye fælles-europæiske forskningsinitiativer.

Til yderligere at understøtte udviklingen igangsættes i maj 2010 et fireårigt bredt dækkende ERA-Net, kaldet "*SEAS ERA*". Budgettet herfor er på ca. 2 mio. €, der finansieres via EU's 7. rammeprogram. Projektet vil omfatte kortlægning af det europæiske forskningslandskab for bl.a. marin bioteknologi og fremsætte egentlige forskningsudbud.

Endvidere arbejdes der i EU regi på en bredere forskningsindsats i form af et "*Joint Programming Initiative*" (større fælles EU-forskningsinitiativer) vedr. "*Healthy and Productive SEAS and Oceans*" med start i 2011, hvor også marin bioteknologi forventes indgå som centralt element.

I Danmark har vi som tidligere nævnt en lang tradition for udnyttelse af havet, og i den danske forskningsverden findes flere meget stærke miljøer indenfor en række biologiske, biokemiske og marine forskningsdiscipliner. Vi har samtidig en række af verdens førende bioteknologiske og farmaceutiske industrier. Såfremt disse miljøer kan bringes sammen i en tværgående forsknings- og udviklingsindsats, vil det være oplagt, at Danmark kan indtage en stærk position i arbejdet med at undersøge og udnytte de biologiske ressourcer, der findes i og blandt havets organismer.



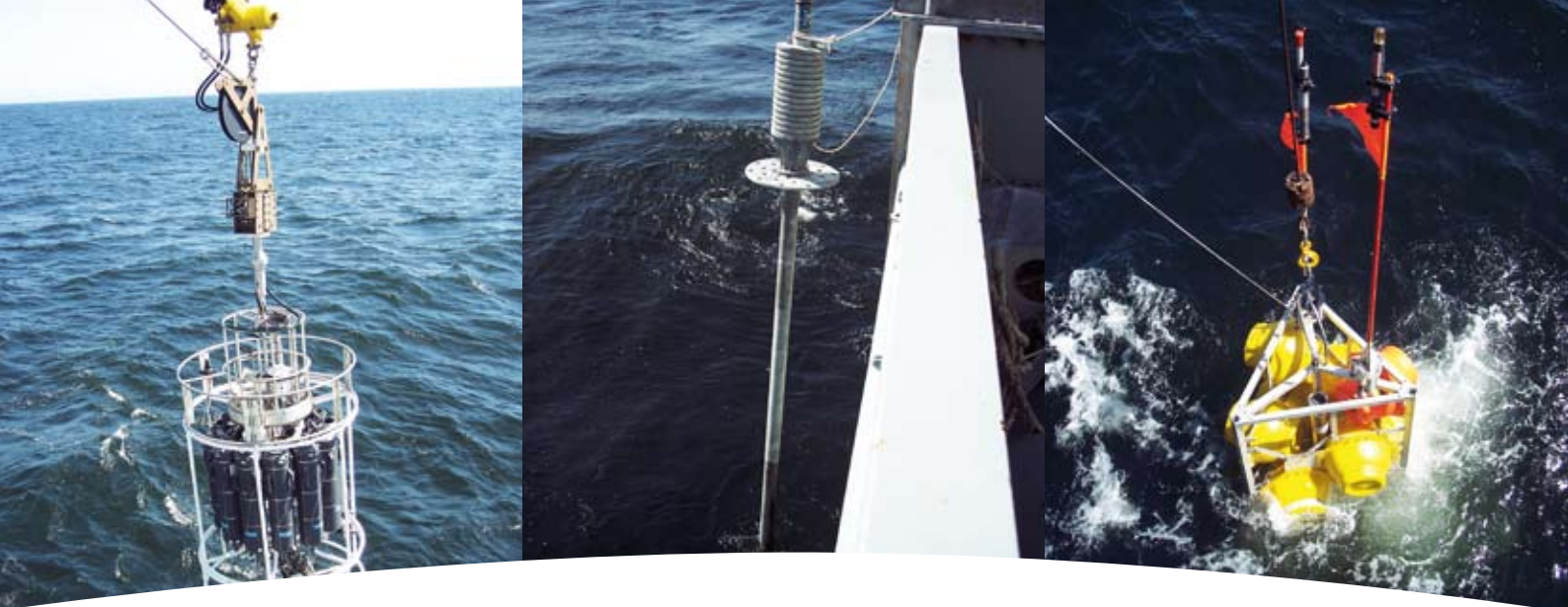
4 Anvendelsesorienterede perspektiver

Den marine bioteknologi omfatter et bredt område og mange processer, fra lavteknologiske havbaserede produktioner til de mest avancerede forskningslaboratorier. Hvis der etableres et forsknings- og udviklingsprogram, der kan igangsætte processen, vil der med stor sandsynlighed være basis for en sikring af aktiviteter og økonomisk ekspansion i såvel geografiske yderområder som i centralt placerede forskningsmiljøer med tilknyttede erhverv og industrier.

Når de forskellige bioteknologiske sektorer omtales, anvendes der ofte en farveterminologi: Den grønne bioteknologi repræsenterer landbrugssektoren, den røde er sundhedssektoren, den hvide er industrien, mens den blå betegner den marine bioteknologi. I sammenligning med de andre bioteknologier er den blå bioteknologi ret ny og uudforsket, og der er derfor endnu ikke så mange succeshistorier, der kan tiltrække bioteknologisk orienterede investorer. Som beskrevet senere i rapporten, så er der dog eksempler, der kan illustrere de økonomisk særdeles interessante muligheder, som den marine bioteknologi kan medføre. Eksempelvis det norske firma Pronova BioPharma, der med basis i fiskeolie har fået godkendt et lægemiddel til sænkning af blodets indhold af triglycerider (fedtstoffer). Firmaet har i Kalundborg i 2009 indviet en fabrik, der har fordoblet firmaets produktionskapacitet; omsætningen forventes i 2010 at ligge på 1 mia. USD.

En anden grund til, at området ikke har tiltrukket så mange investorer er, at den marine sektor primært er blevet opfattet som en sektor, hvor man udelukkende høster af naturen, hvilket er i modsætning til landbrugets ressourcestyling. Ligeledes er den marine sektor af naturgivne grunde relateret til det, der betegnes som samfundsmæssige yderområder, hvilket heller ikke altid har været foreneligt med investorernes opfattelse af noget, der har relation til avanceret bioteknologisk forskning og udvikling.

Der er således et betydeligt potentiale i en offentlig indsats på området.



Figur 4-1: Havforskningsudstyr anvendt på Galathea-3-ekspeditionen. Til venstre ses en avanceret vandhenter, en såkaldt CTD. Bogstaverne står for: C = Conductivity (ledningsevne - til måling af saltholdighed), T = Temperatur og D = Dybde. Desuden måles vandets indhold af klorofyl samt iltindholdet. I midten ses et gravitations-bor til bundprøvetagning, og til højre ses et udstyr, "Lander III", til måling af fysiske og kemiske forhold i de øverste lag af havbunden. (foto: Bente Lomstein)

4.1 Kommercielle muligheder

I 2007 fremlagde EU Kommissionen en såkaldt Grønbog², der havde til formål at starte en debat om en fremtidig EU-havpolitik. I forbindelse med grønbogen var der en række baggrundsdokumenter. Et af disse var *Background paper No. 10 on Marine Biotechnology*, der beskrev fire hovedområder for kommerciel anvendelse af den marine bioteknologi³:

- bioprospektering
- forbedret produktion af marine organismer
- fremstilling af nye produkter, især indenfor foder og fødevarer
- diagnosticeringsmetoder og biosensorer

Endvidere fremhæver EU Kommissionen nye ressourcer og marin bioteknologi som en ny økonomisk sektor af betydning med en forventet økonomisk vækst på 10 % om året med et udgangspunkt i det globale marked på ca. 2,4 milliarder € (i 2007 niveau).

4.1.1 Bioprospektering / Biodiscovery

Begrebet bioprospektering dækker i forbindelse med bioteknologi den proces, der går forud for en eventuel industriel produktion. Ved marin bioprospektering indsamles materiale fra havet, hvorefter materialet bestemmes, kategoriseres og analyseres.

I overskriften står også ordet "*biobiodiscovery*" (der findes ikke et tilsvarende dansk ord), hvilket af nogle anvendes i stedet for bioprospektering. I England har man officielt

vedtaget at udskifte "*bioprospektering*" med "*biodiscovery*". Men i Danmark er bioprospektering indtil videre det mest anvendte, og da der er endnu ikke en klart defineret forskel på de to begreber, benyttes der i denne rapport udelukkende "*bioprospektering*".

De kommercielle muligheder ved bioprospektering ligger i screening efter nye biokemiske stoffer eller sammensætninger, der kan finde

anvendelse indenfor medicin, kosmetik, nutraceuticals, tilsætningsstoffer til fødevarer, overfladebehandling, forskningsrelaterede markører m.v.. Der er imidlertid en uhyre omfattende mængde af forskellige organismer og biologiske materialer, der kan undersøges og en tilsvarende mængde af anvendelsesmuligheder. Det er som følge heraf nødvendigt, at processen med bioprospektering er målrettet eller specialiseret. Specialiseringen kan typisk tage udgangspunkt i en ressource, man har

²EU-Kommissionens Grønbog: www.ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/com_2006_0275_da_part2.pdf

³Baggrundsdokument nr. 10 vedr. Marin bioteknologi: [www.ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/SEC\(2006\)_689%20_10.pdf](http://www.ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/SEC(2006)_689%20_10.pdf)



særlig god adgang til, og hvor der studeres muligheder for særlig udnyttelse. Det kunne f.eks. være biprodukter fra fiskeindustrien, rejeskaller, vandmænd samt dyrkede mikro- eller makroalger.

Alternativt kan man have et specielt formål, som man screener en mængde forskellige kandidater for. Det kunne f.eks. være en særlig god klæbeevne, antibiotisk virkning, antibegroning (*antifouling*) eller virkning mod delinger i kræftceller.

Den bioteknologiske anvendelse og udvikling i forbindelse med medicin kan ske enten ved en direkte anvendelse af det fundne stof, eller ved at det fundne kan modificeres, så dets egenskaber optimeres. Efter screening og identifikation skal stoffet testes for, hvor virkningsfuldt det er, og det skal testes i flere omgange for såvel virkninger som bivirkninger, før der endelig kan igangsættes en kommerciel produktion.

Erfaringen har vist, at kun 1 ud af 10.000-20.000 molekyler, der er udvundet fra landlevende mikroorganismer, planter eller dyr når en kommerciel lancering som et medicinsk produkt. Undervejs i forløbet forsøges

der typisk også med derivater (afledte stoffer), hvor forskerne afprøver virkningen af mindre ændringer af den kemiske sammensætning. Hvis der herved dannes derivater med en ønsket effekt, vil denne opdagelse være et oplagt emne for patentering.

Processen kan for et medicinsk produkt vare op til 10-15 år og kan koste op til 3-6 milliarder kroner at gennemføre. Dette har naturligvis medført en vis tilbageholdenhed blandt større farmaceutiske virksomheder for at arbejde videre med udvikling af medicinske stoffer baseret på naturlige stoffer. Ikke desto mindre har OECD kunnet konkludere, at mere end 80 % af såvel offentlige som private forskningsmidler indenfor bioteknologi indtil nu er anvendt på sundhedssektoren.

Det antages, at midler mod kræft, hvor produktet har sin oprindelse i marine organismer, p.t. har en årlig omsætning på ca. 1 milliard USD.

Det kan imidlertid forventes, at der iblandt havets organismer vil være en større chance for succes, hvilket skyldes den store artsrigdom og de ekstreme miljøer. Mange af de organismer, der lever i ekstreme miljøer er

unikke forstået således, at de ikke har genetisk nærtstående slægtinge i ferskvand eller på land. Helt specielle biokemiske stoffer, udsædvanlige stofskifteprocesser og –produkter kan derfor forventes at eksistere i disse organismer.

Det amerikanske kræftforskningsinstitut (*National Cancer Institute*) anslår at op mod 2 % af alle marine dyr indeholder anti-carcinogene forbindelser. For de marine alger er det tilsvarende tal kun 0,1 %. På landjorden antages der kun at være tilsvarende forbindelse i 0,3 % af planterne og 0,2 % af dyrene.

For de produkter af marin oprindelse, der enten er kommercialiseret eller under klinisk afprøvning som medicin, kan det konstateres at et flertal stammer fra hvirvelløse dyr, der enten er fastsiddende eller bevæger sig langsomt. Eksempler herpå er snegle, svampe, bløde koraller, mosdyr og orme. Søpunge har også leveret medicin (se faktaboks efterfølgende om Trabectedin), og passer ind i den almene beskrivelse af de ovenfor nævnte dyr (på trods af, at de i larvestadiet har en rygstreng).

Bioprospektering kan foretages med organismer – mikrober, dyr og planter - uanset om de findes på lavt vand eller i dybhavet. På det lave vand er indsamlingerne ret ukomplicerede, hvorimod det er kompliceret og dermed dyrt at operere på de store havdybder; til gengæld kan de ekstreme miljøer også forventes at give mere spændende resultater. Mange forskere

forventer, at hastigheden for opdagelse af nye arter og produkter, der har et potentiale for medicinsk anvendelse, er væsentligt højere for marine arter end for landlevende organismer.

Hvis man ser på patenter og patentansøgninger, der er relateret til udnyttelse af genetiske ressourcer fra bunden på store havdybder, findes der

allerede en del kommerciel anvendelse af disse organismer, og endnu flere er undervejs. Der er imidlertid væsentlige hindringer for en hurtig udvikling på dette område: det er svært – og dermed dyrt – at komme ned til disse områder, og desuden er der de juridiske usikkerheder omkring adgang til udnyttelsen af de organismer, man måtte finde.

Eksempel på anvendelse af marine naturstoffer: Ara-A og Ara-C

Som eksempler på tidlige succeshistorier kan nævnes Ara-C, der anvendes som kemoterapi mod visse kræftformer, og Ara-A der virker mod visse virusinfektioner. Både Ara-C og Ara-A er udvundet efter model af to stoffer i den marine svamp, *Cryptotethia crypta* (i nogen litteratur også kaldet *Tethya crypta*).

Historien bag: **Ara-C**, der også kaldes cytarabin, stammer fra en marin svamp, der i 1945 blev fundet af en naturstoffkemiker, Werner Bergmann, i Florida. Svampen var indtil da ukendt og fik først et par år senere sit latinske navn, *Cryptotethia crypta*.

Sidst i 1940'erne tog Bergmann nogle svampe med hjem i laboratoriet, hvor han efter at have kogt svampene i acetone, fik dannet et krystallinsk materiale.

I løbet af 1950'erne blev der forsket i stoffet, der viste sig at være et simpelt sukkerstof, en særlig arabinose (deraf forstavelen "Ara"), og dets anvendelse. I 1960'erne blev effekten på visse kræftceller dokumenteret.

I 1969 godkendte de amerikanske sundhedsmyndigheder produktet til behandling mod leukæmi.

Det anslås, at omsætningen siden produktets godkendelse årligt har ligget på 50-100 millioner USD.

Ara-A er det andet produkt, der stammer fra den samme svamp. Det aktive stof, vidarabin, virker mod forskellige virusinfektioner. Den antivirale effekt blev beskrevet allerede i 1964, men stoffet opnåede alligevel i 1976 at blive det første godkendte behandlingsmiddel mod herpes virus. Siden da er produktet også benyttet i behandlingen mod andre typer af vira.

Eksempel på anvendelse af marine naturstoffer: Vent-polymerase

Et andet eksempel er den mikroskopiske organisme *Thermococcus litoralis*, der er fundet ved under søiske hydrotermiske væld (på engelsk: *hydrothermic vents*), hvor den reproducerer sig bedst ved 85-88°C.

Fra denne organisme er isoleret en varmemestabil DNA polymerase, "Vent-polymerase", der anvendes i PCR (*Polymerase Chain Reaction*)-teknikken, hvor små stykker DNA multipliceres i tusindvis eller millionvis af kopier. Det er denne teknik, der bl.a. benyttes ved diagnose af arvelige sygdomme og ved politiets brug af DNA-profiler. Der findes flere andre polymeraser, men Vent-polymerasen er særlig varmemestabil.



Figur 4-2: Søpunge (*Ecteinascidia turbinata*)
hvorfra Trabectedin kan udvindes

(foto: PharmaMar)

Et dedikeret marint bioteknologisk firma: PharmaMar

Firmaet, der er grundlagt i 1986, er fokuseret mod at opdage, udvikle, producere og markedsføre medicin af marin oprindelse, der kan indgå i behandlinger mod kræft. Følgende oplysninger er hentet fra firmaets hjemmeside:

Firmaet har en biobank med materiale fra mere end 74.000 organismer. Mere end 700 nye stoffer er identificeret ved firmaets forskningsarbejde, og ca. 1.800 patenter er enten opnået eller anmeldt. På verdensplan er der på mere end 200 hospitaler

udtaget over 8.000 patenter, hvor PharmaMars produkter indgår i behandlinger mod kræft.

PharmaMar har udviklet produktet Yondelis®, der virker mod forskellige kræftsygdomme. I 2007 godkendte EU Kommissionen brugen af dette produkt mod bløddelsarkomer, og ultimo 2009 er produktet godkendt i alt i 46 lande. PharmaMar oplyser på sin hjemmeside ultimo 2009, at yderligere 4 andre produkter er undervejs og på forskellige stadier af klinisk afprøvning. I november 2009 har EU Kommissionen godkendt Yondelis®

til brug mod ovarie-cancer i EU's 27 lande plus Norge, Island og Liechtenstein.

PharmaMar fortæller, at man i firmaets første 20 år har investeret ca. 450 millioner Euro i forskning, udvikling og innovation. Firmaet, der er placeret nær Madrid, beskæftiger 300 personer og heraf er 70 % akademikere. PharmaMar indgår i et verdensomspændende netværk med mere end 60 forskningscentre og universiteter, der beskæftiger sig med marinbiologi, kemi og cancerbiologi. www.pharmamar.com

Eksempel på anvendelse af marine naturstoffer: Trabectedin

Det spanske firma PharmaMar er internationalt førende m.h.t. bioprospektering blandt marine organismer efter stoffer, der kan anvendes mod kræft. Firmaet har lanceret produktet Yondelis®, der virker mod bløddelsarkomer (kræft i muskler, fedtvæv, blodkar, nerver og bindevæv). Det aktive stof, der også kaldes trabectedin, er fundet i *Ecteinascidia turbinata*, der er en art søpung, der lever i Atlanterhavet og Middelhavet. Allerede i 1969 havde man opdaget, at udtræk af denne søpung virkede mod visse typer af cancer, men nøjagtig hvad det var, der virkede, var man ikke klar over. Først 20 år senere kunne man

publicere artikler, der beskrev, hvad det aktive stof bestod af. Og nu 40 år efter de første opdagelser af, at der her er tale om et specielt stof, er produktet blevet godkendt til behandling mod visse kræftsygdomme i EU.

Der skal anvendes 1 ton søpunge til at fremstille 1 gram trabectedin, og det er ikke realistisk at indsamle så mange søpunge i naturen, som et kommercielt produkt vil kræve. Det har derfor været forsøgt at opdrætte søpungene, men det har ikke været succesfuldt. Derfor har man fundet frem til at fremstilles trabectedin

på basis af en fermenteringsproces, hvor der anvendes en genmodificeret bakterie (*Pseudomonas fluorescens*). Dette er en anvendelig, men angiveligt besværlig og kostbar produktionsmåde.

Et hætteglas med Yondelis®-pulver til injektionsvæske koster i Danmark (januar 2010) 0,25 mg/dosis 5.366 kr. (= 20.131.000 kr./gram).



Foto: PharmaMar

Der er ikke mange firmaer i verden, der har råd til at gennemføre bioprospektering på denne måde efter medicinske produkter, men det rapporteres, at alle de store farmaceutiske firmaer, heriblandt Merck (og herunder Intervet/Schering-Plough), Lilly, Pfizer, Roche og Bristol-Myers Squibb, har marinbiologiske afdelinger.

Bioprospektering, der som ovenfor nævnt omfatter mange andre områder end det medicinske (med efterfølgende kostbare forsøg), gennemføres på adskillige forskningscentre ved universiteter og i større bioteknologiske firmaer.

4.1.2 Forbedret produktion af marine organismer

Marin bioteknologi kan på forskellig vis tages i anvendelse i forbindelse med rådgivning og administration af de fritlevende fiskeressourcer samt i væsentlig omfang i forbindelse med akvakultur.

For de fritlevende fiske- og skaldyrsbestande kan bioteknologien, f.eks. i form af kortlægning af deres arvmasse (genom), anvendes til at forstå samspillet mellem bestandene og det omgivende miljø. Ligeledes kan bioteknologien benyttes til at få indsigt i variationerne i bestandenes størrelser og deres vandringsmønstre. Denne viden kan anvendes såvel i forudsigelser af konsekvenser af klima- og miljømæssige ændringer som i rådgivningen vedr. fiskeriforvaltningen. Kendskab til arternes DNA kan også anvendes i dokumentation af forskellige fisk og fiskeprodukters oprindelse.

Marin bioteknologi kan ligeledes anvendes i forbindelse med genopretningsprogrammer for truede dyrearter. Eksempelvis kan der etableres produktion af fiskeyngel i akvakultur, hvorefter fiskene udsættes i naturen, når de har nået en størrelse, der sikrer en god overlevelse.

For akvakultur med fisk og andre dyr samt makroalger kan der udvikles produkter til forbedring af sundhedstilstanden – både forebyggende og behandlende. Ligeledes kan bioteknologien benyttes i avlsprogrammer og i forbindelse med reproduktionen.

Som tidligere nævnt, er det i mange tilfælde svært eller (indtil videre) umuligt at dyrke marine mikroorganismer. Mængden af mikroorganismer i havet er imidlertid så stor, at selv en lille forbedring af dyrkningsmuligheder vil medføre, at et meget stort antal arter bliver tilgængelige. Et succesfuldt bioteknologisk udviklingsarbejde med dyrkning af disse organismer vil kunne optimere produktionen af de ønskede stoffer, så en efterfølgende kemisk ekstraktion kan lade sig gøre.

Fiskesundhed: Udviklingen af vacciner til fisk samt molekylære diagnosticeringsmetoder ved sygdomme tegner lovende. Opdræt af fisk er en af de hurtigst voksende fødevareproduktioner i verden, og omfanget er så stort, at det er rentabelt at udvikle vacciner til de arter, der opdrættes i størst omfang. I 2007 blev det i det tidligere omtalte EU baggrundspapir anslået, at den årlige omsætning på det internationale marked for fiskevacciner var 60 mio. Euro.

Markedet for fiskevacciner er domineret af nogle få store firmaer, der har opkøbt de små pionerfirmaer, der typisk udsprang fra universitetsmiljøer.



I sygdomsforebyggelsen vil opdagelse og anvendelse af bakterier med probiotisk virkning kunne få en ganske stor betydning. De bakterier som fisk, rejer og andre akvakulturdyr kan få tilført som probiotika vil medføre en forbedret sundhedstilstand og modstandskraft i forhold til sygdomsfremkaldende organismer. Resultatet af velfungerende probiotika vil være en forbedret vækst og mindre medicinforbrug.

Fiskeavl: Selektive avlsprogrammer har været kendt indenfor opdræt af fisk i århundreder, men med nye bioteknologiske genetiske metoder kan der stilles store forventninger til acceleration og præcision i de fremtidige avlsprogrammer. Brugen af molekylære markører vil f.eks. kunne anvendes til at fremavle stammer med større sygdomsresistens, bedre foderudnyttelse og væksthastighed.

Langt den største akvakulturproduktion på verdensplan foregår i Kina samt det øvrige Asien og Stillehavsområdet. Men der er i Europa ikke så stort kendskab til de bioteknologiske avlsprogrammer i den asiatiske del af verdenen. I Europa, Syd- og Nordamerika udgøres den største akvakulturproduktion af lakseopdræt, der som følge heraf også har fået den største bevågenhed med hensyn til udviklingen af vacciner (nævnt ovenfor) og avancerede avlsprogrammer.

De største firmaer indenfor bioteknologisk understøttede avlsprogrammer med laksefisk er SalmoBreed og AquaGen i Norge samt LandCatch i Skotland.

Verdens største producent af opdrættede laks, Marine Harvest, der bl.a. er medejer af AquaGen, er også involveret i skotske forskningsprojekter relateret til udforskningen af genomet for atlantisk laks. Formålet med de skotske projekter er at identificere de gener og metaboliske processer, der har indflydelse på laksens foderudnyttelse. Samtidig udforskes mulighederne for en mere bæredygtigproduktion, bedre velfærd for de opdrættede fisk samt forbedret kvalitet og næringsværdi i slutproduktet.

