



BELLONA RAPPORT 2013

Tradisjonelt og Integreert Havbruk

Dagens miljøutfordringer og morgendagens løsninger

BELLONA

BELLONA

Bellona ble etablert 16. juni 1986, og er en uavhengig, ideell miljøstiftelse. **Bellona** har som formål å begrense klimaendringer, hindre forurensning, og arbeide for økt økologisk forståelse og vern av natur, miljø og helse.

Bellona har 65 medarbeidere og er etablert i Oslo, Brussel, Murmansk og St.Petersburg.

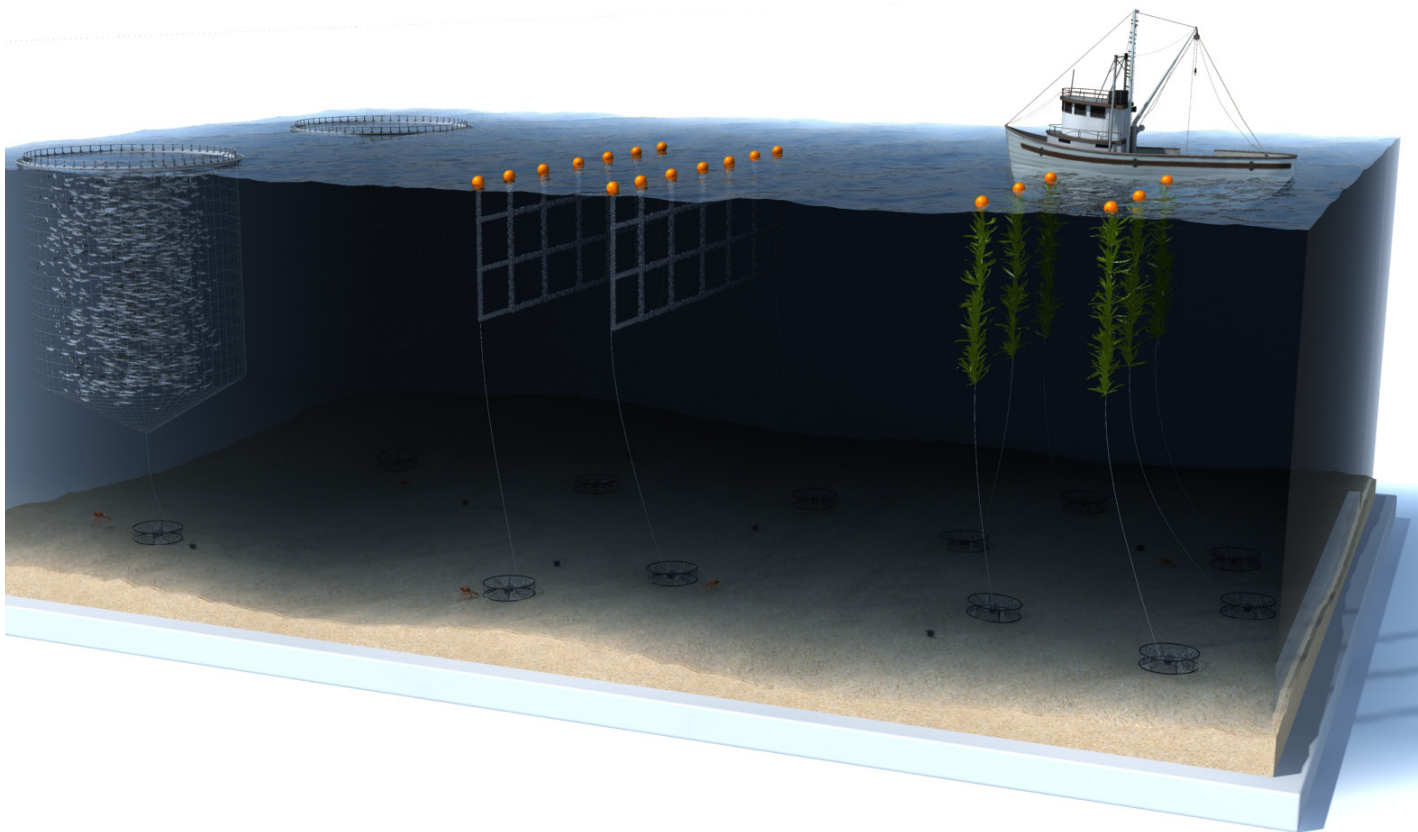
© Bellona 2013

Design: Bellona/TE

Foto forside: Thinkstockphotos

Tradisjonelt og Integrert Havbruk

Dagens miljøutfordringer og morgendagens løsninger



BELLONA

INNHold

UTGITT AV MILJØSTIFTELSEN BELLONA.....	5
1. Innledning	10
1.1 Utfordringer i dagens norsk havbruksnæring	10
1.2 Verden trenger mer mat	10
1.3 Verden trenger mer fornybar energi	11
1.4 Om rapporten.....	11
2. Oppdrett i dag og dens utfordringer.....	12
2.1 Produksjon.....	12
2.2 Fisk som rømmer	13
2.2.1 Lukkede anlegg i sjø	16
2.2.2 Lukkede anlegg på land	16
2.2.3 Merking av fisk.....	16
2.2.4 Sterilisering av fisk	17
2.2.5 Kapsel- og sonarteknologi	18
2.2.6 Dyneema-nett.....	18
2.2.7 Laksegjerde	19
2.3 Lakselus	19
2.3.1 Utslipp av kjemikalier mot lakselus	21
2.3.2 Lusevaksine.....	23
2.3.3 Lusespisende fisk	23
2.3.4 Strømtilknytning merder	24
2.3.5 Laser.....	24
2.4 Smittsomme sykdommer	25
2.4.1 Pancreas Disease (PD)	25
2.4.2 Hjerte og Skjelettmuskelbetennelse (HSMB)	26
2.4.3 Infeksiøs Pankreasnekrose (IPN)	27
2.4.4 Infeksiøs lakseanemi (ILA)	27
2.4.5 Årsaker til sykdommer hos fisk.....	28
2.4.6 Svinn	28
2.5 Fôrressurser.....	30

2.5.1 Miljøgifter i fiskefôr	32
2.6 Kobberimpregnering av nøter	34
2.7 Utslipp av næringsalter	34
2.8 Status for villaksen	36
2.8.1 Havfasen	36
2.8.2 Fjordfasen	37
2.8.3 Elvefasen	38
2.9 Tiltak og forslag til nye tiltak	39
2.9.1 Nye tiltak mot lakselus	39
2.9.2 NYTEK-forskriften	40
2.9.3 Endringer i lov 17. juni 2005 om akvakultur	40
2.9.4 Grønne konsesjoner	40