Marine Harvest samarbejder også med det norske firma GenoMar, der primært arbejder med DNA-markører i forbindelse med avl og sporbarhed hos tilapia (fisk af cichlide-slægten). På verdensplan er produktionen af tilapia, lidt større end produktionen af laksefisk.

Et bemærkelsesværdigt firma indenfor bioteknologiske avlsprogrammer for laksefisk er firmaet AquaBounty Technologies i Canada. Dette firma skiller sig ud fra de øvrige ved blandt andet at arbejde med transgene fisk.



Dansk Akvakultur

Brancheorganisationen **Dansk Akvakultur** har i januar 2009 fremlagt sit syn på brugen af genteknologiske værktøjer og virkemidler:

Dansk Akvakultur mener, at brugen af genteknologiske værktøjer og virkemidler bør fremmes, da det kan understøtte og bidrage til en fortsat bæredygtig udvikling af opdrætssektoren, og vi anbefaler derfor, at udviklingen fremmes gennem målrettet forskning og relevant lovgivning.

Dansk Akvakulturs anbefaling bygger på tre ufravigelige krav:

- Der skal være en overordnet samfundsmæssig accept af anvendelsen.
- Der må ikke kunne rejses tvivl hverken om fødevarerikkerhed eller miljøeffekter.
- Der skal være valgfrihed for såvel producenter som forbrugere i forhold til at kunne vælge eller fravælge de genetisk modificerede produkter.

www.DanskAkvakultur.dk

Laksene fra AquaBounty har fået indsat et ekstra gen for væksthormon, der er koblet sammen med et stykke af et gen fra en anden fisk. Resultatet er, at de specielle laks vokser hurtigere end andre laks, men slutvægten er ikke større end hos deres artsfæller. AquaBounty's laks vil blive markedsført under navnet AquaAdvantage®.

AquaBounty hævder, at AquaAdvantage®-laks 2 år efter deres første foderdag som yngel har nået en vægt på ca. 6 kg, hvor en konventionel laks i havbrug på samme tid vejer ca. 2½ kg. For at undgå, at evt. undslupne genetisk modificerede laks kan formere sig og påvirke de vilde laksestammer, vil man udelukkende producere og markedsføre hunner, der alle er sterile.

AquaBounty arbejder også med at splejse gener, der koder for antifryse-glyko-proteiner (AFGP) ind i laksenes genom. AFGP findes i arktiske fisk som f.eks. vinterflynder (*Pseudopleuronectes americanus*) og polartorsk (*Boreogadus saida*). Såfremt dette lykkes på tilfredsstillende vis, vil man kunne opdrætte laks under koldere forhold end hidtil.

Kommerciel produktion af transgene fisk er endnu (ultimo 2009) ikke tilladt, men der er ansøgt herom i såvel Nordamerika som i EU, og spørgsmålet er under overvejelse hos de relevante myndigheder.

Anden avl: Det kan imødeses, at der også indenfor anden akvakultur, som f.eks. østers, hummere og tang, vil blive iværksat avlsprogrammer, da erfaringen har vist, at der kan forventes særdeles positive resultater fra et sådant arbejde. Eksempelvis er det ikke ualmindeligt at opnå 10–12 % bedre vækst indenfor de første generationer i et avlsprogram med fisk.

Recirkuleringsteknologi: Ud over højvolumen produktion på det åbne hav kan Danmark præstere recirkuleringsteknologi i verdensklasse. Akvakulturprodukter med en høj kilopris kan dyrkes i landbaserede anlæg med havvand. Mange fiskearter kan fremavles baseret på levende foder. I Danmark er der en lang forskningstradition indenfor udvikling og optimering af levende foder til fiskelarver med lille mund (typisk for saltvandsfisk). Det er specielt copepoder (vandlopper) Danmark har markeret sig indenfor. Traditionelt har man i opdræt af de marine fiskelarver benyttet *Artemia* (saltsøkrebs) som foderemne. Copepoderne bibringer imidlertid fiskelarverne et væsentligt mere optimalt foder i den første fase af deres liv. Den bedre ernæringsmæssige sammensætning resulterer i en bedre overlevelse, pigmentering samt metamorfose, hvor fiskelarverne udvikler sig til fiskeyngel. Det vil være muligt at etablere kommercielle produktioner af disse foderorganismer, som kan eksporteres til hele verden.



Figur 4-3: Vandloppe, *Acartia tonsa*, der er velegnet som foderemne for marin fiskeyngel. Til venstre ses en voksen hun og til højre et individ på et yngre stadie. (Foto: Josianne Støttrup)

4.1.3 Fremstilling af nye produkter, især indenfor fødevarer

Med udgangspunkt i marine råvarer kan man fra direkte opfiskning/høst, biprodukter eller efter dyrkning i bioreaktorer (fermentorer) fremstille nye produkter til anvendelse inden for fødevarer, landbrug, sundhed, kosmetik, foder til kæledyr, m.m.

Marine produkter har hos forbrugerne generelt status som naturlige og sunde, hvilket er en uvurderlig markeds-mæssig fordel, når produkterne skal lanceres. Det er derfor vigtigt, at der forskes i sundhedseffekterne af de marint baserede produkter, så der kan fremlægges troværdig dokumentation kombineret med den fornødne sporbarhed.

Som følge af forbrugernes ønske om sundhedsfremmende produkter, så har funktionelle fødevarer og kosttilskud baseret på marine råvarer et stort potentiale. Ved forarbejdning af råvarerne fra fiskeri og akvakultur dannes en stor

mængde af det, der tidligere blev betegnet som affald, men som nu i stigende omfang kaldes for biprodukter. Sidstnævnte må betegnes som mere korrekt, da der er tale om en interessant ressource. Det drejer sig om hoveder, kød- og benrester fra filetering, slim, indvolde, blod og procesvand m.v. Alt i alt udgør vægten af biprodukterne 20-25 % af den samlede mængde af fisk og skaldyr. Størsteparten af tonnagen udnyttes i dag ved at indgå i produktionen af fiskemel og -olie, samt visse ingredienser og konsumprodukter, men meget går stadig til spilde ved at blive dumpet i havet.

I Norge har man i 1992 etableret "Stiftelsen RUBIN⁴", der har til formål dels at medvirke til en total udnyttelse af produkterne fra fiskeri og akvakultur, og dels at arbejde for en optimeret værdiskabning ved udnyttelse af biprodukterne. RUBIN blev

dannet ved et samarbejde mellem fiskeri- og opdrætserhvervet, ministerier og forskningsråd. Fra 1998 har RUBIN været drevet alene af fiskeri- og opdrætserhvervet samt forarbejdningsindustrien.

RUBIN har beregnet, at den samlede mængde af marine biprodukter i Norge udgør ca. 700.000 tons/år, og at 75 % (= 525.000 tons) heraf udnyttes og skaber en værdi på 1,4 mia. NOK. Denne værdi kan mangedobles, hvis en større del af biprodukterne udnyttes mere direkte til human konsumtion og/eller som ingredienser i specialfoder til akvakultur, fødevarer, helsekost, kosmetik, medicinalindustrien, m.v.

⁴Stiftelsen Rubin: www.rubin.no

I det følgende er nævnt flere eksempler på produkter af høj værdi, hvor råvarerne er marine biprodukter.

4.1.3.1 Omega-3 og andre fedtsyrer fra fiskeolier eller mikro- og makroalger

De flerumættede omega-3-fedtsyrer er efterhånden så velkendte, at de næsten pr. automatik nævnes, når der tales om funktionelle fødevarer og sundhed i forbindelse med marine produkter. Foruden at indgå direkte i de fødevarer, der kommer fra havet, så udvindes omega-3 og andre fedtsyrer også fra biprodukter i fiskeindustrien. Olierne herfra anvendes i farmaceutiske produkter eller indgår i kosttilskud som f.eks. fiskeoliekapsler. Olie anvendes også i stigende grad til funktionelle fødevarer især i lande som Spanien, USA og Japan. Industrien oplever i disse år vækstrater på 10-12 %/år, og væksten forventes at fortsætte flere år endnu.

Et dansk firma med speciale i udnyttelse af marine biprodukter: Marinova

I 1980 startede Danmarks Fiskeindustri- og Eksportforening et forskningsprojekt der havde til formål at se på udnyttelse af biprodukter fra fiskeforarbejdningsindustrien. Projektet førte til dannelse af firmaet Danish Fish Protein, der i 1993 blev overtaget af Marinova ApS.

I et samarbejde med fiskeindustrien og forskellige fødevarerproducenter udvikler Marinova på basis af marine biprodukter: fiskesupper og -saucer, babymad, funktionelle fødevarer, smagsforstærkere, emulgatorer, m.v.

Eksempel på anvendelse af marine fedtsyrer: Omacor / Lovaza

Den første medicin udvundet af fiskeolie, der er godkendt som receptpligtigt lægemiddel i EU og USA, fremstilles af det norske firma Pronova BioPharma.

Medicinen, der i Europa og Asien sælges under navnet Omacor og i USA som Lovaza, virker mod forhøjet indhold af triglycerider i blodet.

Pronova BioPharmas omsætning blev i perioden 2003-2008 firedoblet til 1,3 mia. NOK, og overskudsgraden lå i perioden 2004-2008 mellem 37 og 50 %.

Produktionen er indtil 2009 foregået i Sandefjord i Norge på et anlæg med en produktionskapacitet på 1.200 tons/år. I efteråret 2009 indviede firmaet et nyt produktionsanlæg i Kalundborg, hvor kapaciteten ligeledes er 1.200 tons/år.

Firmaet forventer i 2010 at få en omsætning på 1 mia. USD på Omacor/Lovaza.

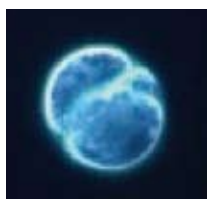
www.Pronova.com



De fedtsyrer, der findes i de marine fisk stammer typisk fra mikroalger, der udgør en del af planteplanktonet. Dyreplankton, der har spist mikroalgerne, bliver i fødekæden spist af fisk, der enten selv bliver fanget af mennesker (f.eks. sild) eller spist af rovfisk, der sidenhen fanges (f.eks. tun og laks). Hvis der er tale om industrifisk, vil en fiskemelsfabrik processere fiskene, så slutprodukterne er fiskemel og fiskeolie.

Da fiskeolien er variabel i sin sammensætning (afhængig af hvilke fødeemner fiskene har spist) kan det til visse anvendelsesområder være økonomisk interessant at fremstille de ønskede fedtsyrer ved kontrollerede fermenteringsprocesser på land.

Et eksempel herpå er fremstilling af omega-3 fedtsyren DHA (docosahexaensyre), der er af betydning for udvikling af nervesystemet og synsfunktionen hos spædbørn samt hjernefunktionen hos voksne. De fleste mennesker i den vestlige verden får ikke tilstrækkeligt DHA via deres kost.



Figur 4-3: I planteplankton kan man bl.a. finde *Cryptocodinium cohnii*, der finder anvendelse i industriel produktion af DHA (docosahexaensyre) til bl.a. modermælkserstatning (foto: Niels T. Eriksen)

En anden vigtig omega-3 fedtsyre i marin fiskeolie er EPA (*Eicosapentaenoic acid* = eicosapentaensyre). Det vil derfor være en stor fordel, hvis også denne fedtsyre kan produceres industrielt. Flere af de dyrkbare mikroalger kan producere EPA. Det er bl.a. tilfældet for den encellede rødalge *Porphyridium* ("pupurkugle") og kiselalgen *Nitzschia laevis*; men endnu kan dette ikke gøres på økonomisk bæredygtig vis.

Eksempel på fremstilling af en flerumættet fedtsyre: LonzaDHA

Det schweiziske firma Lonza producerer og markedsfører LonzaDHA, der er en marin vegetabilsk olie med et indhold på mere end 40% af omega-3 fedtsyren DHA.

Produktet fremstilles ved i en fermenteringsproces at dyrke *Ulkenia sp.*, en encellet algelignende organisme, der bl.a. findes i Nordsøen. Det oprensede slutprodukt indeholder som nævnt mere end 40% DHA; til sammenligning overstiger indholdet af DHA i fiskeolie sjældent 12% DHA. Produktet er godkendt i henhold til EU's "Novel Food-forordning" fra 1997, hvorefter nye fødevarer skal forhåndsgodkendes før lancering. www.Lonza.com

Fiskemel og fiskeolie produceret på basis af industrifiskeriet er en begrænset ressource, der i dag anvendes til forskellige fødevarerproduktioner med akvakulturen som den største aftager. Med den nuværende udvikling af akvakultur, kan det forudses, at der indenfor de næste 10 år ikke vil være fiskeolie nok til at dække efterspørgslen.

Dette kommer ikke som en overraskelse for producenterne af fiskefoder, der allerede i adskillige år har forsket i og produceret foder, hvor en væsentlig del af de marine råvarer er substitueret med landbaserede produkter.

For proteins vedkommende er dette ikke specielt problematisk, men ikke alle de umættede marine fedtsyrer lader sig umiddelbart substituere af landbaserede vegetabiliske olier. I forbindelse med forplantningen er fedtsyresammensætningen vigtig for fiskene og deres afkom. I det meste af opvæksten vokser laks og ørreder ganske udmærket på et foder, der indeholder sojaolie i stedet for fiskeolie, men bliver de udsat for stress og infektioner, er de muligvis mindre modstandsdygtige. Fedtsyresammensætningen i fiskeprodukterne har imidlertid en betydning for forbrugernes sundhed, så med mindre de essentielle fedtsyrer udelukkende skal indtages som gelatinekapsler, så skal fiskeprodukterne fra akvakultur have en sammensætning, der i væsentlig grad minder om den, der findes i de vilde fisk.

I stedet for at skaffe de essentielle fedtsyrer fra industrifisk, der via et eller flere led i fødekæden har fået indbygget de fedtsyrer, som algerne har produceret, så vil det være nødvendigt via genteknologi at få landplanter til at producere de ønskede fedtsyrer (hvilket allerede sker på forsøgsbasis med sojabønner og raps). Alternativt kan man dyrke algerne, for derefter at benytte dem som råvarer i produktionen af fiskefoder.

Modermælkserstatning i USA: 99% indeholder omega-3 fedtsyrer der stammer fra dyrkning af marine organismer.

Det amerikanske firma Martek Biosciences Corporation, der fremstiller DHA bl.a. ved anvendelse af den marine alge *Cryptocodinium cohnii* (Figur 4-3), blev grundlagt i 1985. Firmaets DHA-produkt, *life'sDHA™*, blev i 1994 lanceret i modermælkserstatninger i Belgien. I 2001 blev produktet godkendt i USA, og i 2003 opnåede firmaet sit første positive driftsresultat. I 2009 oplyser firmaet på sin hjemmeside, at *life'sDHA™* findes i 99% af den modermælkserstatning, der sælges i USA. Produktet sælges i mere end 75 lande. Firmaet beskæftiger 525 personer og har en årlig omsætning på ca. 300 mio. USD.
www.Martek.com



4.1.3.2 Kitin fra rejskaller

Kitin er et polysakkarid, der minder om cellulose, og ligesom dette stof er svært nedbrydeligt. Kitin udgør det strukturelle element i krebsdyrenes skaller; krabbe- og rejskaller er derfor en let tilgængelig ressource for kitin og derivater deraf: kitosan, glukosamin, m.v.

Kitosan er et positivt ladet molekyle, hvilket gør det til et såkaldt bioadhæsivt stof; det vil sige et stof, der let binder sig til visse andre overflader som f.eks. slimhinder. Denne egenskab kan bl.a. benyttes til at lette overførslen af nogle medikamenter til kroppens celler. Da kitosan også let optages og nedbrydes af kroppen gør det stoffet meget anvendeligt til biomedicinske formål.

Kitin og kitosan samt andre derivater heraf kan benyttes i mange sammenhænge: Forbindsstoffer, indkapsling af medicin, kontaktlinser, kosmetik, kosttilskud m.v. Anvendelsen i forbindsstoffer skyldes kitosans evne til at få blodplader til hurtigt at lukke et sår og størkne. Kitosan-forbindingen kan på grund af sin biologiske klæbeevne placeres direkte på et sår uden yderligere fastholdelse. Forsøg udført på grise har vist en 100 % overlevelse ved anvendelse af kitosan-forbindinger på arterielle blødninger, der normalt ville være dødelige. Blodtabet ved kitosan-forbindinger angives til generelt at være mindre end ved traditionelle gaze-forbindinger. Kitosan er iflg. det oplyste også mindre allergifremkaldende samt har en naturlig antibakteriel virkning.

Eksempel på anvendelse af kitosan: *HemCon® Bandage*

Den amerikanske hær bevilgede i 2001 midler til et forskningsteam, der skulle udvikle en bandage, der kunne stoppe alvorlige blødninger hos soldater, der blev såret i felten langt fra kvalificeret lægehjælp. Produktet "*HemCon® Bandage*", der er baseret på kitosan, var klar til lancering i 2003, og efter en usædvanlig hurtig godkendelsesprocedure (48 timer!) hos *U.S. Food and Drug Administration* (FDA), blev de første bandager sendt af sted til soldater i krig. I 2005 blev det besluttet, at hver eneste amerikanske soldat i Irak og Afghanistan skal have mindst 1 pakke *HemCon® Bandage* på sig.

HemCon Medical Technologies, der producerer bandagerne, har efterfølgende udviklet forskellige versioner af produktet, der alle er beregnet på at stoppe blødninger i akutte situationer (trafikuheld, skudsår, sportsskader o.lign.). Kitosan-forbindingen er et midlertidigt produkt, der skal fjernes når patienten kommer under en mere organiseret lægebehandling. Forbindingen fjernes let fra sårskorpen ved at skylle med vand eller saltvand. Firmaet har angiveligt siden 2003 leveret mere end 1 mio. forbindingspakker.
www.HemCon.com



Eksempel på anvendelse af kitosan: Selvreparerende lak til biler

Det amerikanske tidsskrift, *Science*, bragte i marts 2009 en nyhed om, at der til biler er udviklet en polyuretan-lak indeholdende bl.a. kitosan. Det specielle ved denne lak er, at den til en vis grad er selvreparerende, når den udsættes for ultraviolet lys. Hvis der sker en mekanisk skade på lakken, brydes nogle af de kemiske bindinger i lakken. I ultraviolet lys vil det kitosan, der er indlejret i lakken, danne nogle nye forbindelser til de brudte bindinger, og ridser i lakken lukkes. Det skal bemærkes, at processen kun lader sig gøre med små ridser, og det kan kun foregå én gang på det pågældende sted, så gentagne ridser vil ikke blive lukket.



4.1.3.3 Alginater, carrageenan og agar

Fra makroalger (tang) kan udvindes en lang række nyttige produkter. I en kommerciel produktion vil det være nødvendigt at have adgang til store mængder af en enkelt art, hvilket normalt ikke vil forekomme i naturen – i det mindste ikke i Danmark. Det vil derfor være nødvendigt at dyrke de pågældende makroalger, for at kunne udvinde de stoffer, som beskrives nedenfor (alginater, carrageenan og agar), men derudover vil der være en række andre muligheder for udnyttelse af makroalgerne – fra medicin til brændstof – i det, der betegnes som et bioraffinaderi.

Fra tang kan man udvinde polysakkarider, dvs. langkædede kulhydrater, der i fødevarer kan anvendes som fortykningsmidler og stabilisatorer i kakaomælk, is, mayonnaise, tandpasta m.v.. Disse polysakkarider betegnes som hydrokolloider, hvilket betyder, at de kan binde vand og give fødevarer viskositet eller form, f.eks. faste eller elastiske dessert-geler. De pågældende kulhydrater hører som regel til en af følgende tre grupper: Alginater, carrageenan og agar.

I Danmark er der en stor tradition for fremstilling af hydrokolloider udvundet fra tang. Således har tre af verdens førende virksomheder på tangekstrakter en forbindelse til Danmark; det er firmaerne FMC Biopolymers, CP Kelco og Danisco. FMC Biopolymers opkøbte i 1982 danske Litex, der var blevet kendt for deres produktion af "Dansk agar", se faktaboks. CP Kelco har siden 1960 produceret carrageenan i Lille Skensved, og der ligger i dag en af verdens største carrageenan fabrikker. Danisco har i mere end tyve år produceret både alginat og carrageenan. Danisco's fabrikker ligger tæt på råvarerne i Bretagne i Frankrig (alginat) og i Chile (carrageenan). Begge steder høstes tangen fra bæredygtige naturlige bestande.

Alginater, der udvindes af brunalger, findes både som syre (E400) og som salte (E401-E404). Alginater anvendes eksempelvis til sikring af den rigtige



Figur 4-4: Carrageentang (*Chondrus crispus*) (Foto: Susan Holdt)

konsistens af ølskum og forhindring af krystaldannelser i mælke og flødeprodukter. Foruden at indgå i fødevarerproduktionen finder alginater også anvendelse indenfor en række andre industrier, der producerer så forskellige varer som medicin, kosmetik og papir.

Carrageenan: Navnet stammer fra den irske by Carrageen, hvor rødalgen *Chondrus crispus* (carrageentang) findes i store mængder; algen kaldes også for irsk mos. Stoffet carrageenan, der findes i *Chondrus crispus* og andre rødalger, anvendes i fødevarerindustrien som stabilisator (E407) og fortykningsmiddel (E407a) i bl.a. kakao-mælk, budding, is, marmelade, marineret kød og fjerkræ, men finder også anvendelse i fugtighedscremer, tandpasta, maling og papirproduktion.

Geler baseret på carrageenan anvendes også bioteknologisk som "bæremiddel" for små molekyler med næringsstoffer til celler.

Furcellaran, der også er en carrageenan, kan udvindes af gaffeltang (*Furcellaria lumbriicalis* eller *F. fastigiata*). Under 2. verdenskrig, hvor man i Danmark ikke kunne få agar, startede der en produktion af gel fra gaffeltang. Produktet, der er blødere end den "ægte" carrageenanagar kaldes også for "dansk agar".

Agar udvindes ligesom carrageenan fra rødalger, som f.eks. *Gracilaria sp.*, og anvendes ligeledes til fortykning og emulgering (E406). Foruden at indgå som et tilsætningsstof i fødevarerproduktionen, er den mest kendte anvendelse af agar formentligt som vækstmedie for mikroorganismer i laboratoriet.



En af verdens største carrageenan-fabrikker ligger i Lille Skensved

I Lille Skensved der ligger ca. 10 km fra Køge findes verden største pektinfabrik, CP Kelco ApS. Pektinen kommer fra citruskaller, men foruden dette producerer man også carrageenan udvundet af forskellige tangarter. CP Kelco, der er datterselskab i den amerikanske J.M. Huber-koncern, står for ca. 20 % af verdens samlede produktion af carrageenan.

Pektinproduktionen blev grundlagt i København i 1934, hvor firmaet, Københavns Pektinfabrik (CP) fremstillede pektin til marmeladeproduktion. I 1948 flyttede firmaet til Lille Skensved, og i 1960 startede man carrageenan-produktionen. CP fusionerede i år 2000 med den amerikanske Kelco-koncern og blev til CP Kelco. I 2004 blev firmaet opkøbt af en anden amerikansk koncern, J.M. Huber, der var dengang ca. 2.000 ansatte i den danske afdeling. I 2008 var der i Danmark ca. 400 ansatte og omsætningen lå på ca. 1,1 mia. kr.

Råvarerne til carrageenan-produktionen findes ikke i Danmark; i 2008 blev der importeret ca. 7.000 tons halvtør tang fra Indonesien, Chile, Filippinerne, Zanzibar og Canada. Fra Filippinerne og Zanzibar er det dyrkede arter (*Euचेuma cottoni* og *Euचेuma spinosum*), mens der fra Canada leveres *Chondrus crispus* fra vilde forekomster.

“Opklippede polysakkarider”:

Kortkædede polysakkarider (10-50 sukkerenheder) kan have fysiologiske effekter som immunstimulatorer. Fra landplanterne kendes sådanne opløselige fibre opnået ved en enzymatisk hydrolyse; men området er langt fra færdig udforsket. Fysiologiske effekter af opløselige fibre fra makroalger er meget lidt undersøgt, bl.a. fordi der endnu ikke er udviklet egnede enzymer der kan nedbryde kulhydratkæderne.

Figur 4-5: Kolbe med rødalger (foto: Danisco)



Det danske tang-eventyr: Litex og “Danagar”

I slutningen af 1930'erne gik en ung mand ved navn Erik Bjerre-Petersen rundt i Hellerup og puslede med forskellige ideer til at starte en fabrikation. Efter flere mere eller mindre succesfulde tiltag mødte han i begyndelsen af 1940'erne en københavnsk barber, der i sit køkken eksperimenterede med afkog af tang. Først blev der brugt blæretang fra Øresund, men det viste sig, at der blandt den indsamlede blæretang også var en anden alge, som efter kogning blev til en mørkebrun suppe, der kunne køles ned til en gelatineagtig substans. Det latinske navn på denne alge var *Furcellaria fastigiata* (gaffeltang).

Ved samarbejde med en isfabrikant fandt man ud af, at dette stof var udmærket til anvendelse som stabilisator i is. Dette lagde grunden til firmaet Litex og starten på en ny produktion i Danmark: Danagar. Det var i øvrigt Europas første agarfabrik.

Da der skulle igangsættes en produktion, var det nødvendigt at finde nogle områder med store mængder af gaffeltang. Først hentede man tang forskellige steder i farvandet omkring Lolland, men tangen gav ikke de ønskede resultater. Efter nogen søgen fandt man så ud af, at der i farvandet omkring Sejerø var langt bedre tang at hente. Gaffeltangen voksede her i store “flydende øer”. Men da produktionen steg, blev det nødvendigt at finde nye tangforekomster. Det viste sig, at der nord for Djursland var en meget fin gaffeltang, der også voksede som flydende øer, og som tidligere havde været til gene for skibsfarten, men som nu blev meget populær. I 15 år blev der med net fisket tang her. I et enkelt år -1962- op mod 20.000 tons. Til behandling af tangen blev der ved Havnsø Havn opført en tørrestation, hvor den første rensning og tørring af tangen fandt sted.

I slutningen af 1960'erne var de flydende øer med gaffeltang stort set udryddet i Danmark som følge af opfiskning til agarproduktionen. Man måtte derfor til udlandet og fjernøsten, bl.a. Filippinerne, for at finde den fornødne tang.

Efter at være startet i Hellerup, flyttede firmaet i 1950'erne til Vallensbæk. Firmaet udvidede flere gange produktionen og havde på et tidspunkt ca. 200 medarbejdere. I 1982 solgte Erik Bjerre-Petersen Litex til den amerikanske koncern FMC BioPolymer, der senere i flere omgange flyttede dele af produktionen fra Danmark, og i 2005 lukkede man firmaet i Vallensbæk.

www.FMCBioPolymer.com

(frit efter Vallensbæk Lokalhistoriske Forening,

www.vallensbaekarkiv.dk)



5 Økonomisk perspektivering og sektorpåvirkning

Globalt: Værdien af den globale marine bioteknologi blev for 2004 vurderet til at udgøre 2,2 mia. Euro⁵. Dette kan forekomme at være et ret lavt tal, men i beregningerne indgik hverken akvakultur, makroalger (tang) eller forarbejdningsindustrien.

Da den blå/marine bioteknologi er mere tværgående og spredt ud over forskellige sektorer og ikke er så veldefineret som den røde bioteknologi (sundhedssektoren), den grønne bioteknologi (landbrugssektoren) og den hvide bioteknologi (industrien), så er det svært at få præcise estimater for sektorens økonomi.

Et ofte citeret eksempel på potentialet i den marine bioteknologi er det amerikanske "NOAA Sea Grant programme"⁶, der i 1966 startede med relativt beskedne midler og hurtigt lagde grunden for 5 lægemidler med et markedspotentiale på 2 mia. USD/år.

I modsætning til den ovenfor anslåede værdi af marin bioteknologi for 2004 på 2,2 mia. Euro findes der en FN-rapport fra 2005, der vurderer, at omsætningen af produkter med relation til marin bioteknologi i år 2000 udgjorde en værdi på 100 mia. USD. Forklaringen på denne enorme forskel skal findes i den afgrænsning, der i de to analyser er foretaget af begrebet marin bioteknologi.

Hvor forskellige definitioner og analyser end er, så er der bred enighed om, at den marine bioteknologi er et af de mest lovende udviklingsområder. Det langsigtede potentiale anses ligeledes for at være meget stort – og større end de andre bioteknologiområder.

Danmark: I lighed med, hvor svært det er på europæisk og globalt plan at sætte præcise estimater på værdien af den marine bioteknologi og dens potentiale, så gør det tilsvarende sig gældende for Danmark.

⁵[http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/SEC\(2006\)_689%20_10.pdf](http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/SEC(2006)_689%20_10.pdf)

⁶NOAA (national Oceanic and Atmospheric Administration) link: www.seagrant.noaa.gov/aboutsg/index.html



Det vil formentligt være muligt at gennemføre en undersøgelse, der viser størsteparten af de danske firmaer, der p.t. beskæftiger sig med at udvikle og udnytte den blå bioteknologi. Men tilsvarende forholdene i andre lande, så vil det være relativt få firmaer, der udelukkende beskæftiger sig med den marine bioteknologi, og dermed vil undersøgelsens resultater hurtigt blive upræcise.

De eksempler, der er indsat i de tidligere afsnit af nærværende rapport, viser til gengæld det potentielle omfang, der er ved en succesfuld udnyttelse af marint bioteknologisk relaterede opdagelser og ressourcer. Som det vil fremgå senere i rapporten, så er der i den danske forskningsverden og industri forventninger til såvel relativt hurtige innovationsprojekter som til den mere langsigtede forsknings- og innovationsindsats.

Den teknologiske udvikling på forsknings- og udviklingsområdet har medført nye muligheder for en bæredygtig udnyttelse af havets ressourcer på mange niveauer. Disse muligheder vil blive udnyttet globalt, det er derfor vigtigt, at dansk forskning og industri deltager aktivt i denne proces.

Samfundsmæssig påvirkning: En samfundsmæssig satsning på marin bioteknologi kan forventes at få en mærkbar indflydelse på en række områder:

- **Forsknings- og udviklingssektoren** vil selvsagt være dér, hvor der først kan forvente en positiv påvirkning, der til gengæld vil være en forudsætning for de afledte virkninger for øvrige sektorer.
- **Fiskeriet** kan forventes at få bedre muligheder for forvaltning af ressourcerne samt dokumentation af oprindelse og sporbarhed.
- **Akvakulturerhvervet** kan opnå forbedrede avlsprogrammer, levende foder programmer, vacciner, probiotika og andre bioteknologisk relaterede sundhedsaspekter. Alene den forventede vækst indenfor akvakultur vil gøre det interessant at tage bioteknologien i anvendelse på dette område.
- **Landbrug:** Det kan forudses, at verdens lagre af mineralisk fosfor vil være udtømte i løbet af de næste 20 år. Der er derfor iværksat en række forskningsinitiativer blandt offentlige forskningsinstitutioner og private firmaer, der ved hjælp af mikro- og/eller makroalgeproduktion bl.a. vil sikre udnyttelse og evt. genanvendelse af næringsalte fra husdyrproduktionen. Tang/alger benyttes visse steder i Canada, Irland, Frankrig og Indien som gødningssupplement. Problemet med saltindholdet anses disse steder for at være mindre end de positive egenskaber, som tanggødningen medfører. Ligeledes kan det forventes, at marin bioteknologi vil kunne anvendes til fremstilling af nye fodermidler og hjælpestoffer til landbruget.
- **Sundhed og kosmetik:** Som tidligere beskrevet og illustreret med eksempler kan bioprospektering forventes at medføre nye produkter og processor af stor økonomisk betydning.
- **Fødevarerproduktion:** Foruden de primære erhverv (fiskeri, akvakultur og landbrug) vil også den øvrige del af fødevarersektoren kunne drage fordel af udviklingen af den marine bioteknologi. Mest tydeligt kan dette forventes at ske indenfor udviklingen af funktionelle fødevarer og tilsætningsstoffer baseret på bioprospektering og/eller nye dyrkede/opdrættede produkter samt forøget udnyttelse af biprodukter. De nye bioteknologiske metoder og "værktøjer" kan også

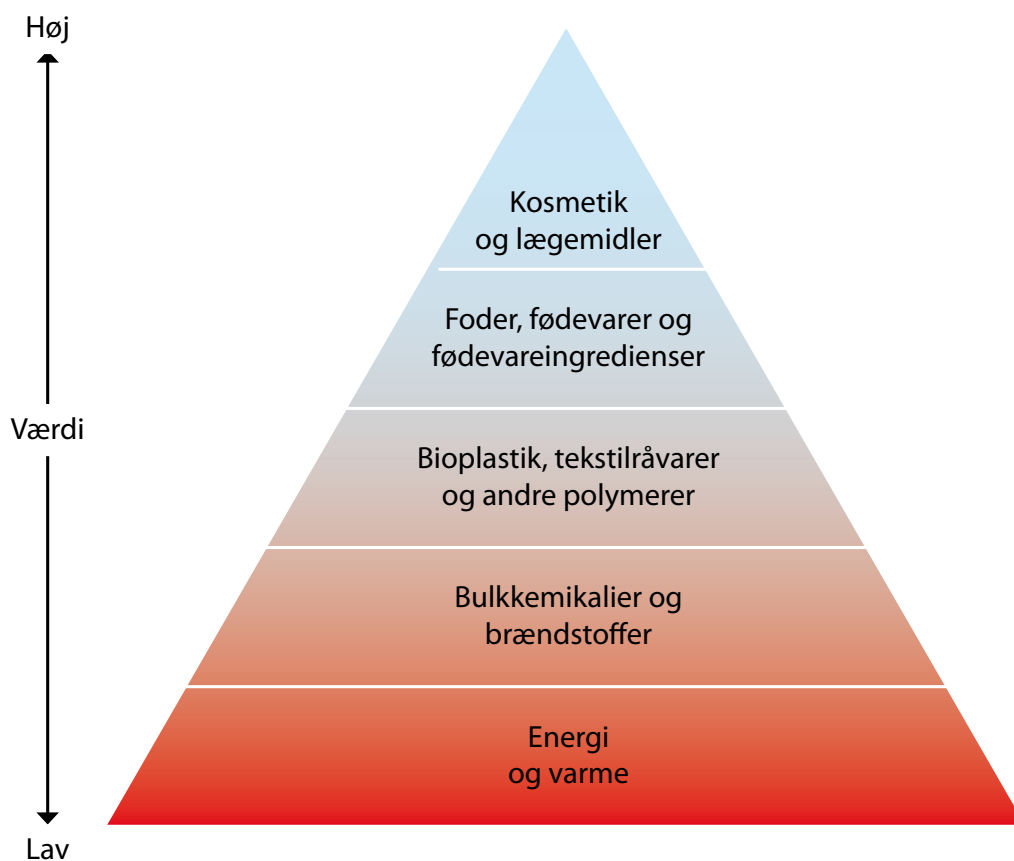


tages i anvendelse i forbindelse med fødevarer sikkerhed og sporbarhed.

- **Øvrig produktion:** Andre industrielle produktioner vil også kunne drage nytte af fremskridt baseret på blå bioteknologi. Oplagte eksempler er enzymproduktion og produkter, der virker mod begroning på skibe m.v.. I energisektoren arbejdes der også med at udvikle biobrændstoffer baseret på marine alger. Biofuels er et

stort emne, der behandles særskilt i andre rapporter, hvilket er årsagen til, at emnet ikke berøres yderligere i denne rapport.

I en bioraffinaderi-tankegang vil havets ressourcer kunne udnyttes på en lang række områder, hvorefter restprodukterne i et optimalt forløb vil kunne indgå i energiproduktionen.



Figur 5-1: Bioraffinaderi
- Jo mere der kan produceres på de højeste niveauer i trekanten desto bedre. (efter Peter Westermann, 2010)

6 Forsknings- og udviklingsklynger

På trods af, at der i Danmark findes adskillige bioteknologisk baserede firmaer, og heraf flere der også er internationalt førende på deres respektive områder, så vil en dansk, bred marin bioteknologisk indsats ikke være signifikant, set med internationale øjne. Det vil derfor være nødvendigt at fokusere indsatsen og samtidig i videst muligt omfang understøtte et tværgående samarbejde mellem en mængde forskellige forskningsdiscipliner kombineret med industrielle ønsker, erfaringer og muligheder.

I en sådan konstruktion, der ofte betegnes som en klynge, kan der etableres en række synergier. Fordelene ved vel-fungerende forsknings- og udviklingsklynger er:

- Hurtigere resultater og forbedret produktivitet ved et samarbejde omkring mål, hvor der er genereret en fælles tankegang og forståelse, der samtidig giver adgang til specialiserede leverandører, viden og information.
- Innovation får større opmærksomhed, da behovet for forbedringer i produktionsprocesserne bliver tydeliggjort.
- Når klyngerne først er etableret, vil de vokse som følge af dannelse af nye kommercielle muligheder og tilgang af nye leverandører.

Det er ofte set, at en positiv udvikling på et enkelt område bliver selvforstærkende, da succesfulde firmaer har en tendens til at tiltrække andre firmaer. Gradvis vil miljøet tiltrække flere og flere dygtige forskere, industriøkonomer, markedsføringsfolk, specialister indenfor handel og distribution samt en række andre eksperter. Ligeledes vil en række underleverandører blive beskæftiget og en række spin-off aktiviteter opstår, dygtige entreprenører danner nye firmaer, og der dannes en positiv opadgående skrue.

Eksempler på sådanne miljøer der i nyere tid er opstået og har genereret en betragtelig industri omkring sig: Microsoft i Seattle, Nokia i Finland, Novo i Bagsværd.

Indenfor udvikling af marin bioteknologi kan Norge nævnes som et godt eksempel, hvor der indenfor de sidste 10 år er etableret velfungerende forsknings- og udviklingsklynger i Trondhjem og ikke mindst i Tromsø. I disse byer er der nu adskillige firmaer, der arbejder specifikt med marin bioteknologi, og som har et frugtbart samarbejde med de lokale universiteter.

Forsknings- og udviklingsklynge i Tromsø

I Tromsø har man dannet **Norinnova** der er "et innovationsselskab for kommercialisering af nye teknologi- og forskningsbaserede forretningsideer". Selskabet hed indtil 2003 "Forskningsparken i Tromsø A/S". Norinnova indgår som et selskab i Norut Gruppen A/S, hvor universitetet i Tromsø er den største aktionær. Selskabet er således stærkt knyttet til forsknings- og udviklingsmiljøet i Tromsø samtidig med, at man har et tæt samarbejde med de vidensbaserede firmaer i Nordnorge. Norut Gruppen ejer 51 % af aktierne. SIVA (*Selskapet for industrivekst*), der ejer 24 % af aktierne, er et norsk statselskab, der bl.a. investerer i forskerparker og igangsætning af nye innovative firmaer.

Norinnova arbejder på at skabe nye firmaer og arbejdspladser samtidig med at man styrker det etablerede erhvervsliv. Siden 1993 har Norinnova været delagtig i etablering af mere end 30 firmaer, der har medført 350-400 højteknologiske arbejdspladser i Nordnorge. En væsentlig del af disse firmaer beskæftiger sig med udvikling og anvendelse af marin bioteknologi.

Norinnova administrerer også **MABIT**, der er et selvstændigt program, der finansierer erhvervsrettet forskning og udvikling indenfor **marin bioteknologi** i Nordnorge. MABITs vigtigste opgaver er, at bidrage til en øget værdiskabning ved fiskeri, akvakultur og bioteknologisk industri. Desuden arbejder MABIT for at koordinere og styrke bioteknologiske aktiviteter i den Nordnorske region. Endvidere støtter MABIT-programmet forskning og udvikling internt i firmaer og forskningsinstitutioner, samarbejde imellem disse, mindre forsøgs- og demonstrationsanlæg samt netværksaktiviteter. Hvert andet år er MABIT arrangør af en konference i Tromsø, hvor emnet er bioprospektering.

Programmet, der blev igangsat i 1998, støttes af Fiskeri- og Kystdepartementet, Innovasjon Norge samt 3 lokale kommuner. I 2009 udgjorde bevillingen fra Fiskeri- og Kystdepartementet 6 mio. NOK.
www.norinnova.no



Figur 6-1: Medicon Valley i 2009

Et andet eksempel på forsknings- og udviklingsklynger, der arbejder med bioteknologi (men ikke marin bioteknologi), er "**Medicon Valley**", der siden midten af 1990'erne med succes har markedsført det storkøbenhavn- og sydsvenske område som "En af Europas stærkeste Life Science klynger".

Området indeholder en stærk kombination af såvel offentlige som private forskningsenheder og internationalt førende bioteknologiske virksomheder. Der er tværgående samarbejder mellem universiteter, den farmaceutiske industri, hospitaler, medicotekniske virksomheder m.v.

Medicon Valley har opnået en international opmærksomhed ikke mindst som følge af firmaer som Novozymes, Novo Nordisk, H. Lundbeck, LEO Pharma og AstraZeneca. Men udover de meget store virksomheder har organisationerne Copenhagen Capacity og Invest in Skåne, der promoverer Medicon Valley, registreret

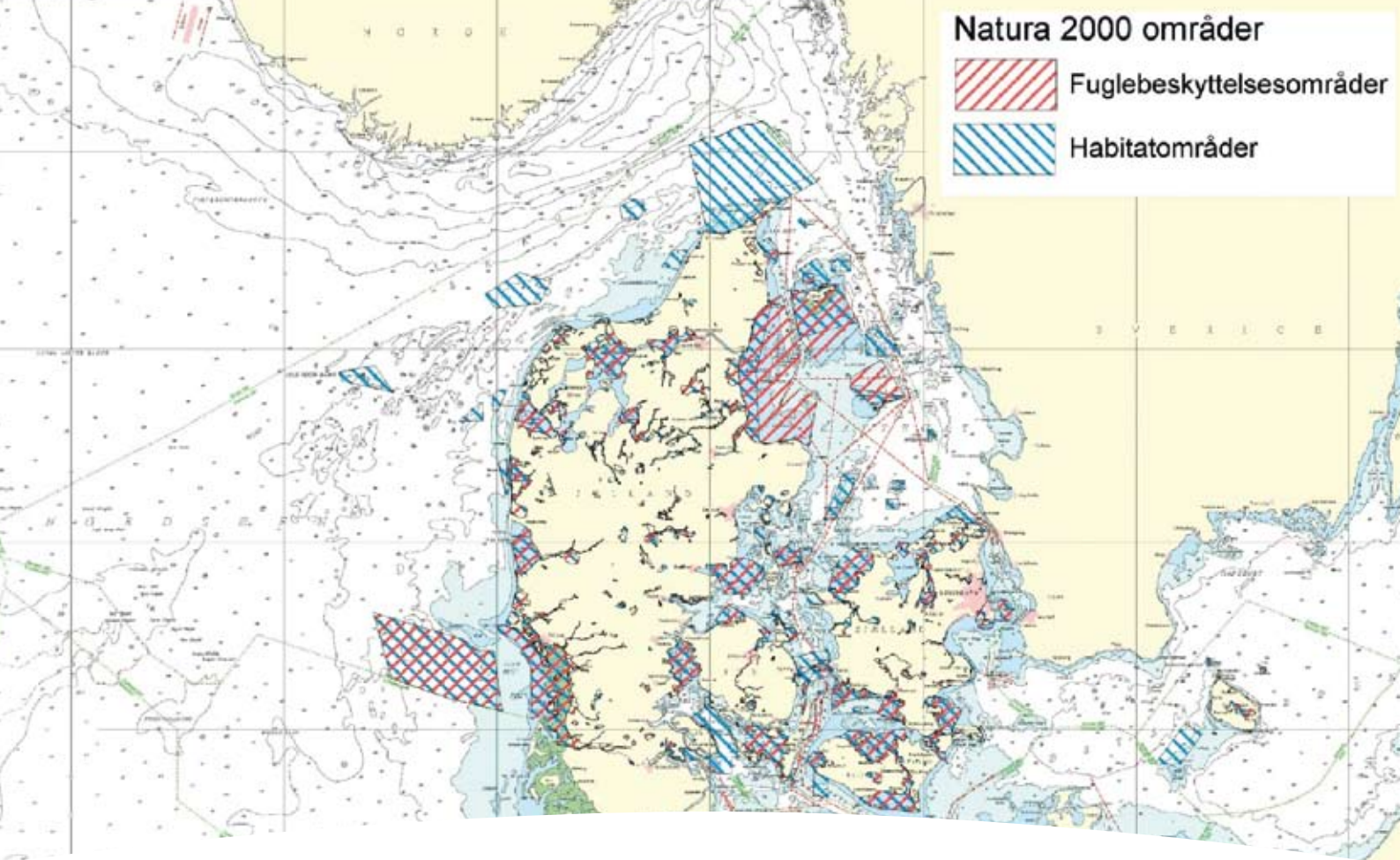
mere end 100 biotekvirksomheder. I den farmaceutiske industri findes der 20 firmaer foruden de fem, der er nævnt ovenfor. Derudover findes der en mængde firmaer indenfor medikoteknik samt firmaer, der på kontrakt udfører kliniske forsøg og produktioner. I alt angives det, at life-science-området beskæftiger mere end 40.000 personer i den private sektor, og i Medicon Valley-området beskæftiges 10.000 forskere i offentlige og private stillinger.

Medicon Valley angiver sine væsentligste styrker til at være:

- førende på verdensplan inden for udvikling og fremstilling af produkter til behandling af diabetes
- globalt ledende i anvendt neuroscience
- europæisk ledende indenfor cancer-forskning
- stærk basal forskning i betændelsestilstande og immunologi
- et unikt sted for at udvikle skræddersyet medicin

Primært som følge af aktiviteterne i Medicon Valley har Danmark og Sverige opnået en placering som henholdsvis nr. 3 og 5 på verdensranglisten over eksportører af farmaceutiske produkter målt i forhold til indbyggerantallet.

Omsætningen på området er også ganske betragtelig. Alene Novo Nordisk A/S forventes i 2010 at opnå en omsætning, der overstiger værdien af den samlede danske landbrugs-eksport (ca. 60 mia. kr./år). Et enkelt bioteknologisk produkt, Victoza, der på flere punkter er revolutionerende indenfor diabetesbehandlingen, forventes hurtigt at opnå status som "blockbuster", hvilket sker når salget af produktet overstiger 1 mia. USD/år. Efter at Victoza ultimo januar 2010 blev godkendt til markedsføring i USA forventes omsætningen alene på dette produkt i løbet af få år at være i størrelsesordenen 2-3 mia. USD/år.



Figur 7-1: Beskyttede havområder i danske farvande (Kilde: Miljøministeriet, 2010)

7 Danske muligheder

7.1 Perspektiver og muligheder

Som det er beskrevet i denne rapport, så indeholder havet en lang række uudnyttede ressourcer, der på forskellig vis kan forventes at bidrage til en positiv udvikling indenfor fødevarer, sundhed, industrielle produkter m.v. Det er ligeledes påvist, at adskillige af mulighederne også har et interessant økonomisk potentiale. Der kan dog for visse anvendelsesområder være en lang tidshorison og en binding af væsentlig kapital, før det viser sig, om investeringerne tjener sig ind – men disse engagementer er til gengæld også dér, hvor der er chance for at opnå væsentlige gevinster.

I Danmark findes der en lang tradition for forskning, udvikling og optimering indenfor såvel de primære erhverv som en række industrielle miljøer. I en integreret udnyttelse af havets ressourcer vil det være naturligt at kombinere mere traditionelle produktions- og forarbejdningsmetoder med de muligheder, som den moderne bioteknologiske forskning tilbyder.

På landjorden har landbruget opnået stor erfaring med at dyrke, opdrætte, høste, slagte og forarbejde på en særdeles effektiv måde. På trods af til tider store udsving i indtje-

ningen fremstår erhvervet generelt som værende robust og yderst kompetent samt med en stigende erkendelse af den nødvendige kombination af effektivitet og bæredygtighed. Betragter man de resultater, der er opnået ved opdyrkning af landjorden og udnyttelse af de produkter, der kommer herfra, så må man uundgåeligt stille meget store forventninger til en udnyttelse af havets ressourcer.

I relation til direkte opdyrkning/høst kan man gennemføre en arealsammenligning: Det danske landareal udgør ca. 43.000 km² og heraf er ca. 60 % landbrugsjord mens skove udgør 12-13 %. Til sammenligning udgør det danske havareal (Søterritoriet og den eksklusive økonomiske zone (se Bilag 9.3 for en nærmere beskrivelse)) 106.000 km² svarende til ca. 2,5 x landarealet. På landjorden er der fredningsmæssige restriktioner på ca. 8 % af arealet, mens det tilsvarende tal på havområdet er ca. 18 % (se Figur 7-1).

I en dyrkningsmæssig sammenhæng er det værd at bemærke, at afgrøderne på de danske marker i gennemsnit

er mindre end 1 m høje, hvorimod tang i det "vægtløse" vandmiljø kan være produktiv i flere meters dybde (afhængig af lysforholdene). Ligeledes opdrættes fisk og skaldyr også ned til adskillige meters dybde. Dyrkningsvolumen er dermed mange gange større i havet.