2.9.5 The Salmon Aquaculture Dialogue	40
2.9.6 Indikatorer og grenseverdier	41
2.10 Fremtidig vekst i sjømatnæringen	42
2.10.1 Sjømatnæringens fremtidig ambisjoner	42
2.10.2 Mangel på kunnskap og potensialet for sjømatnæringen i fremtiden	42
2.10.3 Verdiskaping basert på produktive hav i 2050	43
2.10.4 Departementets fremtidige ambisjoner for sjømatnæringen	43
2.11 Konklusjon	43
3. Integrert Multi-Trofisk Akvakultur (IMTA)	45
3.1 Innledning	45
3.2 Dyrking av blåskjell i IMTA	47
3.2.1 Blåskjell kan bidra til å redusere spredning av lakselus	49
3.2.2 Blåskjell kan bidra til å redusere virus og bakteriesykdommer	50
3.2.3. Muligheter for at den norske blåskjellproduksjonen kan komme tilbake til et lønnsomt marked	50
3.3 Dyrking av alger i IMTA	52
3.4 Dyrking av andre dyr enn fisk i IMTA	54
3.5 Kunstige rev	59
3.6 Upwelling kan være løsningen i områder med tilgang på lite næring	61
3.7 Globale utfordringer fiskerinæringen står ovenfor	62

3.7.1 Problemer med forsuring	62
3.8 Hva kan vi lage av alger og andre IMTA-produkter?.....	64
3.8.1 Alger kan erstatte petroleum	64
3.8.2 Biomasse til bioenergi	65
3.8.3 Tilskudd til vårt daglige kosthold	68
3.8.4 Medisin, Helsekost og Kosmetikk.....	72
3.8.5 IMTA-arter kan bidra til å redusere bruk av importert fisk i fiskefôret	73
3.8.6 Plast	74
3.8.7 Papir.....	76
3.8.8 Tekstiler	76
3.8.9 Gjødning og jordforbedring	76
3.9 Økonomisk potensial for IMTA	77
3.9.1 Potensial for produksjonsutbytte i Norge	78
3.9.2 Potensiell biomasseproduksjon i forbindelse med stort oppsett	78
3.9.3 Fordeler og utfordringer med IMTA-SWOT-analyse	79
3.10 IMTA i verden	83
3.10.1 Asia	83
3.10.2 Canada	84
3.10.3 USA	85
3.10.4 Sør-Amerika	86
3.10.5 Sør-Afrika	86
3.10.6 Australia og New Zealand.....	86
3.10.7 Midtøsten	86
3.10.8 Europa.....	87
3.11 IMTA-prosjekter i Norge.....	87
3.11.1 EXPLOIT.....	88
3.11.2 DYMALYS.....	88
3.11.3 Hortimare og Salmon Group	89
3.11.4 Val algeprosjekt	90
3.11.5 IDREEM	91
3.12 IMTA-prosessen videre	91