Antallet af økonomisk betydende arter, der opdrættes og/eller dyrkes i den landbaserede produktion, er ikke ret stort – hverken i Danmark eller på verdensplan. I havet vil der muligvis være lidt flere arter, der allerede er eller vil blive produceret i kommerciel skala. Men set i relation til mangfoldigheden af arter, så vil kun et fåtal indgå i en direkte produktion. Derimod vil udnyttelsen af egenskaber og biologiske principper utvivlsomt drage nytte af det meget store antal arter – såvel makroskopiske som mikroskopiske. I den sammenhæng vil udforskning og udnyttelse af mulighederne kunne foregå i alle klodens havområder, dog med de begrænsninger der fremgår af konventionerne om havret (Bilag 9.3) og biodiversitet (Bilag 9.4).

Nærværende vidensyntese har haft til opgave blandt andet at identificere danske forskere og forskningsgrupper, der har en interesse for udnyttelse af havets ressourcer. I Bilag 9.2 er vist, de forskere, der er interviewet i denne sammenhæng. Processen har påvist, at der i Danmark er en mængde interesseområder, der hver især kan generere et stort antal projekter, der rækker lige fra den basale grundforskning til det strikt anvendelsesorienterede.

Ud fra denne "bruttopulje" af projektmuligheder kan der udpeges nogle indsatsområder, hvor der med forskellig tidshorizont kan forventes et positivt udbytte for såvel forskningsverdenen som for det danske samfund. Det kan konstateres, at potentialet er til stede, og dygtige danske forskere er fuldt på højde med dygtige forskere i andre lande, og på nogle områder endda førende. Dette bekræftes også af Videnskabsministeriets "Forskningsbarometer"⁸. Marin bioteknologi er stadig så ny, at vi kan nå at være med i frontlinjen på en række områder. Danske forskningsmiljøer samt innovative virksomheder vil have større risiko for at blive hængt af, hvis de ikke er med fra starten. Med henvisning til den tidligere omtalte selvforstærkende gunstige påvirkning som succesfulde pioner-virksomheder genererer i det omliggende samfund, vil det være af stor værdi at få igangsat en målrettet indsats på områder, hvor der kan forventes positive og robuste resultater på såvel kort som lidt længere sigt.

Det kan derfor konkluderes, at såfremt der etableres en velfungerende procestilgang, er der i det danske samfund en styrke til at løfte den teknologiske udfordring, der vil være forbundet med at udløse potentialet.

En integreret udvikling indenfor en bæredygtig udnyttelse af havets ressourcer vil skabe arbejdspladser ikke alene i forskningsmiljøerne med de avancerede bioteknologiske firmaer, men også i kystområder og i bynære industriområder. Denne beskæftigelse vil kunne kompensere for nogle af de arbejdspladser, der fra andre erhverv er/vil blive overført til baltiske lande og Asien.

En offentlig indsats kan være med til at igangsætte processen og åbne for udviklingspotentialet. Herefter skal sektoren kunne skabe sine egne resultater og vokse på baggrund heraf. Den teknologiske udvikling foregår i dag med stadigt stigende hastighed, og af hensyn til den langsigtede erhvervsudvikling vil det derfor være af afgørende betydning, at virksomhederne og det omgivende samfund indgår en alliance. Denne alliance går ud på, at firmaerne kan eksistere og udvikle sig ansvarligt indenfor de rammer, som samfundet sætter, men at samfundet til gengæld er åbent for de ændringer, der kan og vil ske i rammebetingelserne. Såfremt denne symbiose ikke er velfungerende, vil firmaerne enten flytte eller være nødt til at lukke.

Procestilgang

Såfremt det besluttes at igangsætte en målrettet offentlig indsats for en øget udnyttelse af havets ressourcer, kan det anbefales, at der etableres forsknings- og udviklingsklynger til at bearbejde og udvikle de potentialer, der ligger indenfor de identificerede emneområder.

I disse klynger bør der indgå en kerne af:

- forskere – marinbiologer, mikrobiologer, andre biologer, biokemikere, naturstoffkemikere, fødevareteknologer/kemikere og ingeniører – fra såvel forskningsinstitutioner som fra industrien
- virksomheder med erfaring i innovation og kommercialisering, økonomi, finansiering og markedsføring
- aftagere af produkterne

⁸www.fi.dk/forskning/evalueringer-og-analyser/forskningsbarometer-2009

Derudover vil der afhængig af opgaven i vekslende omfang være behov for underleverandører af diverse tjenester og produkter. Processen omkring sammensætningen af de enkelte klynger bør være fleksibel, så der løbende kan ske udskiftninger, og dermed sikre, at klyngerne konstant er optimeret i forhold til opgaverne.

Før klyngerne igangsættes skal forholdene omkring immaterielle rettigheder (ofte kaldet IPR, der er en forkortelse af det engelske *Intellectual Property Rights*) være afklaret. Derved sikres det, at overførslen af rettigheder til de deltagende firmaer kan ske på en for alle parter effektiv og tilfredsstillende måde. Ligeledes sikres det, at forskerne kan publicere i internationale tidsskrifter. Aftalerne skal således sikre, at såvel kommercielle interesser som forskernes ønsker om publiceringer ikke kommer i konflikt, men kan tilgodeses i et frugtbart samarbejde.

Ligeledes skal det på forhånd afklares, om en af partnerne skal være central i forhold til fordeling af ressourcer og faciliteter.

I de tilfælde, hvor processen fører frem til et eller flere produkter, der har en klar markedsinteressent, vil afprøvning og finansiering af testproduktion ikke være et problem. Det kan imidlertid forudses, at der vil være situationer, hvor produkter - eller afledte sideprodukter - måske eller måske ikke har en chance for kommercialisering. I disse situationer, hvor det kan være svært at finde økonomi til en testproduktion og afprøvning, bør der være et offentligt system der kan træde til med en mere risikovillig kapital. Det nye Grønt Udviklings og Demonstrations Program (GUDP) eller tilsvarende ordninger kunne spille en aktiv rolle her.

En veludbygget kommunikation såvel internt som i forhold til relevante nationale og internationale kontaktflader vil være værdifuld. Det bør derfor allerede ved klyngernes etablering aftales, hvordan kommunikationen kan foregå mest optimalt.

Det vil være vigtigt at inddrage offentligheden i kommunikationsprocessen for om muligt at få et fælles dansk "ejerskab" til aktiviteterne. For de aktiviteter, der benytter sig af avancerede bioteknologiske metoder og redskaber kan kommunikationen være med til at afmystificere processerne og herunder ikke mindst genteknologien. Bioteknologien har et meget stort potentiale indenfor fødevarerproduktionen, men det er endnu ikke accepteret fuldt ud i store dele af den danske befolkning. Kommunikationen skal derfor anvendes aktivt i arbejdet med at skabe en fælles forståelse for det samfundsnyttige potentiale i en forsknings- og udviklingsindsats.

For de aktiviteter, der baseres på opdræt/dyrkning i danske farvande, vil kommunikationen kunne fremme forståelsen for lokale bæredygtige produktioner:

- nærheden – de danske farvande – vil medføre kortere transport af råvarer
- renheden – produktionerne placeres i områder med minimal ekstern miljøbelastning ligesom produktionerne selv i mindst muligt omfang skal udøve en negativ påvirkning af det omgivende miljø
- naturlige produkter – "det gode liv".



7.2 De udvalgte temaer

Med baggrund i det kompetencekort, som udredningsarbejdet har kunnet tegne af det danske forskningslandskab indenfor marin bioteknologi og de tilknyttede erhvervsvirksomheder (jf. bilag 9.2), har kontaktgruppen kunnet identificere seks temaer, hvor en målrettet, tværgående forsknings- og udviklingsindsats kan forventes at skabe væsentlige samfundsøkonomiske resultater.

Valget af de seks temaer er blandt andet sket ud fra et ønske om dels at finde lavteknologiske emner, der har en relativ stor chance for hurtige og samfundsnyttige resultater, og dels emner der kræver en mere højteknologisk og længerevarende indsats, før der kan forventes anvendelsesorienterede resultater.

Der er en stor grad af sammenhæng mellem de udvalgte temaer, hvilket også afspejler ønsket om at udnytte ressourcerne mest bæredygtigt såvel økologisk som økonomisk og socialt. I denne tankegang indgår også ønsket om en komplet og sammenhængende effektiv udnyttelse af ressourcerne i det, der kan betegnes som et bioraffinaderi, hvor intet går til spilde.

De seks temaer præsenteres nedenfor i en ikke prioriteret rækkefølge:

7.2.1 Udnyttelse af havets biomasse

I denne sammenhæng tænkes ikke på de traditionelle fiskerier, men i stedet på bifangster, biprodukter fra forarbejdningen, fangst af nye arter samt høst af makroalger/tang.

Fiskeriet i de danske farvande har gennem årtusinder været begrænset til relativt få arter. Fra dyreriget har det været:

- Fisk til konsum – få arter i Danmark og lidt flere hvis eksporten tages med
- To-skallede bløddyr – stort set kun blåmuslinger og østers
- Krebsdyr – tre arter af rejer samt taskekrabber, jomfruhummer og hummer
- Industrifiskeriet omfattede tidligere et bredt udvalg af arter, men også dette fiskeri er blevet mere specialiseret

Planteriget har været repræsenteret ved:

- Ålegræs anvendt til hustage, søgræsmadrasser og isolering
- Gaffeltang og carrageentang ("Irsk mos") anvendt som stabilisatorer i fødevarer (omtalt i Kapitel 4.1.3.3)
- Llanddrevan tang og ålegræs har tidligere fundet anvendelse som tilskudsfoder til husdyr samt gødning og jordforbedring af landbrugsjorden i nogle kystområder

Figur 7-2: Forsøg med tørring af tærbevinger til godbidder for kæledyr. Tærben, *Raja radiata*, er en af de almindeligste rokkearter i danske farvande. Den forekommer ofte som bifangst i fiskeriet.

(foto: Carsten Østerberg)



Der er behov for, at en større del af fiskefangsterne landes i en kvalitet, så de kan danne grundlag for en øget konsumanvendelse. Denne anvendelse kan enten være direkte eller efter en bioteknologisk forarbejdning til fødevaringredienser. En del af de fisk, der i dag landes som industri-fisk, vil dermed kunne bibringe fiskerisektoren en større indtjening, samtidig med at forbrugernes muligheder for sunde fødevarer udvides.

Da frasorterede og genudsatte bifangster som regel har meget dårlige chancer for at overleve, skal der fortsat arbejdes med at minimere omfanget af disse fangster. Samtidig bør de fisk og andre dyr, der er fanget, i stedet ilandbringes og tilføres størst mulig værdi enten ved salg til direkte konsum eller som råvare for anden produktion. Succesfulde danske forsøg med tildeling af større kvoter til udvalgte fiskefartøjer, mod at de til gengæld lader hele fangsten videoregistrere, har bevirket at stort set hele fangsten ilandbringes⁸. Fødevareministeriet arbejder nu på at få forsøgsordningen gjort permanent såvel i Danmark som i de øvrige lande, der fisker i EU's farvande.

For nogle få arter, som f.eks. **blåmuslinger**, er det også muligt at genudsætte dem enten frit på bunden eller under kontrollerede forhold i akvakultur.

Skal der i danske farvande findes nye arter til direkte udnyttelse, skal det af indlysende grunde være arter, der findes i så store mængder, at de kan bære en udnyttelse, og samtidig skal de kunne fanges eller høstes uden

væsentlige negative påvirkninger af det omkringværende miljø. Det vil således næppe kunne anbefales at anvende bundskrabende redskaber udover i de allerede accepterede og regulerede fiskerier, da disse redskaber udøver en generel påvirkning og ikke kun på den enkelte art.

Under forudsætning af, at miljøet og fiskeriet i de danske farvande ikke ændres væsentligt, kan det forventes, at fiskeri eller høst efter nye, alternative arter kun kan ske i de frie vandmasser. Medfører klimaforandringer og/eller indvandring af nye arter, at forholdene på eller i havbunden ændres væsentligt, kan det imidlertid blive aktuelt med fiskeri med bundredskaber.

Et eksempel på en af disse nye invasive arter findes i Vadehavet, hvor **stillehavsøsters** (*Crassostrea gigas*) første gang blev konstateret i 1996. Arten har sidenhen bredt sig med stor hast og er nu dominerende i forhold til de blåmuslingerne, der hidtil har tjent som et vigtigt fødeemne for mange af fuglene omkring Vadehavet. Man kan derfor overveje at gennemføre et bundskrabende fiskeri på de bunker/kolonier af stillehavsøsters, der breder sig med stor hast.

Et andet eksempel, hvor skrabning kunne komme på tale, er **butblæret sargassotang** (*Sargassum muticum*). Sargassotangen er en brunalge, der hæfter sig fast til sten og derfra vokser op til 3 meter. Tangen er invasiv, og et stort problem i Limfjorden, hvor den om sommeren breder sig kraftigt. Sargassotangen, der stammer fra det nordvestlige

⁸Catch Quota Management: [www.fvm.dk/CQM_\(Catch_Quota_Management\).aspx?ID=42783](http://www.fvm.dk/CQM_(Catch_Quota_Management).aspx?ID=42783)



Figur 7-3: Til venstre ses søpølser (*Stichopus tremulus*) opfisket som bifangst i Skagerrak. Søpølser har muligvis en fremtid som eksportvare til Asien, hvor de mange steder er en delikatesse. Til højre ses en salgsstand for tørrede søpølser i Kina. (Foto: Carsten Østerberg)

Mulig udnyttelse af stillehavsøsters

Stillehavsøsters (*Crassostrea gigas*), der opfiskes fra store kolonier på havbunden kan være svære at sortere og udnytte til konsum enkeltvis; men de ville muligvis kunne koges og inddampes til muslingeekstrakter. En anden mulighed vil være som råvare for dyrefoder, hvor skallerne også vil kunne anvendes. Knuste skaller finder også anvendelse i forbindelse med rørgrensning.

DTU Aqua anslog i 2008 at bestanden af stillehavsøsters i Vadehavet udgjorde ca. 7.000 tons, hvilket til sammenligning er mere end den samlede bestand af europæisk østers i Limfjorden.

Stillehavsøsters er en af verdens mest dyrkede arter i akvakultur, den årlige produktion udgør ca. 5 mio. tons.

Stillehav, blev først observeret i Limfjorden i 1984, og nu er algen en af de mest udbredte arter i området, samtidig med at den er begyndt at brede sig til Skagerrak og Kattegat.

Sargassotang er spiselig, men kun i små mængder, da den har et stort indhold af det giftige stof arsen (dog er en stor del heraf organisk arsen, der ikke er nær så giftigt som det uorganiske arsen). Til gengæld har algen et højt indhold af omega-3 fedtsyrer og calcium.

Der findes i forbindelse med havbunden i de danske farvande forskellige andre uudnyttede, potentielt økonomiske interessante makroskopiske organismer; men som følge af deres levested er de svære at fiske/høste på en økologisk og økonomisk bæredygtig måde.

For de arter, der har kommerciel interesse, anbefales det at undersøge, om det kan lade sig gøre at dyrke eller opdrætte dem på rentabel vis i akvakultur i Danmark. Dette vil kræve omfattende indsigt i de pågældende arters biologi, dyrkningsmetoder/teknologi samt de forventede afsætningsmuligheder.

Grønalger til miljøvenlige batterier

I efteråret 2009 offentliggjorde svenske forskere fra Uppsala Universitet, at de har fundet anvendelse for grønalgen *Cladophora glomerata* ("vandhår") i miljøvenlige batterier.

Cladophora, der også findes i Danmark, lever både i ferskvand og i havområder med lav salinitet. Om sommeren kan algen forekomme i meget store mængder, specielt hvor der er megen næring samt en vis omrøring i vandet.

De svenske forskere har påvist, at den specielle nanostruktur, som cellulosen i *Cladophora* har, medfører en meget stor overflade, der kan anvendes i batterier. Ved at påføre cellulosen et tyndt lag af en ledende polymer, kan man skabe et batteri, der stort set ingenting vejer, samtidig med at det "har en verdensrekord i ladningskapacitet og opladningstid for polymer-cellulosebaserede batterier" (citater Gustav Nyström, førsteforfatter på artiklen).

Opdagelsen åbner for nye muligheder for en stor skala produktion af miljøvenlige, lette og kosteffektive energilagringssystemer.

Resultaterne er opnået ved et samarbejde mellem kemikere, cellulosefarmaceuter, batterikemikere og nano-teknologer.

Ved Uppsala Universitet har man også arbejdet med udnyttelse af nanostrukturen i cellulose hos *Cladophora* som fortykningsmiddel i lægemidler og visse levnedsmidler.



Figur 7-4: *Cladophora* (foto: Uppsala Universitet)

Uudnyttede pelagiske arter i danske farvande


Antallet af uudnyttede makroskopiske arter, der findes i de frie vandmasser (dvs. pelagiske) i så store mængder, at det kan lade sig gøre at gennemføre et selektivt og økologisk bæredygtigt fiskeri beregnet for direkte konsum, er ganske lille. Og skal det også være et økonomisk bæredygtigt fiskeri, må det betegnes som ikke-eksisterende, da det i modsat fald må antages at være igangsat.

For at få igangsat et nyt fiskeri, hvor der er tale om arter, der ikke er til direkte konsum eller industri-fiskeri, skal det først identificeres hvilke arter, der er til stede i et vist omfang og kan fiskes selektivt. Derefter skal der gennemføres en opklaring af, hvilke stoffer og strukturer der indgår i de pågældende arter. Når denne viden er etableret, vil det være muligt at afklare de økonomiske aspekter. Eksempler på pelagiske arter, der forekommer i tonnagemæssigt store mængder i danske farvande: Vandmand (farvandene udenfor Østersøen), blågrønalger (i Østersøen).

Sammenfatning vedr. tema: Udnyttelse af havets biomasse

Havets biomasse indeholder en række ressourcer, der kan udnyttes mere eller mindre direkte på en bæredygtig måde. Fiskefangsterne inkl. bifangster bør landes i en sådan kvalitet, at de i øget omfang kan anvendes til konsum. Dette kan enten være direkte eller efter en bioteknologisk forarbejdning til ernæringsmæssigt og økonomisk værdifulde fødevarer ingredienser. Den øgede og fornyede produktudnyttelse vil også kunne øge fiskeriets indtjening.

Nye arter i fiskeriet kan være de nye (invasive) arter, der breder sig med stor hast i det danske havmiljø. Ligeledes lader der til at være nye muligheder i udnyttelse af de makroalger, der i perioder optræder i store forekomster.



Danmark med omgivende havområder set fra EU's vejr-satellit EUMETSAT (copyright 2010, EUMETSAT)

7.2.2 Dyrkning af råvarer i havet

Megen dyrkning af råvarer i havet vil umiddelbart være lavteknologisk i sin tilgang: der er plads på/i havet; der bruges ikke af ferskvandsressourcerne; næringsalte findes allerede i et vist omfang og slutprodukterne skal ikke transporteres over store afstande. Men de bagvedliggende teknologier kan være ganske avancerede.

Molekylær akvakultur er et begreb, der kan tages i anvendelse når molekylære bioteknologier benyttes i forbindelse med avlsarbejde, udvikling af nye fodertyper samt forebyggelse og behandling af sygdomme m.v. Desuden kan bioteknologien benyttes i forståelse af de genetiske konsekvenser undslupne akvakulturarter eventuelt kan påføre de vilde arter. Begrebet "molekylær akvakultur" er introduceret af den fælleseuropæiske arbejdsgruppe der har været nedsat for at se på mulighederne for en integreret indsats for marin bioteknologi, se Kapitel 8.

Mulige nye arter i marin akvakultur

Kandidater til nye arter i saltvandsbaseret akvakultur i Danmark skal findes blandt arter, der kan betegnes som "oprindelige" eller nye, invasive arter, der med al sandsynlighed er kommet for at blive.



En anden måde at kombinere akvakultur og udnyttelse af havets ressourcer vil være klækning og opdræt af yngel af økonomisk interessante og naturligt forekommende arter. Ynglen kan så efterfølgende udsættes til videre selvstændig opvækst i naturen, hvorfra de senere kan indgå såvel i det rekreative som i det kommercielle fiskeri. Finansiering af udsætningsprogrammerne kunne ske ved en landingsafgift.

Denne type af opdræt/udsætning har gennem en årrække fungeret for laksefisken helt (*Coregonus lavaretus*) i Ringkøbing Fjord og Sdr. Nissum Fjord. For hver fanget og solgt kg helt går der 1 krone til et klækkeri, der stryger moderfisk, og derefter opbevarer æggene til de klækkes. Den spæde yngel udsættes derefter i løbet af foråret og forsommeren.

En tilsvarende ordning med forskellige fladfisk har derimod vist sig ikke at være økonomisk bæredygtig. Til gengæld har man i ferskvand haft stor succes med udsætninger af ørreder og laks finansieret af midler fra den lovpligtige fisketegnordning samt lokale lystfiskeorganisationer. På Bornholm har man også haft succes med klækning og udsætning af lakseyngel i Østersøen, hvor de store laks efterfølgende er fanget af erhvervsfolkere samt ved trollingfiskeri. Disse typer af fritidsfiskeri har en stor afledt omsætning i form af udstyr og turisme m.v., der alt i alt medfører en meget høj værdi pr. kg landet fisk.

Nedenfor er angivet eksempler på **nye produktioner** (i Danmark) af naturligt forekommende og invasive arter til direkte konsum:

Lineproduktion:

De mest oplagte emner vil være: sukkertang, blæretang, savtang, buletang/grisetang, søl/dulse, purpurhinde (nori-tang), carrageentang og gracilaria. Søsalat eksperimenteres der p.t. en del med i Danmark, men arten egner sig ikke til linedyrkning.

Ophængt i kurve/bakkesystemer:

Hjertemusling, amerikansk knivmusling og tæppemusling, europæisk østers og lokale arter af kammuslinger. Stillehavsøsters vil også være en oplagt mulighed, men det bør nøje overvejes, om man skal fremme produktionen heraf. For nogle af de nævnte arter vil det være nødvendigt at udvikle nye kurve/bakkesystemer, da de pågældende muslinger ikke kan trives i de systemer, der findes i dag.

Opdræt i havbrug:

Multe.

Yngelopdræt, udsætning og genfangst i havet:

Hummer (Limfjorden) og laks (Østersøen) (selvom laks ikke er helt ny i denne sammenhæng).

Fælles for de nævnte arter er, at de enten udnytter næringsstoffer og/eller fødeemner, der allerede er i havet; eller at de kun i meget begrænset omfang skal have tilført foder baseret på marine råvarer. Det sidste er tilfældet for yngelstadierne af hummer og laks, mens multen er meget vegetabilsk orienteret i sit fødevalg.

I forbindelse med den marine akvakultur skal man være opmærksom på den potentielle risiko, som giftige planktonalger udgør. Disse alger er et problem for fiskene i havbrugene; næsten hvert år forekommer der dødsfald forårsaget af alger blandt havbrugsfiskene. For muslingerne betyder ophobninger af de giftige stoffer, at muslingerne periodevis ikke må sælges til konsum. Udfordringen i relation til algerne kan for fiskenes vedkommende være udvikling af vacciner, der beskytter mod giftstofferne. For muslingerne er det ikke realistisk at vaccinere, men der kan udvikles bedre metoder til analyse og påvisning af giftstofferne, hvoraf mange stadig er kemisk ukendte. Ligeledes bør man for muslingerne se på, om der kan udvikles bedre afgiftningssystemer.

Figur 7-5 : Blæretang
(foto: Danisco)



Sammenfatning vedr. tema: Dyrkning af råvarer i havet

Opdræt og dyrkning i marin akvakultur i Danmark kan umiddelbart virke simpelt og let tilgængeligt. Men ofte ligger der et stort bioteknologisk arbejde forud for introduktion af nye arter i akvakultur. Ligeledes vil avlsarbejde og beskyttelse mod sygdomme benytte sig af det, der kan kaldes for molekylær akvakultur. Ved marin akvakultur kan der dels produceres yngel til udsætning og dels arter, der forbliver i opdræt i hele produktionsperioden. Oplagte kandidater til nye produktioner i Danmark vil være makroalger/tang og forskellige muslinger. Ved opdræt af muslinger og østers må man imidlertid være meget opmærksom på risikoen fra giftige planktonalger.

7.2.3 Sundhedsfremmende kost

Markedet for ingredienser til sundhedsfremmende kost er meget stort og hastigt stigende på verdensplan. Dansk Industri har i marts 2010 præsenteret en analyse, der viser, at verdensmarkedet på dette område vil stige fra ca. 74 mia. USD i 2008 til ca. 95 mia. USD i 2013. Markedet for sundhedsfremmende fødevarer er i perioden 2003-2008 vokset med gennemsnitligt 6 % pr. år i Europa, mens væksten i USA i samme periode var 9 % årligt.

Danmark har nogle af verdens førende ingrediensvirksomheder. Det er derfor oplagt at udforske og udnytte de muligheder der findes i stort omfang blandt havets organismer. Sunde fedtsyrer, bioaktive peptider og mikronæringsstoffer kan med fordel indgå direkte eller indirekte i den fremtidige kostsammensætning.

Det er velkendt, at det er sundt at spise fisk og andre produkter fra havet. Effekten ses tydeligst i forhold til hjerte-kar-sygdomme. Eksempelvis reduceres kvinders risiko for at dø af en hjerte-kar-sygdom ca. 30 %, blot de spiser fisk af marin oprindelse en gang pr. uge. Der er ligeledes en tydelig sammenhæng mellem indtaget af fisk og forekomsten af kroniske betændelses- og immunsygdomme. Adskillige undersøgelser viser også, at børn har en væsentligt nedsat risiko for astma og allergi, hvis deres mor under graviditeten har spist marine fisk.

Spisning af fede marine fisk har andre positive effekter: Demens udvikles langsommere, udviklingen af leddegigt hæmmes, kvinder får færre fødselsdepressioner, og hjernens udvikling fremmes hos børn, hvis mødre har spist fisk under graviditeten.

Mange af de ovennævnte positive effekter kan tilskrives de **langkædede flerumættede fedtsyrer**, der er essentielle for den menneskelige organisme. Fedtsyrerne dannes som bekendt ikke af fiskene selv, men er via fødekæden kommet primært fra mikroalgerne.

Da bestandene af de nuværende konsumfiskearter i vidt omfang er en begrænset ressource, er det derfor af stigende betydning, at se på de uudnyttede fiskearter, der typisk befinder sig længere nede i fødekæden. Parallelt hermed bør man interessere sig for hvilke alger der kan "levere" de forskellige fedtsyrer, der kan sammensættes i det ønskede forhold i kosten. I Kapitel 4.1.3.1 er omtalt flere kommercielle produkter med indhold af omega 3-fedtsyren DHA, der er syntetiseret af forskellige mikroalger. Derimod mangler der, som nævnt, indtil videre eksempler på tilsvarende mikro- og makroalger, der kan dyrkes kommercielt, for at få andre af de ønskede fedtsyrer.

De fedtsyrer, der genereres på denne måde kan så efterfølgende tilsættes direkte i forskellige fødevarer, eller fedtsyrerne kan tilføres indirekte via fisk i akvakultur.

Det er vigtigt at få indsigt i, hvorfra de forskellige fedtsyrer til den sunde ernæring kan skaffes, men lige så vigtigt er det at få forståelse for hvornår og hvordan de optimalt kan indgå i kosten. Eksempelvis tyder nyere forskning på, at en samtidig indtagelse af kulhydrater og de langkædede, flerumættede fedtsyrer har en negativ indvirkning på kroppens energiomsætning.

Der er international stigende dokumentation for at fisk indeholder store mæng-

der **bioaktive peptider**, der kan have en potentiel helbredsfræmmende effekt hos mennesker og dyr i relation til f.eks. immunsystem, blodtryk, cancer, fedme, diabetes og bakteriedræbende aktivitet. Marine bioaktive peptider har potentiel anvendelse i helsekost produkter, funktionelle fødevarer, samt specialfoder til især kæledyr. Peptiderne findes enten som naturligt forekommende, eller de kan frembringes ved nedbrydning af fiskeprotein.

En række nordiske forskningsprojekter har vist, at fiske-proteinhydrolysater kan virke antioxidative og antibakterielle samt have en gavnlig virkning med hensyn til fedme, forhøjet blodtryk og diabetes. Der mangler dog stadig megen viden om, hvilke specifikke peptider der er aktive, og hvordan den molekylære mekanisme for bioaktivitet fungerer. Marine hydrolysater indeholdende bioaktive peptider kan bl.a. udvindes fra biprodukter (indvolde, skrog, skind, hoveder og buglapper), der ikke anvendes til konsum. Hermed vil det være muligt at tilføre yderligere værdi til den samlede fiskeråvare.

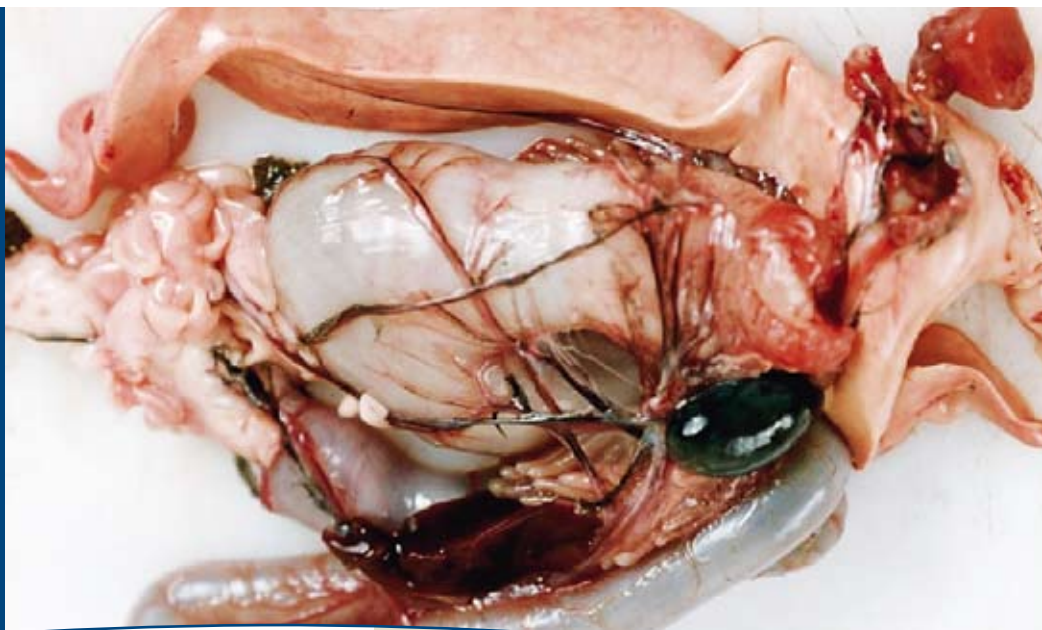
Glucosamin, der påstås at virke mod ledsmerter, kan udvindes bl.a. af reje- og krabbeskaller. I USA er der markedsført en appelsinjuice, så man ved indtag af et glas juice får ca. 750 mg glucosamin. Ligeledes i USA arbejdes der på at markedsføre mælk med tilsat glucosamin. Den europæiske fødevarer sikkerheds autoritet EFSA (*European Food Safety Authority*) har til gengæld i efteråret 2009 afvist, at man i EU kan markedsføre glucosamin med den anførte virkning.

Det er svært i Europa at få godkendt sundhedsfræmmende elementer, der kan indgå i kosten. En væsentlig årsag hertil er, at elementernes effekter undersøges enkeltvis. Dette besværliggør dokumentationen, fordi der kan forekomme synergier eller antagonisme mellem de forskellige komponenter når de indgår i en fødevarer.



Figur 7-6: Dansk dyrket sukkertang (foto: Susan Holdt)

Figur: 7-7: Fra fiskeindvolde (her fra en torsk) kan udvindes mange forskellige bioaktive stoffer (foto: Torger Børresen)



Makroalger – tang – er i vores del af verden en stort set uudnyttet ressource som leverandør af mange ernæringsmæssigt vigtige stoffer. Tang er således rig på mineraler, vigtige sporstoffer og vitaminer samt bioaktive stoffer. Nyere forskning tyder endvidere på, at visse makroalger også indeholder stoffer med antioxidative effekter, som kan udnyttes i fødevarerindustrien, og som måske også har en sundhedsgavnlig effekt. Tilsvarende har anden forskning vist, at visse tangsorter kan have en positiv effekt som blodtrykssænkende og stofskifteregulerende.

Det kan dog også forekomme at nogle af disse mange stoffer findes i så store koncentrationer, at det kan være skadeligt for mennesker at indtage i større mængder. Det er derfor vigtigt at have et indgående kendskab til sammensætningen af de alger, der skal konsumeres. Men når der tages højde herfor så kan makroalger i fremtiden være et væsentligt bidrag til en sundhedsfremmende kost.

Adskillige arter af tang kan spises direkte. I den vestlige verden er det blevet populært at spise sushi, men bortset herfra viger mange vesterlændinge tilbage fra at spise tang. Det vil derfor være relevant at inkorporere tangprodukter som andet end hydrokolloider i mange andre fødevarer.

Sammenfatning vedr. tema: Sundhedsfremmende kost

Det er velkendt, at det er sundt at spise fisk, og mange danskere er også klar over, at de umættede fedtsyrer, der findes i marine fisk, har en generel sundhedsfremmende effekt.

Der er imidlertid mange andre sunde og beskyttende stoffer, som f.eks. bioaktive peptider, i fisk og skaldyr. Det er derfor ikke nok at spise kapsler med fiskeolie, for så mangler de andre sundhedsfremmende stoffer.

Tang må formodes fremover at udgøre en stigende andel af kosten. Tang indeholder en mængde ernæringsmæssigt vigtige stoffer.

7.2.4 Opdagelse af nye stoffer, materialer og biologiske aktiviteter

Den meget store variation blandt havets organismer samt mange ekstreme levesteder gør, at der er gode chancer for at gøre nye spændende og kommercielt interessante opdagelser. Arbejdet med denne bioprospektering kan foregå såvel i det danske havområde som i det åbne hav.

Med sin placering mellem det salte Nordsø-vand (salinitet 34-35 ‰) og den meget lidt salte Østersø (salinitet 6-8 ‰ i overfladelagene) udgør de indre danske farvande et af verdens største **brakvandsområder**. Dette forhold medfører biologiske nicher og fysiologiske udfordringer, der ikke findes så udbredt andre steder.

Af særlig interesse i det danske havområde kunne være de organismer, der kan tolerere de fysiologiske udfordringer, der findes i **springlagene**, der er vandlag med hurtige skift i salinitet og temperatur.

Boblerev: Områder, der også kan indeholde organismer og biologiske principper af særlig interesse, kunne være de såkaldte "boblerev". Det er undersøiske sandstensformationer, hvor der fra havbunden sker en gasudsvivning i form af bobler bestående primært af metan (mere end 98 %) samt kuldioxid og svovlbrinte. Metanen dannes ved en iltfri bakteriel omsætning af organiske aflejringer 100-150 meter nede i havbunden.

Foruden de specielle bakterier nede i sandstensformationerne er der på boblerevenes overflade en meget stor artsrigdom blandt dyr og alger.

Boblerevene findes i Danmark ud for Hirtshals (Store Rev), i det nordlige Kattegat (primært ved Læsø og Hirsholmene) og så langt mod sydøst som til St. Middelgrund 50 km nord for Gilleleje. Boblerev er indtil videre ikke fundet andre steder i Europa. I den Mexicanske Golf er der også fundet boblerev, men med en mindre biologisk mangfoldighed end det er tilfældet i Kattegat.

Grønland bør som følge af sin specielle natur også nævnes i denne sammenhæng. I og omkring Grønland findes en række ekstreme miljøer, hvori der lever organismer (ekstremofiler). Af disse kan nævnes kolde kilder, indlandsis, varme kilder (60° C.), saltsøer, samt både sure og basiske miljøer.

I denne rapport, der koncentrerer sig om det marine miljø og udnyttelse af mulighederne heri, er det interessante især

havets ekstremofiler: de psykofile ("kuldeelskende") og de alkalifile ("base-elskende") organismer. Hvor de psykofile findes generelt i havet omkring Grønland, så findes de alkalifile ikke mange steder. I den Sydgrønlandske Ikkafjord findes de meget specielle "Ikkasøjler", der indvendig har vand med pH 10,5 og en temperatur på 2°C. I Ikkasøjlerne findes en mængde mikroorganismer, og omkring en tredjedel heraf er ikke fundet andre steder på jorden.

Det anbefales, at der oprettes en Biobank. Denne kan etableres ved, at en eller flere forskningsgrupper sættes sammen for, ud fra det eksisterende kendskab til det danske havmiljø, at komme med bud på, hvor det vil være interessant at indsamle biologiske prøver. I det omfang, hvor indsamlingerne skal foretages fra et (forsknings)skib, vil det være omkostningstungt, hvilket er et yderligere argument for en fælles tilgang til opgaven. I denne sammenhæng vil det nydannede Dansk Center for Havforskning⁹ kunne spille en central rolle i koordinationen.

Fra Ikkasøjle til mælkekarton

Mange mennesker især i Asien og Afrika kan ikke tåle mælk som følge af det sukkerstof, laktose, der findes i mælken. Laktose kan omdannes med enzymet laktase, hvilket normalt sker ved stuetemperatur. Men mælk, der er behandlet ved stuetemperatur, smager ikke godt. To forskere fra Københavns Universitet (Peter Stougaard og Mariane Schmidt) har fra bakterier i Ikkasøjlerne isoleret og patenteret et enzym, der kan omdanne laktose ved lave temperaturer. Resultatet er, at mælken kan behandles ved køleskabstemperatur og dermed bevare sin gode smag.

(Uddrag af artikel skrevet af Uffe Wilken i "Polarfronten" 2-2009, p. 16)

www.polarfocus.dk

⁹Dansk Center for Havforskning (DCH): www.danskhavforskning.net



Figur: 7-8 Ikkasøjler, Ikkafjorden, Grønland
(foto: Waterzymes / Richard Martin)

Indsamlingerne kan have to forskellige indgangsvinkler:

- ressourcerne – hvad findes hvor, og hvad kan det anvendes til?
- formålet – hvor er der sandsynlighed for at finde organismer og/eller biologiske principper, der kan opfylde et specifikt formål?

I det omfang, der ikke påhviler indsamlingerne særlige restriktioner, bør det indsamlede materiale indgå i en fælles dansk biobank.

I kombination med biobanken bør der etableres en enhed for bioinformatik, hvor alle frit tilgængelige informationer om de pågældende arter samles. Dette gælder ikke mindst i relation til DNA-sekventeringer. Som supplement til ovenstående kan det tilføjes, at der på Københavns Universitet befinder sig en omfattende alge-samling - *The Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa*¹⁰ - der især indeholder marine mikroalger samt nogle makroalger. Langt de fleste af samlingens arter er tilgængelige for offentligheden.

¹⁰The Scandinavian Culture Collection of Algae and Protozoa (SCCAP): www.sccap.dk

Sammenfatning vedr. tema: Opdagelse af nye stoffer, materialer og biologiske aktiviteter.

Den meget store variation blandt havets organismer samt mange ekstreme levesteder gør, at der er gode chancer for at gøre nye spændende og kommercielt interessante opdagelser. Arbejdet med denne bioprospektering kan foregå såvel i det danske havområde som i det åbne hav.

I det danske havområde findes bl.a. arter, der kan leve under varierende saltforhold. Ligeledes er der på og i de meget specielle "Boblerev" organismer, der kan trives under ekstreme forhold. Grønland byder også på mange områder med ekstreme livsbetingelser, hvor organismene må formodes at indeholde specielle stoffer.

De indsamlede biologiske prøver bør samles i en central biobank. Alle tilgængelige informationer om de indsamlede prøver bør indrapporteres og opbevares i et centralt bioinformatik-register.

7.2.5 Ekstraktion af værdifulde biokemiske stoffer

Emnet ekstraktion af værdifulde biokemiske stoffer ligger i naturlig forlængelse af emnet "Opdagelse af nye stoffer, materialer og biologiske aktiviteter" (Kapitel 7.2.4)

Mikrostoffer med særlige egenskaber kan indgå i medicinske produkter, kosmetik og specielle fødevarer. Mikrostofferne er typisk sammensat af kemiske strukturer, der kan have en kompleks molekylestruktur.

Når stoffet er identificeret og ekstraheret vil det være en aktiv ingrediens, der med et bestemt formål skal indgå i et farmaceutisk eller kosmetisk produkt – eller funktionsnelt i anden bioteknologisk forskning og udvikling. Der er således tale om produktioner, der har et lille volumen men en høj værdi.

Eksempler på mikrostoffer der kan udvindes af havets ressourcer er:

- Pigmenter
- Antioxidanter
- Fluorescerende proteiner til bioteknologisk anvendelse (markøraktiviteter)

Det såkaldte Grønne Fluorescerende Protein (GFP) blev først isoleret fra en vandmand (*Aequora victoria*), men er siden fundet i andre marine organismer som f.eks. koral og søanemoner. De fluorescerende proteiner "splej ses" sammen med de proteiner, man vil undersøge og evt. følge rundt i organismen. Denne anvendelse af GFP lykkedes første gang i 1994 og er sidenhen kommercialiseret og anvendes nu indenfor cellebiologi, planfysiologi, lægemiddeludvikling, patientdiagnostik og produktion af industrielle proteiner.

Opdagelsen og udvikling af det såkaldte Grønne Fluorescerende Protein (GFP) førte i 2008 til en Nobelpris i kemi.

Antirynekecreme fra en blød koral

I en gorgonie (blød koral) der vokser ved Florida og Bahamas har man fundet nogle stoffer (pseudopterosiner), der bl.a. virker sårhelende og mindsker hudirritationer.

Et af disse stoffer – pseudopterosin E – har fundet anvendelse i kosmetikindustrien. I hudcremen Resilience fra Estée Lauder angives pseudopterosin som ingrediens mod rynker.

Muligheden for at anvende pseudopterosin på denne måde blev opdaget af forskere ved University of California. Dette har efterfølgende i en årrække medført udbetaling af royaltys til universitetet – for 10 år siden ca. 5 mio. kr/år.



Sammenfatning vedr. tema: Ekstraktion af værdifulde biokemiske stoffer

De værdifulde biokemiske stoffer er typisk sammensat af veldefinerede kemiske strukturer. Når disse stoffer er identificeret og ekstraheret vil man ofte have aktive stoffer med høj værdi pr. vægtenhed, der i forskellige sammenhænge kan indgå i fremstilling af højværdiprodukter.

7.2.6 Biofilm – fra skibe over fødevarerindustrien til menneskets indre

Biofilm er et udtryk for en begroning og afsætning af stofs-kifteprodukter, der er en naturlig adfærd og levemåde for en række organismer, og som findes overalt i naturen og i mange større organismers indre. Biofilm kan imidlertid også være et problem set i relation til mennesker, da begroningen kan have uønskede økonomiske og/eller sundhedsmæssige konsekvenser, specielt i form af en lang række kroniske infektioner.

Konstruktioner på og i havet

På og i havet kan biofilmen (ofte benyttes det engelske udtryk "*fouling*" om den uønskede biofilm/begroning) medføre sikkerhedsmæssige og økonomiske problemer for menneskeskabte konstruktioner – skibe, borepladformer, rørledninger, broer m.v.

Generelt fremmer biofilm en korrosion af konstruktionerne. For skibene medfører begroningen endvidere et væsentligt forøget brændstofforbrug, ligesom skibene uforvarende i/med biofilmen kan transportere organismer fra et område til et andet, hvor disse nye arter evt. kan etablere sig og blive til invasive arter.

For at modvirke biofilmen har man gennem tiden benyttet sig af en række forskellige tiltag (*antifouling*), hvor de mest udbredte har været fysisk fjernelse (afskrabning og spuling) og giftige malinger. Malingerne indeholdt tidligere det giftige stof tributyltin (TBT), men det viste sig at være alt for effektivt (= giftigt), da det i selv meget små koncentrationer medfører en række uønskede konsekvenser for havmiljøet. I Danmark har det siden 1991 været forbudt at benytte TBT på lystfartøjer, og siden 2008 har det været forbudt at benytte TBT på kommercielle skibe under EU-flag.

I mange bundmalinger blev TBT afløst af kobberoxid, der i havvand kan holde sig aktivt (giftigt) i lang tid og dermed ophobes i organismernes. Kobbermaling er derfor også ved at blive udfaset. Der arbejdes i stedet på dels at finde frem til nye superglatte overflader og dels at finde stoffer, der er giftige, men som også omdannes/nedbrydes hurtigt, så de ikke akkumuleres i miljøet.

Enzymer er generelt let nedbrydelige proteiner. De rette enzymer kan derfor tilføres malingen og beskytte overfladen mod begroning ved at nedbryde de biomolekyler bakterier, alger og dyr bruger til at hæfte sig fast. Alternativt kan enzymerne katalysere en proces, hvor kortlivede giftstoffer dannes. Forskere fra Hempel A/S, DTU Kemi, Danisco A/S og Aarhus Universitet har for nylig publiceret et review af enzym-baserede antifouling malinger/belægninger¹². Det konkluderes, at på trods af, at de første patenter på enzym-baseret antifouling blev udtaget i begyndelsen af 1980'erne, så er der endnu ikke et kommercielt produkt på markedet.

Kædeproces til fremstilling af brintoverilte til beskyttelse af skibsbunde.

Forskere fra Danisco A/S, Aarhus Universitet, Hempel A/S og DTU Kemi har præsenteret et eksempel på ideerne bag en enzymbaseret antifouling-maling, hvor det giftige stof er brintoverilte (H₂O₂, hydrogenperoxid). Brintoverilte har en kraftig hæmmende effekt på mange små organismer, og samtidig omdannes brintoverilten hurtigt til ilt og vand.

Nogle af de enzymer, der kan deltage i dannelsen af brintoverilte, findes bl.a. i visse makroalger, der på denne måde beskyttes mod begroning. Et af disse enzymer er hexose oxidase, der ved tilstedeværelsen af ilt kan omdanne glukose og i denne proces samtidig danne brintoverilte. Både enzymet og glukosen skal være i eller dannes i malingen. Da glukosen er vandopløselig, kan den imidlertid ikke findes direkte i malingen, men må blive dannet på stedet/undervejs. Dertil anvendes et andet enzym, amyloglucosidase (AMG), der kan spalte stivelse til glukose. Skibsmaalingen skal derfor indeholde AMG, hvilket giver visse udfordringer: enzymet skal være stabilt i et organisk opløsningsmiddel, robust i overflademalingens overfladelag, have en kontrolleret aktivitet når det frigøres. Når enzymet ikke længere er aktivt, skal nyt enzym frigøres fra underliggende lag i malingen, hvilket kan ske ved friktion, når skibet sejler.

(Reference: Kristensen, J. B., Olsen, S. M., Laursen, B. S., Kragh, K. M., Poulsen, C. H., Besenbacher, F. and Meyer, R. L. (2009) 'Enzymatic generation of hydrogen peroxide shows promising antifouling effect', *Biofouling*, 26:2, 141 — 153)

¹² Olsen, S. M., Pedersen, L. T., Laursen, M. H., Kiil, S. and Dam-Johansen, K. (2007) 'Enzyme-based antifouling coat-ings: a review', *Biofouling*, 23: 5, 369 — 383, publiceret 1. oktober 2007

Opgaven med at finde et eller flere produkter, der uden væsentlige bivirkninger kan modvirke biofilmens negative effekter er ikke løst. Der er et stort behov, for at opbygge viden omkring mekanismen(er) for biokorrosion og de mikroorganismer, som er involveret i processen. Da problemet er af biologisk oprindelse er det ikke urealistisk at forvente, at løsningen kan findes blandt havets ressourcer. De økonomiske gevinster ved miljøneutrale løsningsmodeller er betragtelige.

Biofilm i fødevarerindustrien

En meget stor del af biofilmen på konstruktioner i havet starter som en bakteriel belægning; det samme er tilfældet for maskiner i fødevarerindustrien. Det begynder ofte med, at nogle proteiner klæber sig på overfladen, og umiddelbart efter sætter de første bakterier sig på proteinerne, der benyttes som fundament. Herefter begynder bakterierne at udskille kulhydrater i form af forskellige typer biopolymerer, og danner dermed en matrix – et slimlag - der udgør biofilmens struktur. Denne matrix fastholder bakterierne, og beskytter dem samtidig mod udefra kommende fysiske påvirkninger og antibakterielle stoffer.

Biofilmen er således et hygiejneproblem, der påfører fødevarerindustrien store omkostninger, da sygdomsfremkaldende bakterier ofte kan trives i

biofilm. Ligeledes kan løsreven biofilm give tekniske problemer med tilstoppede rørsystemer, filtre og eventuelt nedbrud af procesudstyr.

For at opretholde hygiejnen, er det derfor i mange levnedsmiddelvirksomheder ofte nødvendigt at stoppe produktionsprocesser for at gøre rent. Alternativet er risikoen for dyre ikke-planlagte produktionsstop og/eller kontaminerede fødevarer. En fødevarer-skandale kan i værste fald medføre fatale sygdomme og efterfølgende lukning af virksomheden. I Danmark er flere tilfælde af *Salmonella*-udbrud sporet tilbage til manglende hygiejne i fødevarerindustrien. I Canada mistede mindst 18 personer livet i 2008 på grund af *Listeria*-bakterier, der blev sporet tilbage til to maskiner, der udskar kødpålæg.

Da bakterier ikke reagerer ens på forskellige overflader kan problemerne med biofilmen angribes på to fronter: dels ved at arbejde med overfladen, som bakterierne sætter sig på, og dels ved at finde specifikke antibakterielle midler, der ikke samtidig har negative konsekvenser for fødevarer-kvaliteten. De antibakterielle midler kan enten afgives ved en diffusion ud gennem overfladen eller, de kan sidde fikseret i materialeoverfladen.

Opgaven med at afhjælpe problemerne med biofilmdannelsen i fødevarerindustrien har i mange år været meget tværinstitutionel i sin tilgang, hvor både traditionelle forsknings-

institutioner og GTS institutter har været meget aktive i samarbejdet med industrien.

Da mange af udfordringerne i forbindelse med biofilm er meget identiske for den marine industri og for fødevarerindustrien, vil det være oplagt at undersøge mulighederne for synergier i problemtilgangen.

Biofilm i mennesker

I hospitalsverdenen støder man også på generende biofilm. Det er f.eks. et problem med bakterielle belægninger på alle typer medicinsk udstyr og proteser, herunder de plastikslanger, der anvendes til katetre og dræn samt ved intravenøse behandlinger.

Problemerne med medicinske biofilm er meget lig med de problemer, der opleves i fødevarerindustrien. Megen af den forskning og udvikling der skal ske for at imødegå problemerne vil derfor også være identisk.

Det er imidlertid ikke alene i de slanger m.v. der stikkes ind i kroppen, at der kan være problemer med biofilm. Også menneskets egne slanger – blodkarrene – kan have bakterielle begretningsproblemer.

Det er velkendt at der er sammenhæng mellem dårlig tandhygiejne og arterieforsnævring. Tilsvarende er bakterier mistænkt for at medvirke til biofilmdannelse i blodårerne.

Disse belægningsarter der af og til også kaldes for "plaque" eller plak er både besværlige og farlige. At de betegnes som besværlige skyldes, at en antibakteriel medicin ikke så let kan trænge igennem den biofilm, der beskytter bakterierne. Det farlige ved belægningsarterne er, at de efter at have vokset sig store, pludselig ikke kan holde sig fast til underlaget. Bakteriefilmen løsnes og transporteres rundt i blodbanen hvor de kan medføre blodpropper.

Nyere undersøgelser tyder på, at fiskeolie kan medføre, at belægningsarterne løsnes på et tidligere stadium, hvor de ikke er så store, og som følge heraf ikke så let fører til blodpropper.

Som det fremgår af ovenstående, er der mange ligheder blandt de problemer og udfordringer, som biofilm medfører – uanset hvor belægningsarterne opstår. Det er derfor sandsynligt, at en tværgående forsknings- og udviklingsindsats, bl.a. med inddragelse af havets ressourcer, kan medføre væsentlige, positive synergier.

Sammenfatning vedr. tema: Biofilm – fra skibe over fødevarerindustrien til menneskets indre.

Bakteriel begroning og afsætning af stofskefteprodukter medfører en række uønskede effekter. På skibe vil begroningen foruden bakterier hurtigt bestå af alger, rurer og muslinger, der kan danne mikrosamfund hvor også andre organismer kan trives. Resultatet er en korrosion af overfladen, øget brændstofforbrug og risiko for spredning af uønskede arter. For at modvirke begroning har man hidtil benyttet giftige malinge, men problemet er, at disse malinge også er giftige for andre arter, samt at giftene forbliver længe i miljøet. Det vil derfor være af stor økonomisk betydning, at der udvikles artsspecifikke beskyttelsesprodukter, der samtidig hurtigt mister deres giftvirkning i miljøet.

I fødevarerindustrien medfører biofilm i maskiner og rør et hygiejneproblem. Biofilmen beskytter bakterierne mod rengøring i form af fysisk påvirkning og antibakterielle stoffer. Ligeledes kan løseven biofilm tilstoppe filtre og dysere m.v. og dermed give tekniske problemer. Da problemerne på mange områder minder om forholdene i den marine industri vil der muligvis være synergier i problemløsningen.

Biofilm er også et problem i hospitalsverdenen, hvor de bakterielle belægningsarter kan sætte sig på alle typer medicinsk udstyr og proteser. Biofilm i slanger til intravenøs behandling er på mange måder identisk med den biofilm, der findes i levnedsmiddelindustriens slanger.

Også i blodkar findes biofilm, der kan beskytte bakterier samt evt. løsnes og medføre blodpropper.

Det er derfor af stor samfundsmæssig interesse, at kortlægge de mekanismer, der fører til dannelse af biofilm, for dermed at udvikle metoder og produkter, der kan forhindre biofilmdannelse.

7.3 Den nødvendige infrastruktur og anvendelse af evt. bevillinger

Som nævnt ovenfor i Kapitel 7.2.4 så er det omkostningstungt at finansiere skibstid til indsamlinger på havet. Det er derfor positivt, at der nu er etableret et Dansk Center for Havforskning, der kan koordinere udnyttelsen af de dage, hvor havforskningsskibene er på togt.

Det har i forbindelse med udarbejdelsen af denne vidensyntese, og herunder interviewrunden blandt danske forskere, vist sig, at der er et generelt ønske om oprettelse af fælles danske forsknings-servicecentre udstyret med større infrastrukturelle enheder.

Dette er en erkendelse af, at Danmark er et lille land med begrænsede ressourcer, og noget af den moderne teknik opdateres så hurtigt, at man let kan komme til at købe noget dyrt udstyr, der hurtigt er forældet. Men ønsker man at være med i forskningens frontlinje, så kan man ikke afvente, at udstyret bliver billigere, og samtidig vil der konstant komme nyere versioner. Til illustration af dette, kan man tænke på udviklingen indenfor IT og/eller hastigheden af DNA-sekventering.

En anden fordel ved fælles forsknings-servicecentre er, at enhederne bliver så store og avancerede, at man vil være i stand til at ansætte højt kvalificerede medarbejdere, der kan yde forskerne en optimal service.

Det har været et gennemgående ønske blandt de interviewede forskere og virksomheder, at eventuelle bevillinger til en indsats på området "Havets uudnyttede ressourcer" primært kan anvendes på ansættelse af kvalificerede og dedikerede forskere og Ph.d.-studerende.

Indsatsen bør lægges på forskningstid, da man generelt kan forvente at komme langt med anvendelse af det udstyr, der allerede findes på forskningsinstitutionerne, suppleret med de nævnte større, fælles investeringer.

Fra erhvervs side er der udtrykt ønske om midler til opbygning af innovative alliancer mellem forskningsgrupper og erhverv.



8 anbefalinger fra en europæisk arbejdsgruppe

Som nævnt i introduktionen til denne rapport (Kapitel 3), så har EU-kommissionen sat fokus på udviklingen indenfor marin bioteknologi. Derfor har man under KBBE-Net i august 2008 nedsat en arbejdsgruppe, der skulle forsøge at kortlægge området og pege på områder, der i EU regi bør prioriteres. Arbejdsgruppen har været sammensat af repræsentanter fra Belgien, Danmark, England, Frankrig, Irland, Norge, Tyrkiet og Tyskland. I oktober 2009 har denne arbejdsgruppe fremsendt en rapport til KBBE-Net, hvori baggrund og anbefalinger til fremtidige aktioner indenfor forskning og udvikling af integreret marin bioteknologi i Europa beskrives.

Følgende er en oversættelse af arbejdsgruppens resume af fire anbefalinger: Arbejdsgruppen har udarbejdet en oversigt, der viser igangværende og planlagte aktiviteter i de respektive lande. Oversigten viste et væsentligt overlap på nogle områder og mere spredt interesse på andre områder. Der er identificeret fire konkrete områder, hvor det anses for mest sandsynligt at en koordineret EU-indsats vil give positive resultater:

- **Marin bioprospektering/biodiscovery**

Der er en fælles interesse i at udvikle alle aspekter af marin bioprospektering/biodiscovery i et samarbejde mellem forskningsverdenen og industrien. Det er et fælles ønske at fremme overgangen til "grøn" kemi, ernæring og medicinske produkter baseret på det rigt varierede liv i det marine miljø. (Det skal bemærkes, at der ved "grøn kemi" ikke forstås mindre giftige stoffer, men en kemi der er optimeret m.h.t. ressourceforbrug og langtidsbelastning på miljøet, red.)

- **Robuste og topmoderne bioteknologiske "værktøjer"**

For at opfylde ambitionerne, er det en forudsætning, at der er rådighed over robust og avanceret bioteknologisk forsknings- og udviklings-apparatur og software. Der er ligeledes behov for en infrastruktur, der er tilpasset marin bioteknologi. Dette forudsætter ligeledes, at der er et indgående kendskab til marine organismer og systemer, der kan benyttes som reference. De moderne "omics" teknikker skal tages i anvendelse i forbindelse med så forskellige emneområder som sygdomshåndtering, biodiscovery, forståelse for betydningen af klimaforandringer samt afhjælpning af miljømæssige problemer.

- **Molekylær akvakultur**

Det erkendes, at der er et behov for at etablere bæredygtige akvakulturproduktioner til fremstilling af protein og fedtstoffer uden at det samtidig medfører et pres på udnyttelse af ekstra landområder til landbrugsproduktion. For at dette kan lade sig gøre, bliver det mere og mere nødvendigt at fremme avanceret akvakultur ved at tage bioteknologien i brug bl.a. til avlsarbejde, foderudvikling og håndtering af problematikker når opdrættede akvakulturdyr undslipper og blander sig med vilde bestande af samme art. Især anvendelse af viden om arternes arvelige egenskaber ("genomics") vil være aktuel. Denne viden kan



benyttes til en bedre forståelse af vækstfysiologi og andre biologiske parametre både for de opdrættede og de vildtlevende arter.

- **Biomasse-produktion**

Endnu er produktionen af biomasse, der kan anvendes til udvinding af mikro-stoffer og bioenergi kun på et indledende stadie, men området er genstand for en overvældende interesse og investering i forskningsprojekter. Det må erkendes, at der i en europæisk sammenhæng er udfordringer og opstillede krav til en teknologisk udvikling og effektivitet, som ikke kan opfyldes ved en ukoordineret indsats. Dette gør sig gældende både indenfor produktion og udnyttelse

Opfølgning fra EU-Kommissionen

Arbejdsgruppens anbefalinger er allerede fulgt op af EU-Kommissionen i implementeringen af 7. Rammeprogram. I oplægget til arbejdsprogrammet for 2011 er der et *Coordination Action* projektudbud, med et budgetvolumen på 1 mio. €, der vil have til formål at koordinere og forberede et egentligt ERA-net inden for marin bioteknologi.

ERA-Net (forklaring)

ERA, der er en forkortelse af *European Research Area*, er en struktur etableret af EU-Kommissionen for at fremme en koordineret europæisk forskningsindsats på højt niveau. Formålet med ERA-Net-ordningen er at styrke samarbejdet og koordinationen af forskningsaktiviteter, der udføres på nationalt eller regionalt plan i EU's medlemsstater og associerede lande. Dette gøres gennem et netværk af forskningsaktiviteter på nationalt eller regionalt plan samt gensidig åbning af nationale og regionale forskningsprogrammer.

Et velfungerende ERA-Net vil bidrage til realisering af det fælles europæiske "forskningsrum" ved at forbedre sammenhæng og koordination på tværs af Europa indenfor et forskningsprogram. Ordningen gør det muligt for de nationale systemer i fællesskab at påtage sig opgaver, som de ikke er i stand til at løfte selvstændigt.

Med baggrund i nærværende vidensyntese kan det anbefales, at Danmark støtter forberedelsen af et ERA-Net.

9 Bilag

9.1 Kontaktgruppens sammensætning

Projektet er i 2009 påbegyndt af DTU Aqua repræsenteret ved forskningschef Torger Børresen (projektleder) og forskningskoordinator Henrik Jarlbæk (sekretariat). I 2010 er projektet afsluttet af de samme personer, men nu i regi af DTU Fødevarerinstitutionen. Afdelingen for Fiskeindustriell Forskning, hvor Torger Børresen er forskningschef, er pr. 1. januar 2010 flyttet fra DTU Aqua til DTU Fødevarerinstitutionen.

Til hjælp med identifikation af danske forskere og forskningsmiljøer med interesse samt kompetencer indenfor marin bioteknologi og identifikation af havets uudnyttede ressourcer i bred forstand, blev der ved projektets start nedsat en kontaktgruppe. Foruden at medvirke til identifikation af relevante forskere skulle kontaktgruppen også bistå projektledelsen med at definere afgrænsninger og en overordnet prioritering for udredningsarbejdet. I den afsluttende del af projektet var det projektledelsen og kontaktgruppens opgave i fællesskab at drøfte de opnåede resultater og identificere de perspektiver og muligheder som udredningsarbejdet havde ført frem til.

For at få en repræsentativ dækning af de danske forsknings- og udviklingsmiljøer på området blev der rettet henvendelse til de seks danske universiteter, der driver forskning indenfor dette område. Henvendelsen vedr. udpegning af personer til kontaktgruppen blev, afhængig af det pågældende universitets organisatoriske struktur, rettet til dekaner og/eller institutledere.

Tilsvarende blev relevante brancheorganisationer via formænd og/eller direktører opfordret til at deltage i kontaktgruppen. Der blev også rettet henvendelse til nogle større og mindre virksomheder med marin bioteknologisk erfaring og interesse.

Det sidste element i kontaktgruppen var Fødevarerministeriet, der var repræsenteret såvel med departementet som FødevarerErhverv.

Kontaktgruppen har gennem projektforløbet haft følgende sammensætning:

Universiteter

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

- DTU Aqua - Forskningschef Torger Børresen (projektleder)
- DTU Fødevareinstituttet – Forskningschef Jørn Smedsgaard
- DTU Systembiologi – Lektor Thomas Sicheritz-Pontén

Københavns Universitet (KU)

- Det Biovidenskabelige Fakultet (KU-LIFE)
 - Institut for Veterinær Sygdomsbiologi – Professor Kurt Buchmann
- Det Naturvidenskabelige Fakultet (KU-SCIENCE)
 - Biologisk Institut – Lektor Per Juel Hansen
 - Kemisk Institut – Lektor Carsten Christophersen

Roskilde Universitet (RUC)

- Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring – Professor Benni Winding Hansen
- Institut for Natur, Systemer og Modeller – Professor Kjeld Schaumburg

Syddansk Universitet (SDU)

- Det Naturvidenskabelige Fakultet
 - Biologisk Institut – Lektor Marianne Holmer
 - Institut for Biokemi og Molekylær Biologi – Professor Ole Nørregaard Jensen
- Det Tekniske Fakultet
 - Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi – Lektor Bent Lyager og adjunkt Xavier Fretté (substitut for Bent Lyager)

Aalborg Universitet (AAU)

- De Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakulteter – Prodekan, professor Lene Lange
 - Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi – Lektor Peter Westermann (substitut for Lene Lange)

Aarhus Universitet (AU)

- Det Naturvidenskabelige Fakultet
 - Biologisk Institut – Lektor Kjeld Ingvorsen

Erhvervsorganisationer

- **Dansk Akvakultur** - Formand Karl Iver Dahl-Madsen

Erhvervsvirksomheder

- **Danisco A/S** – Senior Manager Lisbeth Munksgaard afløst af forsker Markus Klinger
- **Danish Fish Protein** – Direktør Greta Jakobsen
- **Novozymes A/S** – Senior Department Manager Nikolaj Blom

Fødevareministeriet

- **Departementet** - Udviklingschef for fiskeri og akvakultur Mogens Schou
- **FødevareErhverv** – Kontorchef Niels Gøtke

9.2 Kort præsentation af udvalgte danske forskningsmiljøer og forskere samt innovative erhvervs-virksomheder

Som tidligere nævnt har der i forbindelse med nærværende vidensyntese været nedsat en kontaktgruppe (Bilag 9.1) sammensat af repræsentanter for universiteter, Fødevarerministeriet, brancheorganisationer og erhvervsvirksomheder.

Kontaktgruppens medlemmer har hver især præsenteret kompetencer, behov og ønsker til en marin bioteknologisk udvikling for den institution, organisation eller det firma, de kommer fra. Derudover har kontaktgruppen medvirket til at identificere de forskere og forskningsmiljøer, der efterfølgende er blevet besøgt og interviewet af Torger Børresen og Henrik Jarlbæk. Resultaterne af denne interviewrunde præsenteres nedenfor.

Det har ikke været indenfor projektets rammer at identificere, besøge og interviewe samtlige de personer, forsknings- og udviklingsmiljøer, der på en eller anden måde har eller kan have en relation til udnyttelse af havets ressourcer i Danmark. Ligeledes er der ikke gennemført en kvalitativ eller kvantitativ vurdering af de interviewedes forsknings- og udviklingsarbejde. Der er således både kompetente forskere og forskningsgrupper, der ikke er præsenteret i denne rapport, men som følge af den bredt sammensatte kontaktgruppe og det netværk, der følger heraf, så er det vores overbevisning, at billedet af de danske kompetencer er retvisende.

Nedenstående liste er anført i alfabetisk rækkefølge for de enkelte universiteter og efterfølgende GTS-institutter (Godkendte Teknologiske Serviceinstitutter), brancheorganisationer og erhvervsvirksomheder.

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

- DTU Aqua
- DTU Byg
 - Center for Arktisk Teknologi
- DTU Fødevarerinstitutionen
- DTU Systembiologi
 - Center for Biologisk Sekvensanalyse
- DTU Veterinærinstitutionen
 - Afdeling for Fjerkræ, Fisk og Pelsdyr

Københavns Universitet (KU)

- Det Biovidenskabelige Fakultet (KU-LIFE)
 - Institut for Grundvidenskab og Miljø
 - Forskningsgruppen for Biokemi og Naturproduktkemi
 - Institut for Veterinær Sygdomsbiologi
 - Institut for Jordbrug og Økologi
- Det Farmaceutiske Fakultet (KU-FARMA)
 - Institut for Medicinalkemi

- Det Naturvidenskabelige Fakultet (KU-SCIENCE)
 - Biologisk Institut
 - Kemisk Institut
- Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet (KU-SUND)
 - Institut for International Sundhed, Immunologi og Mikrobiologi

Roskilde Universitet (RUC)

- Institut for Natur, Systemer og Modeller
- Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring

Syddansk Universitet (SDU)

- Det Naturvidenskabelige Fakultet
 - Biologisk Institut
 - Institut for Biokemi og Molekylær Biologi
 - Institut for Fysik og Kemi
 - Center for Biomembranfysik (MEMPHYS)
- Det Tekniske Fakultet
 - Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi

Aalborg Universitet (AAU)

- De Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakulteter
 - Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi
 - Sektion for Bioteknologi

Aarhus Universitet (AU)

- Det Naturvidenskabelige Fakultet
 - Biologisk Institut
 - Center for Geomikrobiologi
 - Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO)

- Bioneer A/S
- DHI
- Dansk Akvakultur
- Chr. Hansen A/S
- Danisco A/S
- Danish Fish Protein / Marinova ApS
- Novozymes A/S
- Dansk Skaldyrcenter
- Øvrige ressourcepersoner

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

DTU Aqua

Kontaktperson:	Torger Børresen	(tb@aqua.dtu.dk)	(nu DTU Fødevareinstituttet)
Kontaktperson:	Lone Gram	(gram@aqua.dtu.dk)	(nu DTU Fødevareinstituttet)
Kontaktperson:	Per Bovbjerg Pedersen	(pbp@aqua.dtu.dk)	(DTU Aqua)

Note: Afdelingen for Fiskeindustriell Forskning er pr. 1. januar 2010 flyttet fra DTU Aqua til DTU Fødevareinstituttet. De respektive personer og emners tilhørsforhold fra starten af 2010 er anført i parentes.

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Bioaktive peptider (Fødevareinstituttet)
- Udnyttelse af biprodukter fra fiskeindustrien (Fødevareinstituttet)
- Marine antioxidanter, pigmenter og fedtsyrer (Fødevareinstituttet)
- Mikrobiel fysiologi og økologi, marin bakteriologi, fiskeprobiotika, marin bioteknologi (Fødevareinstituttet)
- Biologisk oceanografi (Aqua)
- Zooplankton, "marin sne" (Aqua)
- Fedtsyrer i det marine miljø (Aqua)
- Akvakultur – opdræt og dyrkning af fisk, skaldyr og alger - biologi, ernæring, foder, anlæg, miljøbelastning (Aqua)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Antibakterielle stoffer (identifikation og udnyttelse) (Fødevareinstituttet)
- Naturlige antioxidanter og pigmenter (identifikation, udnyttelse) (Fødevareinstituttet)
- Bioaktive peptider (oprensning og karakterisering) (Fødevareinstituttet)
- Produktion af langkædede, flerumættede fedtsyrer (Fødevareinstituttet)
- Værdiforøgelse af produkter fra fiskeindustrien (Fødevareinstituttet)
- Behov for midler til molekylær eksperimentel forskning (Fødevareinstituttet)
- Der er behov for avanceret GC-MS og LC-MS udstyr (Fødevareinstituttet)
- Opdræt/dyrkning af nye arter af dyr og alger (Aqua)
- Foderudvikling (Aqua)
- Integreret opdræt (Aqua)
- Off-shore akvakultur-teknologier (Aqua)

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

DTU Byg

Center for Arktisk Teknologi

Kontaktperson: Morten Holtegaard Nielsen (mhn@byg.dtu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Biologisk/Fysisk oceanografi
- Modellering af de fysiske forhold (især havstrømme)
 - Fyto- og zooplanktons omsætningshastighed i forskellige vandmasser
 - Næringssaltenes vandring i vandmasserne
 - Multivariat regressionsanalyse, hvor turbiditet, viskositet, lysspektra m.m. har betydning

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Informationer fra modellering til brug for saltvandsbaseret akvakultur

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

DTU Fødevarainstituttet

Kontaktperson: Jørn Smedsgaard (smeds@food.dtu.dk)

Kontaktperson: Torger Børresen (tb@aqua.dtu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Fødevaremikrobiologi fra sikkerhed til probiotika (zoonoser, typning, hurtigmetoder dyremodeller)
- Kemisk analyse og risikovurdering (fra metabolomics til akkrediterede analyser, eksponering og risiko fra materialer, forureninger, lægemidler, metaller, nanopartikler)
- Toksikologisk evaluering (stoffer og materialer fra cellekulturer til dyreforsøg og modellering)
- Ernæring (kost og indtag, fødevardatabasen og kostdatabasen, næringsstoffer)
- Fødevarerprocessteknologi
- Se også punkter under DTU Aqua

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Pro- og prebiotiske fødevarer og ingredienser
- Nutraceuticals
- Ny fødevarerproduktionsteknologi og convenient food
- Forbedret kost – med fokus på fremme af sundhed
- Nye fødevarer fra havet
- Fødevaresikkerhed ved klimaændringer / nye produkter
- Forurening og risiko ved nye produkter eller produktionssteder
- Se også punkter under DTU Aqua

Danmarks Tekniske Universitet (DTU)

DTU Systembiologi

Center for Biologisk Sekvensanalyse (CBS)

Kontaktperson: Thomas Sicheritz-Ponten (thomas@cbs.dtu.dk)
Kontaktperson (vedr. DMAC): Laurent Gautier (laurent@cbs.dtu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Storskala computer-screening for nye antibiotika og kendte enzymer
- Enzym 'discovery' og klassifikation
- Funktionelle og taksonomiske forudsigelser
- Mikrobiel og eukaryotisk gen-discovery
- Mikrobielle sammenlignende genomics
- 'Transcriptomic'-studier af mikrobielle samfund
- Mikrobiel systembiologi
- Udvikling af nye lægemidler
- Proteinanalyse-service (DTU *Multi-Assay Core (DMAC) facility*)
- Servicefacilitet med hardware til genotyping/sekventering og microarray-analyse
- Metagenomics/metagenomanalyse

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Etablering af en oversigt (en encyklopædi) over kortlagte genomer fra mikrobielle marine organismer.
- Bioinformatik afdelingen er et servicecenter, der mod passende betaling står til rådighed for såvel offentlige projekter som private firmaer.

Kontaktperson: Niels Lorenzen (nilo@vet.dtu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Fiske-immunologi på funktionelt og molekylærbiologisk niveau
- Vært-patogene interaktioner – PAMPS (*pathogen-associated molecular patterns*)
- Diagnostik og assay-udvikling vedr. fiskepatogener – (diagnostisk EU-referencelaboratorium)
- Viden om virus hos marine fiskearter
- Fisk som modelorganisme i studier af vært-patogen interaktioner og sygdomsforebyggelse (hurtig vækst, kort generationstid)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Vaccineudvikling så der kan vaccineres mod toksiner fra fiskedræbende alger
- Adjuvans-erstatning for olie i vacciner til opdrætsfisk
- Identifikation af molekyler/vektorer/stoffer/organismer, der kan bruges til indgift af vacciner via slimhinder (specielt til fisk, men også generelt)
- En bred (veterinær)medicinsk screeningsplatform, hvor molekyler (og gener) fra marine organismer analyseres for aktivitet i div. biologiske assays, som f.eks.:
 - Hæmning af infektiøse patogeners formeringsevne (virus, bakterier, parasitter, svampe)
 - Stimulering eller hæmning af innate immunforsvarsmekanismer
 - Stimulering/hæmning af vækst hos eukaryote celler (evt. inkl. maligne celler)
 - Vurdering af potentielle bivirkninger (ved veterinærmedicinsk brug)
 - Anvendelse som markør komponenter ved sporing af lægemidlers spredning i kroppen
 - Anvendelse i andre typer medicinsk relaterede bioassays (f.eks. reporter-molekyler)

Københavns Universitet (KU)

Det Biovidenskabelige Fakultet (KU-LIFE)

Institut for Grundvidenskab og Miljø

Forskningsgruppen for Biokemi og Naturproduktkemi

Kontaktperson: Hanne Frøkiær (hafr@life.ku.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Komponenter fra naturen, der kan påvirke immunforsvaret hos mennesker
- Leder efter biofilm-hæmmere, der virker i mennesker
- Undersøger Quorum sensing

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- 5-årigt forskningsprojekt:
 - Quorum sensing molekylær undertrykkelse af immunforsvar.
 - Imaging som undersøgelsesmetode.
 - Ønsker at screene en mængde stoffer
 - Forventes at føre frem til et nyt anti-inflammatorisk produkt klar til afprøvning

Københavns Universitet (KU)

Det Biovidenskabelige Fakultet (KU-LIFE)

Institut for Veterinær Sygdomsbiologi

Kontaktperson: Kurt Buchmann (kub@life.ku.dk)

Fakultetets kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Bioteknologer, mikrobiologer, kemikere, biokemikere, økologer, levnedsmiddelforskere, plantebiologer, akvakulturforskere m.m.

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Produkter til fremme af produktion og sundhedsstatus
- Enzymer fra ekstremofiler
- Forbedret forebyggelse og behandling af produktionsdyr og mennesker
- Antibakterielle peptider
- Udvikling af specifikke vacciner uden bivirkninger
- Produktion af monoklonale og polyklonale antistoffer
- Oprensning af farmakologisk aktive stoffer til behandling
- Oprensning og karakterisering af molekyler til brug i forskningen

Københavns Universitet (KU)

Det Biovidenskabelige Fakultet (KU-LIFE)

Institut for Jordbrug og Økologi

Kontaktperson: Peter Stougaard (psg@life.ku.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Bioprospektering blandt ekstremofile organismer efter enzymer, toksiner der hæmmer cellevækst (cancer-medicin), anti-inflammatoriske stoffer, immunmodulerende stoffer
- Metagenomics/metagenomanalyse

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Der er behov for robotudstyr, der kan anvendes i forbindelse med bioprospekteringen
- Der bør være adgang til fælles "servicecentre" i forbindelse med DNA-sekventering

Københavns Universitet (KU)

Det Farmaceutiske Fakultet (KU-FARMA)

Institut for Medicinalkemi

Kontaktperson: Jerzy W. Jaroszewski (jj@farma.ku.dk)

Kontaktperson: Søren Brøgger Christensen (sbc@farma.ku.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Isolering og strukturoptælling af naturstoffer, naturstofkemi
- Kan analysere meget små mængder materiale (nanogram/mikrogramområdet) ved hjælp af kernemagnetisk resonansspektroskopi (NMR) koblet on-line med væskekromatografi, fastfase-ekstraktion og massespektrometri
- NMR i mikroskala
- Etablering af naturstofbiblioteker til farmakologisk screening af SAR (*structure-activity relationships*) studier (p.t. 20-50 stoffer per år, kan udvides til 200-1.000 stoffer), kemisk diversificering af naturstofkemiske platforme
- NMR-baseret metabolomics/metabonomics
- In house screening inden for cancercelletoksicitet, *Plasmodium falciparum* (malariaparasit) og CNS-relaterede bioassays
- Naturstofgruppe på syv professorer og lektorer (stor i EU-sammenhæng)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Samarbejde om bioprospektering og udvikling af dyrkbare organismer
- Farmakologisk karakterisering og screening (bioassays), target-identifikation
- Ønsker robotudstyr til automatiseret prøvetilberedning og testning

Københavns Universitet (KU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet (KU-SCIENCE)

Biologisk Institut

Kontaktperson: Karsten Kristiansen (Karsten.Kristiansen@bio.ku.dk)

Kontaktperson: Per Juel Hansen (pjhansen@bio.ku.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Marinbiologer, molekylærbiologer
- Viden indenfor marint virus, bakterier, alger, invertebrater og fisk
- Gode faciliteter til eksperimentelt arbejde
- Avancerede sensor og imaging teknikker, high throughput screeningsteknikker til polysakkarider
- *Scandinavian Culture Centre for Algae and Protozoa* (> 570 kulturer)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Fysiologiske forhold ved indtagelse af fiskeproteiner (hydrolysater af fiskeproteiner øger forbrændingen)
- Undersøgelse af samspillet mellem marine olier og kulhydrater i det humane stofskifte.
- Naturstoffers effekt på stofskiftet
- Nye metoder/nye arter i akvakultur (bl.a. højværdi muslinger) samt undersøgelse af mulig produktion af yngel (spat) til kommercielt brug.
- Viden om interaktioner mellem fisk (i akvakultur) og fiskedræbende alger
- Viden om toksiske alger og muligheder for at undgå opblomstringer
- Anvendelse af bakteriofagterapi til behandling af syge fisk
- Undersøgelse af alger for nye fødevaringredienser og 'neutraceuticals'
- Udnyttelse af stoffer i alger og marine organismer i kræftbekæmpelsen
- Identifikation af biofilm-hæmmende stoffer
- Brug af mikrosensor- og imaging-teknikker i studier af væksthæmmende materialer/coating (nye typer antifouling og bundmaling til skibe)
- Effekter af virus på biofilm

Københavns Universitet (KU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet (KU-SCIENCE)

Kemisk Institut

Kontaktperson: Carsten Christophersen (carsten1942@gmail.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Marin naturstoffkemi
- Biologisk aktive naturstoffer
- Metabolitter (svampe-, bakterie- og sekundære metabolitter)
- Marine svampe og bryozøer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Nye modelstrukturer til diagnosticering og farmaceutiske produkter
- Nye pesticider og begroningshæmmere
- Nye kosmetiske produkter

Københavns Universitet (KU)

Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet (KU-SUND)

Institut for International Sundhed, Immunologi og Mikrobiologi

Kontaktperson: Michael Givskov (Mgivskov@sund.ku.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Søger nye former for antibiotika til erstatning for eksisterende midler
- Ser på cellekommunikation og blokering af cellekommunikation som antimikrobiel strategi
- Pioner indenfor kommunikationshæmmere fra marine kilder og fødevarer (antifouling og antibakterielle stoffer)
- Biofilmforskning – NYT: i blodkar og sår – *Pseudomonas aeruginosa*

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Springet fra plante-naturstoffkemi til havet giver udfordringer med salt men muligheder med hydrofile stoffer (lettere *drug delivery*)
- Fiskeolie kan måske medvirke til tidlig løsning af plaque (belægninger)
- "*Marin bioteknologi, kroniske infektioner og bakterielle biofilm*":
 - Infektioner kan generelt behandles med antibiotika – men ikke de biofilmbaserede, kroniske infektioner
 - Bakterierne danner i biofilmstadiet en matrice af selvproducerede polymere slimstoffer, der beskytter mod immunsystemet og konventionelle antibiotika
 - Konservativt skøn: >80 % mikrobielle infektionssygdomme involverer biofilm
 - Katetre, kunstige organer, led, hjerteklapper, kontaktlinser => biofilm
 - Hvide blodlegemer kan ikke klare biofilm og gør større skade
 - Løsningen kan være kontrol af bakteriernes værn mod immunsystemet

Roskilde Universitet (RUC)

Institut for Natur, Systemer og Modeller

Kontaktperson: Kjeld Schaumburg (ksch@ruc.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Kemisk syntese af molekyler
- Karakterisering af molekyler ved spektroskopi
- Fremstilling af materialer
- Karakterisering af materialer med mikroskopi og spektroskopi
- Fremstilling af coatings i samarbejde med EnPro ApS
- Fremstilling af geler og indkapsling af enzymer, biocider og andre aktive stoffer samt nanopartikler i geler
- Brug af trykreaktorer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- *Behov:* Partnere med viden om bakteriebestemmelse, *quorum sensing*, succesioner i bakterie-makrofouling systemer.
- *Muligheder:* Fremstilling af antifouling coatings til marine formål

Roskilde Universitet (RUC)

Institut for Miljø, Samfund og Rumlig Forandring

Kontaktperson: Benni Winding Hansen (bhansen@ruc.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Zooplankton økologi: levende foder samt copepodæg til akvakultur; larvemonitering i forbindelse med linemuslingedyrkning
- Plantebiologi: alger til biobrændsel og farmaceutisk formål
- Populations økologi: populationsmodellering, populationsgenetik
- Benthisk økologi: - bundfaunaens nedbrydning af organiske giftstoffer i havbunden; nanopartikler i det akvatiske miljø
- Invasionsbiologi: Den økologiske betydning af invasive makroalger og makroinvertebrater
- Antifouling: Test af nye antifouling coatings vha. monitorering af mikrobielle biofilm samt makrofauna begroning

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Behov: Partnere med ekspertise indenfor genekspression og proteinkemi
- Muligheder: Nye metoder i akvakultur
- Udvikling af nøglefærdige produktionssystemer til levende fiskefoder
- Udvikling af biofuels og andre produkter
- Miljørisikovurdering af nye produkter og processer

Syddansk Universitet (SDU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Biologisk Institut

Kontaktperson: Marianne Holmer (holmer@biology.sdu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Molekylært arbejde indenfor bakterier og fisk
- Akvatisk toksikologi, fysiologi, geobiologi og økologi
- Veludrustede analyselaboratorier (fra molekyle til makroanalyse)
- Gode eksperimentelle faciliteter (Odense og Kerteminde)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- CO₂-fikserende mikroorganismer og sulfatreducerende bakterier
- Proteomics i miljøet
- *Bio-production and bioenergetics*
- Produktion af mikroalger i bioreaktor som grundlag for filtrerende muslinger
- Effekt af kemikalier på reproduktion og immunsystemet i fisk
- Dyrkning af marine makroalger, identifikation af bioaktive, sundheds-relaterede stoffer (sammen med Xavier Fretté, SDU Teknisk Fakultet)

Syddansk Universitet (SDU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Institut for Biokemi og Molekylær Biologi

Kontaktperson: Ole Nørregaard Jensen (jenseno@bmb.sdu.dk)

Kontaktperson: Peter Roepstorff (roe@bmb.sdu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Molekylær cellebiologi og genom-teknologier
- Søgen efter interessante (antibakterielle) aktiviteter i biologiske produkter
- Protein ekstraktions- og separations-teknologier – bioaktiviteter, peptider og proteiner
- Avanceret massespektrometri
- Bioinformatics and computational analysis
- Biomarkører til påvisning af havforurenings påvirkning på fisk
- Krill-projekt vedr. sårheling, kitin-proteinfaktorer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Fluorescerende proteiner til bioteknologiske anvendelser
- Biomarkører til påvisning af marin forurening med medicinalvarer

- *MitoHealth Centre for Bioactive Food Components and Prevention of Lifestyle Diseases*
- Produkter med specifikke egenskaber – farmaceutiske produkter
- Uudnyttet biomasse til konsum og anden anvendelse
 - Vandmænd, gopler
 - Algeproduktion, giftige alger
 - Makroskopiske dyr, der kan spises (kort sigt)
 - Mikroskopisk biomasse (lang sigt)
- Fluorescerende proteiner til bioteknologisk anvendelse som markører
- En undersøgelse af hvilke mikroorganismer, der findes i de danske farvande. Stenrevne er fulde af liv, mens havbunden nærmest er en ørken
- *5-årigt tværfagligt forskningsprogram* (med stort internationalt samarbejde):
 - Uudnyttede makroorganismer – produkter til direkte anvendelse – ekstraherede stoffer – kombination af biofuels og reststoffer

Syddansk Universitet (SDU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Institut for Fysik og Kemi

Center for Biomembranfysik (MEMPHYS)

Kontaktperson: Ole G. Mouritsen (ogm@memphys.sdu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Membran- og lipidbiofysik
- Funktionalitet af lipider, inklusive umættede lipider og fedtsyrer
- Imaging af lipidmembraner, celler og væv
- Oxidation af fedtstoffer
- Indkapsling af aktive stoffer (f.eks. lægemidler og fødevarer) i liposomer
- Kvantitativ karakteristik af transport af vesikler og aggregater gennem humane barrierer som f.eks. hud og slimhinde
- Biopolymerer, f.eks. polysakkarider
- Karakteristik af komplekse overfladelag ved hjælp af f.eks. atomar kraftmikroskopi, monolagsteknikker og tyndfilmsfluorescensmikroskopi
- Gastronomisk innovation med makroalger
- Forskningskommunikation vedr. marine produkter i det asiatiske køkken

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Starter i 2010 større innovationsprojekt om indkapslingsteknologier til transport af fødevarer (inkl. fiskeolier) og lægemidler over mave-tarm mucusbarriere
- Starter i 2010 innovationsprojekt inden for gastronomisk fornyelse med makroalger fra Norden
- Opbygger i øjeblikket landets største bioimaging-platform (DaMBIC) til billeddannelse "fra molekyle til menneske". Kan potentielt anvendes til studier af marint materiale (f.eks. fisk og alger)
- Kan i samarbejde tilbyde ekspertise i karakteristika af overflader belagt med komplekse biopolymerer – f.eks. fra fiskemucus eller makroalger
- Er interesseret i at opbygge analytisk kompetence til bestemmelse af indholdsstoffer i makroalger – f.eks. fedtsyrer. Har hertil del i og adgang til landets bedste (?) lipidomics-facilitet.

Syddansk Universitet (SDU)

Det Tekniske Fakultet

Institut for Kemi-, Bio- og Miljøteknologi

Kontaktperson: Bent Lyager (bl@kbm.sdu.dk)

Kontaktperson: Xavier Fretté (xafr@kbm.sdu.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Membranteknologi – membrandestillation
- Kemiteknik – separationsprocesser, modellering af proceslinjer
- Fødevareteknologi – kemiske enhedsoperationer, spektroskopiske metoder
- Bioteknologi – fermentering, bioreaktor teknologi, mikrobiel fysiologi, biofilm
- Farmakognosi og analytisk kemi inkl. naturstofkemi og herunder bioaktive komponenter fra havet – udvikling af avancerede analytiske metoder, isolering af naturstoffer, metabonomic/metabolomic studier
- Søgning efter antibakterielle stoffer fra mikroorganismer på havbunden
- Strukturoptimering (har adgang til NMR)
- Undersøger stoffer i ålegræs (med M. Holmer, SDU Naturvidenskabelige Fakultet)

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Ekstraktion og opkoncentrering af farve- og aromastoffer samt bioaktive komponenter (*functional foods*)
- Udvikling af industrielle enhedsoperationer
- Oparbejdning og anvendelse af biologiske råvarer bl.a. til fødevarer og dyrefoder
- Starter arbejde med vira og bakterier
- Etableret samarbejde med grupper der kan teste mod cancer, diabetes 2, m.v.
- Udvikling og optimering af bioreaktorer til dyrkning af fotoautotrofiske alger, bl.a. ved anvendelse af lysdioder.
- Samarbejde med Marinbiologisk Forskningsstation v. Biologisk Institut, SDU, om dyrkning af alger til kontrollerede vækstforsøg med blåmuslinger.
- Dyrkning af fotoautotrofiske alger til fremstilling af specifikke værdifulde naturstoffer

Aalborg Universitet (AAU)

De Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakulteter

Kontaktperson: Lene Lange (lla@adm.aau.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Flere AAU-grupper inden for fødevarer, ernæring, oplevelse, robotter, m.v.
- Mikrobiologi, biofilm og metagenomics/metagenomanalyse (Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi)
- Sektion for Bæredygtig Bioteknologi arbejder med biomasse konvertering:
 - Biologiske processer, bioraffinaderier, mikrobiologi, molekylær biologi

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Nye leverandører til biomasse konvertering
- Ny pool for discovery af nye proteiner og peptider - til brug for biomasse konvertering etc.
- Første fokus: makroalger høstet i naturen

Aalborg Universitet (AAU)

De Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Fakulteter

Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi

Sektion for Bioteknologi

Kontaktperson: Niels T. Eriksen (nte@bio.aau.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Procesteknologi og herunder fermentering
- Dyrkning af mikroalger

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Heterotrofe mikroalger (hidtil ikke marine) er interessante at dyrke da de netop ikke kræver lys, kan muligvis anvendes til akvakultur.
- Økonomisk bæredygtig fedtsyreproduktion fra mikroalger
- Pigmenter og farvestoffer der bliver røde i UV-lys (til anvendelse som biomarkører)
- Phycocyanin (blå fotosyntesepigmenter)-produktion. Fluorescens som signalstof i cancer diagnostik

Aarhus Universitet (AU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Kontaktperson: Kjeld Ingvorsen (kjeld.ingvorsen@biology.au.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Plantebiologi – Makroalger, dyrkning, respons på og tilpasning til vækstforhold
- Genetik og Økologi – bioteknologiske og molekylærgenetiske metoder
- Marin Økologi – Kvantificering af vitale rater hos marine organismer, identifikation og genotyping af marine organismer, sygdomme/parasitter i marine organismer
- Mikrobiologi – Mikrobiel økologi og fysiologi, vandrensning/biofiltre, mikrobielle processer i sedimenter, mikrobiel fermentering i bioreaktorer, molekylær mikrobiel økologi, analyse af rRNA og funktionelle gener
- Center for Geomikrobiologi – tracer-målinger af mikrobielle stofskifteprocesser i sedimenter, måling af lave metabolit-koncentrationer i vand- og sedimentprøver
- Interdisciplinær Nanoscience Center (iNANO) – antifouling overflader

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Biofouling og Biokorrosion af marine (produktions)anlæg (involverede mikroorganismer/bekæmpelsesstrategier).
- Denitrifikation og N-metabolisme hos marine organismer
- Screene efter bioaktive stoffer produceret af bakterielle symbionter i deuterostomier

Aarhus Universitet (AU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Biologisk Institut

Kontaktperson: Bente Lomstein (bente.lomstein@biology.au.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Iltminimumszoner (< 10-20 mikromolær ilt) – klimaforandringer vil udvide disse zoner
- Kulstofomsætning fra -1 m og videre ned – forløber for oledannelse
- Grundforskning, men kan måske på sigt anvendes i olieindustrien
- Dynamik i biologiske systemer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Bakterier er fundet 1 m under jordens overflade på Svalbard, frosset inde i > 2000 år, har pigment (hvorfor?) og tåler radioaktiv bestråling i meget lang tid – er pigmentet årsag til beskyttelsen mod bestrålingen?

Aarhus Universitet (AU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Biologisk Institut

Center for Geomikrobiologi

Kontaktperson: Bo Barker Jørgensen (bo.joergensen@biology.au.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Centret forsker i den dybe biosfære under havbunden. Som udgangspunkt er det grundforskning, men resultaterne kan være af interesse for olieindustrien.
- Centret arbejder med prokaryoter under havbunden, ned til minus 1,6 km dybde, hvor der er op til 120°C. I disse lag vurderes det, at 10-30% af jordens levende biomasse og mere end 50% af alle mikroorganismer lever.

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Centret er i besiddelse af en nano-SIMS (*Secondary Ion Mass Spectrometry*) til ca. 20 mio. kr.

Aarhus Universitet (AU)

Det Naturvidenskabelige Fakultet

Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO)

Kontaktperson: Rikke Meyer (rikke.meyer@biology.au.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- iNANO er et stort tværfagligt initiativ som inkluderer forskere fra naturvidenskab og sundhedsvidenskab. (60 professorer, 135 ph.d. stud.)
- Fokusområdet er overflader men primært ikke-biologiske overflader
- Udvikling og karakterisering af funktionaliserede overflader baseret på nanoteknologi
- Der anvendes bl.a. Atomic Force Mikroskopi (AFM) og røntgen spektrometri

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Jørgen Kjems – Udvikling af drug-delivery systemer baseret på kitosan – et restprodukt fra fiskeindustrien. Samarbejde med færøsk firma.
- Bioaktive peptider kan bruges antibakterielt i stedet for antibiotiske vækstfremmere
- Duncan Sutherland, Herman Autrup, Erik Baatrup: Toksikologiske effekter af metalliske nanopartikler som udledes til akvatiske miljøer studeres
- Jørgen Kjems: Nanosensorer kan anvendes til advarsel mod uønskede stoffer
- Rikke Meyer, Peter Kingshott og Duncan Sutherland: Udvikling af antifouling overflader baseret på aktive enzymer, samt overflader med nanostrukturer og nanopartikler
- Henrik Birkedal: Biomimetics – Havet som videnressource til inspiration for design af nye materialer

Bioneer A/S

Kontaktperson: Lars H. Pedersen (lap@bioneer.dk)

Kontaktperson: Kim Holmstrøm (kho@bioneer.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Bioteknologisk forskning og udvikling (GTS institut)
- Karakterisering af proteiner/enzymer og kulhydrater fra marine organismer
- Kloning af gener fra marine organismer og produktion af rekombinante proteiner fra marine organismer.
- Molekylære teknikker i forbindelse med bioprospektering – karakterisering af mikroorganismer
 - *In situ* hybridisering
 - PCR- og DNA-microarray analyser

- Er i besiddelse af en biobank med et stort antal bakterier og svampe

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Bioneer er en GTS-virksomhed der forsker og udvikler produkter i samarbejde med sine kunder. For at kunne accelerere arbejdet er der behov for udstyr, der kan håndtere meget små prøver.

DHI

Kontaktperson: Flemming Møhlenberg (flm@dhigroup.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Modelleringer af fysiske, vandkemiske og biologiske forhold ved marine akvakulturinstallationer, heriblandt
 - Spredningsmodeller ved akvakultur
 - Konsekvensberegninger for vandmiljøet
 - Udpegning af optimale produktionsområder
 - Etablering af kunstige rev til reduktion af miljøpåvirkning
 - Algeovervågning (opblomstring og trusler mod akvakultur)
 - Vandmandsovervågning
- Algelaboratorium til pigmentproduktion

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- DHI er en GTS-virksomhed der løbende forsker og udvikler i samarbejde med sine kunder.
- Konkret peges der på udnyttelse af olieplatforme, der ikke længere skal anvendes til olieudvinding.

Dansk Akvakultur

Kontaktperson: Karl Iver Dahl-Madsen (karliver@danskakvakultur.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Viden om og erfaring med saltvandsbaseret produktion
- Plads, vand og næringsstoffer i rigelige mængder

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- I prioriteret rækkefølge kan erhvervet producere:
 - Fødevarer indeholdende omega-3-fedtsyrer
 - Foder til akvakultur og landbrug
 - Råvarer til biotek
 - Ikke direkte biofuels, men rester kan anvendes hertil
- Konklusion: der skal dyrkes fisk, muslinger og tang i havet
 - Fremtidig produktion skal ske på åbent hav
 - Fremtidig produktion skal "passe sig selv" (lav arbejdsindsats)

Chr. Hansen A/S

Kontaktperson: Annette Salskov-Iversen (dkasi@chr-hansen.com)

Kontaktperson: Gorm Bang Madsen (dkgbm@chr-hansen.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Dyrkning af alger til pigmentudvinding
- Ekstraktionsviden
- Enzymer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Probiotika
- Ingredienser til human ernæring, inkl. udvinding af naturlige farver
- Ingredienser/tilsætningsstoffer til foder til akvakultur
- Antioxidanter
- Naturlige pigmenter til akvakultur

Danisco A/S

Kontaktperson: Markus Klinger (markus.klinger@danisco.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Viden om den molekylære sammensætning af brune og røde makroalger
- Storskala separations- og oprensningsteknikker
- Identificering og industriel produktion af værdiskabende enzymer
- Udvikling og udnyttelse af mikroorganismer som cellefabrikker
- Sundheds- og ernæringssimulationer ved hjælp af humane- og dyremodeller
- Model systemer for adskillige industrielt vigtige anvendelser

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Alger som produktionsorganisme af især fødearengredienser
- Organismer og enzymer der er aktive under ekstreme forhold
- Substanser der er gunstige for human sundhed og ernæring
- Udvikling af bæredygtige løsninger for biomasseanvendelser

Danish Fish Protein / Marinova ApS

Kontaktperson: Greta Jakobsen (Greta.Jakobsen@gmail.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Viden om fremstilling/ anvendelse af flg. til fiskeindustrien:
 - Frysestabilisatorer
 - Smagsforstærkere
 - Antioxidanter
- Viden om fremstilling/ anvendelse af flg. til catering-branchen:
 - Saucer
 - Supper
 - Babymad
 - Funktionelle fødevarer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Ingredienser til funktionelle fødevarer med sundhedsgavnige effekter
- Dokumentation af de ernæringsmæssige effekter af forskellige typer af fiskemel
- Der er behov for udvikling af metoder til påvisning af bioaktiviteter
- Der er behov for etablering af videndatabaser omkring bioaktivitet

Novozymes A/S

Kontaktperson: Nikolaj Blom (nblm@novozymes.com)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Isolering og screening af bakterie og svampestammer
- Genomsekventering & Bioinformatik
- Kloning og ekspresion af gener, oprensning af protein i laboratorie-, pilot- og fuldskala størrelse
- Applikationstest af enzymer

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Marine (koldtvands) enzymer kan forventes anvendt i vaskemidler, foder, fødevarer og herunder mælkeprodukter
- Novozymes hovedinteresse vil være:
 - Vaskemiddelenzymer ved lave temperaturer
 - Biofuels (ethanol-fremstilling ved lave temperaturer)
 - Foderenzymer (f.eks. til fiskefoder)
- Novozymes sekundære interesse vil være:
 - Antimikrobielle peptider og hydrolaser

Dansk Skaldyrcenter

Kontaktperson: Jens Kjerulf Petersen (jkp@skaldyrcenter.dk)

Kontaktperson: Ditte Tørring (dt@skaldyrcenter.dk)

Kompetencer indenfor områder af relevans for marin bioteknologi:

- Opdræt af skaldyr
 - Langlinedyrkning
 - Klækkeri
- Udnyttelse af nye ressourcer som fx strandkrabber, søstjerner mv.
- Dyrkning af tang på feltlokaliteter
- Miljøforvaltning og overvågning i relation til produktion af skaldyr, herunder konsekvensanalyser i relation til vand- og naturplaner
- Økologi og fysiologi af muslinger mv., herunder kobling mellem fysik og biologi
- Opbevaring, transport og konditionering af skaldyr
- Gode eksperimentelle faciliteter, herunder laboratorium, algedyrkning, strømrender, feltlokaliteter og flere både

Behov og muligheder indenfor en udvikling af marin bioteknologi:

- Nye dyrkningsmetoder
 - klækning af hummer
 - arealintensiv muslingeproduktion
- Udvikling af produktion af andre arter, herunder knivmusling, hjertemusling og forskellige algearter
- Produktioner til fjernelse af næringsstoffer fra havmiljøet

Øvrige ressourcepersoner

Foruden de ovenfor nævnte institutioner, organisationer, firmaer og enkeltpersoner har der igennem projektforløbet været kontakt til en række personer, hvor forskellige emner har været drøftet; men hvor der ikke er gennemført et egentligt interview i stil med de ovenfor anførte.

Blandt disse personer vil vi her rette en særlig tak for inspirerende samtaler omkring muslinger til seniorrådgiver i DTU Aqua, Per Dolmer (pdo@aqua.dtu.dk). Tilsvarende takkes forsker ved Fødevareinstituttet, Susan Holdt (suho@aqua.dtu.dk), for informationer om tang/makroalger og dyrkning heraf.

9.3 FN's havretskonvention

Konventionen definerer nationers rettigheder og ansvar i forbindelse med deres brug af oceanerne. Konventionen angiver retningslinjer for samhandel, miljøet og forvaltningen af de naturlige marine ressourcer.

FN er ikke selv operationel i håndhævelse af konventionen, men flere internationale organisationer er aktive på specifikke områder – det er den Internationale Maritime Organisation (IMO), den Internationale Hvalfangstkommission (IWC) og den Internationale Havbunds Autoritet (ISA).

Konventionen har bl.a. medvirket til en afklaring af en række begreber, heriblandt områder defineret ud fra en "basislinje", der enten er kystlinjen eller rette basislinjer trukket mellem kystfrespring eller øer.

Søterritoriet

Søterritoriet udgøres af det ydre og indre territorialfarvand (Se Figur 9-1). Kyststaten har ret til at fastsætte bredden af det ydre territorialfarvand op til 12 sømil fra kystlinjen eller rette basislinjer trukket mellem kystfrespring eller øer. Det indre territorialfarvand er beliggende på den landvendte side af basislinjerne.

På søterritoriet har kyststaten i princippet fuld jurisdiktion til bl.a. at håndhæve sin lovgivning ligesom på landjorden. Dog skal staten respektere fremmede skibes ret til uskadelig gennemsejling af det ydre territorialfarvand.

Danmarks ydre territorialfarvand er på 12 sømil. Dette gælder også ved Færøerne, medens det ved Grønland er 3 sømil.

Den eksklusive økonomiske zone

Uden for søterritoriet kan kyststaten oprette en eksklusiv økonomisk zone. I denne zone har kyststaten eksklusiv ret til efterforskning og udnyttelse af de naturlige ressourcer i havet samt på havbunden og dens undergrund samt

til enhver anden økonomisk udnyttelse. Den eksklusive økonomiske zone kan maksimalt udstrækkes til 200 sømil (ca. 370 km).

Danmark og Grønland har en eksklusiv økonomisk zone, mens Færøerne indtil videre alene har kontinentalsokkel og fiskeriterritorium.

Rettigheder vedr. kontinentalsoklen

Principielt har kystlandene rettigheder (se nedenfor) over kontinentalsoklen, der er den undersøiske naturlige forlængelse af landterritoriet. Enhver kyststat har uden videre ret til en kontinentalsokkel på 200 sømils bredde fra basislinjen. Kontinentalsoklen slutter ved kontinentalskrånings yderkant. Nogle lande kan således have rettigheder, der rækker ud over 200 sømil, dog maksimalt 350 sømil. Dog kan rettighederne vedr. kontinentalsoklen ikke række længere ud end 100 sømil efter 2.500 meters isodybde (den linje der forbinder områder på 2.500 meters dybde).

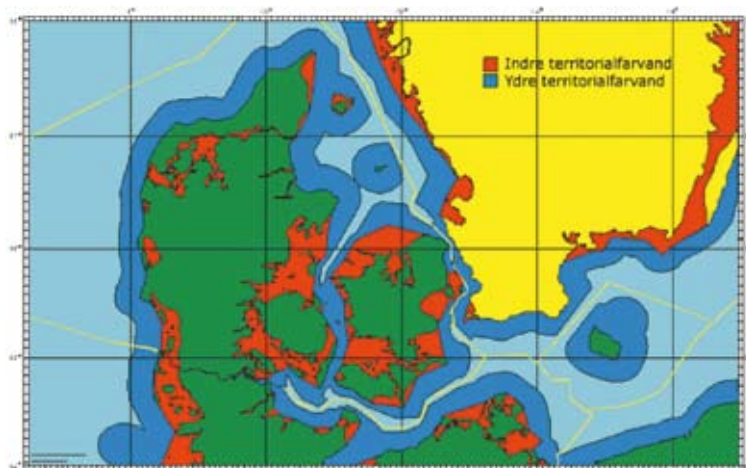
Kyststaterne har eneret til at ophente mineraler og ikkelevende materiale fra den del af kontinentalsoklen der ligger indenfor de omtalte grænser. Kyststaterne har ligeledes eneret til de levende ressourcer, der er fastsiddende på kontinentalsoklen, men ikke til de organismer der lever i vandsøjlen udenfor den eksklusive økonomiske zone på 200 sømil.

For Færøernes og Grønlands vedkommende er man i gang med at indsamle videnskabelig dokumentation for afgrænsningerne under Kontinentalsokkelprojektet.

Det åbne hav

Uden for disse zoner ligger det åbne hav, som ingen stat kan underlægge sin suverænitet. Det er åbent for alle stater til sejlads, fiskeri og overflyvning.

Der eksisterer dog enkelte områder – heriblandt Antarktis – hvor der gælder særlige aftaler (der dog ikke vil blive nærmere omtalt i denne sammenhæng).



Figur 9-1: Det danske søterritorium (kilde: Søværnets Operative Kommando, 2004)



Figur 9-2: Danmarks eksklusive økonomiske zone (kilde: Forsvarsministeriet, 2004)

Grænsedragning på havet

I de tilfælde, hvor der ikke mellem to stater er plads til fuld udstrækning af søterritoriet eller maritime zoner, må grænsen aftales mellem staterne. Danmark har indgået en række sådanne aftaler.

Lovgivning mv.

Love og anordninger om søterritoriet, fiskeriterritoriet, eksklusive økonomiske zoner og den kontinentale sokkel samt Danmarks afgrænsningsaftaler med andre lande kan søges i retsinformation (www.retsinfo.dk).

Konventionen, der blev underskrevet i 1982, trådte i kraft i 1994, hvor 60 lande havde ratificeret. Der er ultimo 2009 i alt 159 lande, der har ratificeret konventionen, Danmark gjorde det således i 2004.

Der er dog stadig 21 lande – heriblandt USA – der har skrevet under, men ikke ratificeret konventionen. Ligeledes er der 18 lande, der hverken har underskrevet eller ratificeret konventionen, blandt disse findes Peru, Venezuela og Tyrkiet.

Ovenstående tekst er baseret på informationer fra Udenrigsministeriet (UM-Havret)¹¹ og FN (UNCLOS)¹².

9.4 FN's konvention om biologisk diversitet

Konventionen, der også kaldes "**Riokonventionen**", fordi den blev underskrevet på FN-topmødet i Rio de Janeiro i 1992, har 3 hovedformål:

- Opretholdelse af den biologiske diversitet
- Bæredygtig udnyttelse af de arter og dele deraf, der

udgør den biologiske diversitet

- En reel og rimelig deling af de fordele, der opstår ved udnyttelse af genetiske ressourcer

De 2 vigtigste artikler i relation til nærværende rapport er gengivet nedenfor. Yderligere information kan hentes på www.biodiv.org

Konventionens artikel 3: Princippet

Enkeltstater har i overensstemmelse med FN-pagten og principperne i international lovgivning suverænitet til at udnytte egne ressourcer i henhold til deres egen selvstændige miljølovgivning. Staterne har ligeledes ansvar for at sikre at aktiviteterne indenfor deres jurisdiktion eller under deres kontrol ikke skader miljø og naturområder, der hører under andre stater eller er beliggende i områder, hvor ingen stater har jurisdiktion.

Konventionens artikel 15:

Adgang til genetiske ressourcer.

I erkendelse af enkeltstaternes suverænitet over deres naturlige ressourcer, ligger retten til at give adgang til udnyttelse af de genetiske ressourcer hos de lokale regeringer og deres respektive lovgivning.

Adgang til genetiske ressourcer må kun ske efter forud indhentet samtykke fra den pågældende stat – medmindre denne har lovgivet eller på anden måde bestemt sig for at fravige herfra.

Danmark underskrev konventionen i 1992, og ratificerede den i 1993; samme år trådte konventionen i kraft.

¹¹www.um.dk/da/menu/Udenrigspolitik/FredSikkerhedOgInternationalRetsorden/Folkeret/Havret

¹²www.un.org/Depts/los/index.htm

9.5 Liste over anvendte ord og begreber

Antifouling	Tiltag mod fouling (se dette)		
Autotrof	Ernæringsmåde hos organismer, der selv kan danne organisk materiale ud fra uorganiske bestanddele.	Bioreaktor	produkter og andre forbindelser der kan være af værdi for mennesker". Se "fermentor".
Benthisk	Bundlevende	Bioteknologi	"Bioteknologi er enhver teknologisk anvendelse hvor der anvendes biologiske systemer, levende organismer, eller afledninger deraf, til at skabe eller ændre produkter eller processer til specielt brug" (fra FNs konvention om biologisk diversitet).
Bioinformatik	Kombination af biologi, matematik og datalogi der anvendes til analyse af biologiske data. Bioinformatik kan blandt andet anvendes til at finde og identificere gener i den enorme mængde sekvensdata, der fremkommer ved en analyse af samtlige en organismes gener.	Bio-economy	EU-definition af bio-økonomi: Alle erhverv og økonomiske sektorer der producerer, regulerer og på anden vis udnytter biologiske ressourcer (f.eks. land- og skovbrug, fødevarer, fiskeri, akvakultur og andre bio-baserede erhverv).
Biodiscovery	Engelsk udtryk der dækker det samme som "bioprospektering" (se dette).	Carcinogent	Kræftfremkaldende
Biodiversitet	Variationerne i naturen. Som regel anvendt i forbindelse med antallet af forskellige arter (Stor biodiversitet = mange forskellige arter).	Copepod	Vandloppe
Biofilm	En samling af mikroorganismer, der ved hjælp af deres stofskitteprodukter klæber til hinanden og til den overflade, de sidder på.	Derivat	Indenfor kemi er et derivat et afledt stof.
Biomimetic	Engelsk ord der kan oversættes som "bio-inspiration" (andre engelske ord, der mere eller mindre dækker det samme begreb, er <i>bionics</i> , <i>biognosis</i> og <i>biomimicry</i>). Anvendes når biologiske metoder og systemer fundet i naturen anvendes til udvikling af teknologi. Biomimetic anvendes især når der arbejdes med kemiske reaktioner.	Deuterostomier	Deuterostomia er en af dyrerigets hovedgrupper, der blandt de nulevende organismer tæller 4 "rækker": hvirveldyr, pighuder (søpindsvin, søstjerner, søpølser m.v.) samt 2 små rækker med visse orme.
Biopolymer	Polymerer dannet af levende organismer. Eksempler på biopolymerer er stivelse, proteiner og DNA. Den mest almindelige biopolymer er cellulose.	DHA	Docosahexaensyre (Engelsk: <i>Docosa-hexaenoic-acid</i>) er en omega-3 fedtsyre, der typisk findes i olie fra koldt vandfisk.
Bioprospektering	Oprindeligt et engelsk udtryk med lidt forskellige definitioner. Det videnskabelige magasin <i>Nature</i> har en definition, der kan oversættes som: "Indsamling af forskellige organismer for at finde gener, genetiske	DNA microarray	En bioteknologisk metodik der anvendes indenfor molekylær biologisk og medicinsk forskning. Meget store mængder af genfragmenter kan undersøges samtidig.
		DNA-sekventering	Bestemmelse af DNA-sekvensen, d.v.s. rækkefølgen af de fire forskellige nukleotider, der udgør grundenheden i DNA. Nukleotiderne og deres placering udgør den genetiske information.
		Ekstremofiler	Organismer der trives i – eller ligefrem forudsætter – fysiske og/eller kemiske ekstreme miljøer. Med "ekstrem" forstås i

Enzymer	denne sammenhæng, at de er skadelige for størsteparten af jorden liv – og herunder ikke mindst mennesket. Enzymer er proteiner, der findes i alle levende organismer. Enzymerne katalyserer kemiske reaktioner, d.v.s. at enzymerne accelererer den kemiske reaktionshastighed, uden at de selv bliver forbrugt.		= netværk af bevillingsgivere i EU-medlemslandene, der samarbejder omkring EU's støtteprogram til udvikling af "Videnbaserede Bio-økonomier". "Bioeconomy" er defineret ovenfor.
Farmakologi	Læren om lægemidler.	Kolloid	Et ikke-krystallinsk stof bestående af meget store molekyler; stoffet kan være i fast form, eller som en klæbrig gel eller opløst afhængig af, hvor meget vand der er til stede.
Fermentering	En biokemisk proces hvor organisk materiale nedbrydes eller omdannes ved hjælp af mikroorganismer. En fermenteringsproces er typisk en gæring eller syring. (se også "fermentor").	Marin bioteknologi	Opdagelse, udforskning og brug af biologiske produkter og processer fra marine organismer (hele, celler, gener) til udførelse af praktiske opgaver samt til at skabe nyttige produkter.
Fermentor	En beholder med et vækstmedie og en eller flere celletyper der dyrkes for at man kan høste cellerne eller deres stofskifteprodukter. En fermentor kaldes ofte også en bioreaktor.	Metabolomics	Der findes ikke en dansk oversættelse af ordet, der er en betegnelse for systematisk studier af <i>alle</i> produkter og substrater for <i>alle</i> de metaboliske (stofskifte) processer, der sker i en celle eller organisme på et givet tidspunkt. Ideelt set måles alle små molekyler kvantitativt på et specifikt tidspunkt under veldefinerede betingelser. <i>Metabolomics</i> og <i>Metabonomics</i> bruges ofte som synonyme for de samme omfattende målinger af organismens metabolitter (stofskifteprodukter) og metabolisme. Dog er der en tendens til at <i>metabonomics</i> bruges mest på helorganisme niveau, især humane studier, mens <i>metabolomics</i> især bruges indenfor planter, celler og bioteknologi.
Fouling	Et udtryk der som regel benyttes i det kvantitative miljø om en begroning med uønsket materiale.		
Funktionelle fødevarer	Også kaldet <i>functional foods</i> , er af Fødevarestyrelsen defineret som mad, der er specielt udviklet til at have bestemte virkninger, samt kan fremme sundheden eller forebygge sygdomme.		
Fytoplankton	Planteplankton		
Genom	En arvemasse. Et komplet sæt af de gener, der findes i en organisme. I en tidligere definition var genomet et udtryk for al det DNA, der findes i en organisme. Men da meget DNA ikke "koder" for en bestemt udvikling eller funktion, så er den nyere definition mere præcis. Et individs genom (arvemasse) består af arvematerialet fra æg- og sædceller. En arts genom består af det minimum af arvemasse, der kendetegner arten.	Metabonomics Metagenomanalyse	Se "metabolomics". Studiet af kollektive genomer fra mikroorganismer, der typisk findes i en prøve fra naturen og ikke fra rene laboratoriekulturer. Metagenomanalyse har den fordel, at man får indblik i arvemassen af ikke blot den 1 pct. dyrkbare mikroorganismer, men også af de 99 pct. ikke-dyrkbare/uopdagede. Metagenomanalyse giver således et slags genetisk fingeraftryk af et bestemt mikrobielt samfund.
Genomics	Engelsk udtryk for studie af genomet (se genom)		
Heterotrof	Ernæringsmåde hos organismer, der kun kan udnytte allerede dannet organisk stof.		
Hydrolyse	Spaltning af en kemisk forbindelse ved reaktion med vand	Metagenomics Nanoteknologi	Se "metagenomanalyse" Begreb med forskellig betydning. Wikipedia skriver: Nanoteknologi betegner anvendt naturvidenskab med strukturer af størrelsesordenen 0,1 – 100 nm, hvor en nanometer er en milliontedel millimeter (også skrevet som 10 ⁻⁹ m). Betegnelsen nanoteknologi bruges, til dels med forskellig betydning, i fysik, kemi, biologi, medicin og materialevidenskab. Disse felter har alle hver for sig over længere tid arbejdet med forskning og anvendelse på nanoniveau.
Immunmodulerende stoffer:	Stoffer der er beregnet til at påvirke dele af immunsystemet uden at svække hele immunforsvaret.		
Invertebrater	Hvirvelløse dyr		
Invasiv art	Organisme, der er bevidst eller ubevidst er indført af mennesket, hvorefter den invasive art fortrænger det naturlige plante og/eller dyreliv i det pågældende område.		
IP / IPR	Intellektuel ejendomsret (oversat fra det engelske <i>intellectual property rights</i>) – kaldes også for "immaterielret" eller "immaterielle rettigheder".	Novel Food Nutraceutical	Se "Nye fødevarer" Ordet er engelsk, der findes ikke et tilsvarende dansk ord. Ordet er sammensat
KBBE-Net	<i>Knowledge-Based-Bio-Economies Network</i>		

	af "nutrition", der betyder ernæring, og "pharmaceutical" der betyder farmaceutisk eller medicinsk. Nutraceuticals anvendes som betegnelse både på fødevarer, kosttilskud og funktionelle fødevarer der kan virke forebyggende og mere eller mindre helbredende overfor visse sygdomme. Nutraceuticals skal ikke opfylde de samme (strengt) krav til afprøvning og dokumentation som det er tilfældet for medicin.		
Nye fødevarer	Defineret i en EU-forordning fra 1997 om "Novel foods": Fødevarer og fødevaringredienser der i EU ikke har været anvendt i væsentligt omfang til mennesker før 15. maj 1997. Forordningen kræver bl.a., at nye fødevarer skal forhåndsgodkendes før lancering.	Proteomics	og derved mindske sygdomsrisikoen (se også prebiotika og symbiotika). Ordet er engelsk, der findes ikke et tilsvarende dansk ord, betydningen er: storskala studier af proteiner – især deres strukturer og funktion.
		Protist	Encellet organisme med cellekerne.
		Population	En gruppe af individer af samme art, der lever indenfor et bestemt område. Når der tales om dyr anvendes som regel ordet "bestand".
		Populationsdynamik	Variation i størrelsen af populationer hvor variationerne kan skyldes såvel forhold mellem de enkelte individer og påvirkning fra ydre faktorer.
		Populationsøkologi	Sammenhæng mellem miljøet og en population.
OECD	<i>Organisation for Economic Cooperation and Development.</i>	Quorum sensing	Udtrykket dækker "en beslutningsproces der benyttes af decentrale grupper for at koordinere deres adfærd". I forbindelse med bakterier benyttes udtrykket for at beskrive den koordinerede adfærd som bakterierne kan udføre afhængig af deres antal/koncentration i et bestemt område.
-omics	Et engelsk udtryk eller endelse; det modsvarende danske "-omikker" er ikke slået an. Udtrykket refererer til de biologiske studieområder, der ender på -omics, som f.eks. <i>genomics</i> og <i>proteomics</i> . I de to eksempler studeres genomet og proteomet (se disse). Andre "omics", der er anvendt i denne rapport er <i>metabolomics</i> , <i>metabonomics</i> , <i>metagenomics</i> .	Salinitet	Et udtryk for vandets indhold af salt. I Nordsøen er saliniteten 34-35 promille mens Østersøen i sit centrale område (inkl. Bornholm) har en salinitet på 6-8 promille. I de dybere dele af Østersøen kan man også finde mere saltholdigt vand, der er tilført via Bælthavet.
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i> – genforstærkningsteknik, der anvendes indenfor molekylærbiologi og mikrobiologi.	Symbiotika	Kombinationen af pre- og probiotika, hvor de tilsatte mikroorganismer og ikke-fordøjelige foder/fødekomponenter selektivt kan påvirke sammensætningen af mikroorganismer i fordøjelsessystemet.
Pelagisk	Det vand i havet, der ikke er tæt på bunden eller kysten.	Systembiologi	Et forskningsområde, der forbinder computerbaserede metoder og matematisk modellering med store mængder af data fra avancerede metoder inden for biologi. Herved kan sammenhængen mellem delene i det biologiske system beskrives og samles til en helhed.
Peptid	Her i rapporten skal peptider forstås som nedbrudte proteiner. Et peptid er en lille/kort kæde af aminosyrer, der holdes sammen af de såkaldte peptidbindinger.	Toksikologi	Læren om giftstoffer og deres virkning.
Polymer	Et stort molekyle, der er sammensat af op til flere milliarder identiske, eller næsten identiske, strukturelle enheder.	Transgene fisk	Fisk der har fået indsat et transgen, d.v.s. et gen fra en anden art koblet sammen med fiskens eget gen for væksthormon. Forsøg med transgene laks har vist, at de vokser hurtigere, men de bliver ikke større end deres ikke-modificerede artsfæller.
Polymerase	Et enzym der er i stand til at danne en kæde af molekyler. Polymeraser findes i alle levende celler, hvor de indgår i kopieringen af cellens DNA under celledelingen.	Trollingfiskeri	Lystfiskeri med stang (blink-fiskeri) fra små/mindre både, der sejler langsomt, mens der fiskes.
Polysakkarider	Polymerer af simple sukkerarter. De er ikke søde, de er normalt uopløselige i vand og ofte er det lagermolekyler som f.eks. cellulose, stivelse og glykogen.	Vidensyntese	En analyse, diskussion og sammenfatning af de væsentligste synspunkter omkring et uafklaret emne.
Prebiotika	Ikke fordøjelige komponenter, der er tilsat foder/føden, for at stimulere vækst af de "gode" mikroorganismer i tarmsystemet hos dyr og mennesker (se også probiotika og symbiotika).	Zooplankton	Dyreplankton.
Probiotika	Levende mikroorganismer (bakterier eller svampe), der indtages som en del af foderet/føden, for at give en positiv fysiologisk effekt. Ideen er, at de "gode" bakterier skal udkonkurrere de skadelige bakterier		

Havet - en uudnyttet ressource

En vidensyntese om danske muligheder indenfor marin bioteknologi og anden udnyttelse af havets ressourcer

ISBN 978-87-7083-777-4 (tryk)

ISBN 978-87-7083-778-1 (web)

Udgiver:

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri

Slotsholmsgade 12

1216 København K

Tlf: 3392 3301

E-mail: fvm@fvm.dk

www.fvm.dk

Fødevareministeriet 2010