3.12.1 Etablere økonomiske modeller	92
3.12.2 Egnede arter i IMTA.....	92
3.12.3 Forståelse av økosystemet og de lokale forhold	93
3.12.4 Retningslinjer, rammeverk, forskrifter og kriterier	93
3.12.5 Behov for større areal.....	93
3.13 Konklusjon	93
4. Litteratur	95

UTGITT AV MILJØSTIFTELSEN BELLONA

Bellona ble etablert 16. juni 1986, og er en uavhengig, ideell miljøstiftelse. Bellona har som formål å begrense klimaendringer, hindre forurensning, og arbeide for økt økologisk forståelse og vern av natur, miljø og helse. Bellona har 65 medarbeidere og er etablert i Oslo, Brussel, Murmansk og St.Petersburg.

Kontaktinformasjon

Seniorrådgiver

Annelise Leonczek

Email: annelise@bellona.no

Telefon: + 47 95769604

Forfatter

Annelise Leonczek

Takk for små og store bidrag fra:

Det er mange som har bidratt med informasjon, kvalitetssikring, gjennomlesning, tekst eller/og bilder til rapporten. Spesiell takk til: kollegaer i Bellona (Heidi Johansen, Nils Bøhmer, Christian Rekkedal, Tina Ege og Rolf Iver Mytting Hagemoen); Anne Hilde Midttveit og Harald Sveier (Lerøy Seafood Group ASA); Fiskeri og Havbruksnæringens landsforening (FHL); Atle Frøysland (Norsk Lakseforening); Stefan Kraan (Ocean Harvest); Karoline Andaur og Lars Andresen (WWF); Jorunn Skjermo, Silje Forbord, Ole Jacob Broch, Andreas Hagemann og Aleksander Handå (SINTEF); Thierry Chopin (Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN)); Hartvig Christie og Karl Norling (NIVA); Nicolay Bergløff (The Dude, forsideillustrasjon); Bernt Saugen (Biosort); Johan Johansen (Gifas); Bjørn Torgeir Barlaup (UNI-Research); Zoe Christiansen (Fremtidens mat); Minsk (illustrasjoner); Øyvind Kråkås (Salmon Group); Beck Engineering; Halvor Mortensen (Val Videregående Skole); Christian Bruckner, Céline Rebours og Jihong Liu Clarke (Bioforsk); Else Marie Djupevåg (Fiskeridirektoratet); Bente Torstensen (NIFES); Christine Børnes (Mattilsynet).

Takk til våre støttespillere:



For ordens skyld fremhever vi at de ovenfor nevnte ikke har noe ansvar for rapportens innhold.

Forord

Havbruk er en næring som fremprovoserer sterke følelser hos mange. Samtidig som produksjonen og verdiskapningen er stor, utsettes næringen for gjentakende kritikk for bl.a. spredning av forurensing, dårlig ressursutnyttelse og trussel mot villaksen.

I 2003 lanserte Bellona rapporten «Miljøstatus for norsk havbruk». Rapporten var basert på et vitenskapelig faktagrunnlag og hadde som mål å rydde unna misforståelser og myter, slik at vi kunne fokusere på de viktige utfordringene. Rapporten står seg fremdeles og har vært en nyttig referanse for FoU, politikere, offentlig forvaltning, havbruksnæringen og privatpersoner.

Ti år senere lanserer vi nå en ny rapport som belyser de viktigste miljøutfordringene som næringen fremdeles står overfor i dag. Disse utfordringene må løses gjennom en ytterligere forbedring av drift og rutiner samt videre satsning på innovasjon og ny teknologi. Samtidig setter vi havbruk i et større lys. Potensialet i havet er enormt og vi er overbevist om at oppdrettsnæringen kommer til å spille en viktig rolle i årene framover når det gjelder produksjon av mat, fôr, energi og drivstoff. Dette vil kreve enda bedre samarbeid og dialog mellom industri, politikere, forskere og samfunn.

Verden står samtidig ovenfor enorme utfordringer. Jordens befolkning øker, og den u-utviklede delen av verden skal ut av fattigdom. Eiterspørselen etter mat, vann og energi øker drastisk. Samtidig minker arealet for mat- og energiproduksjon grunnet forørkning, som et resultat av global oppvarming. CO₂-utslippene øker år for år, og forverrer situasjonen ytterligere.

Men det finnes løsninger. Jorden består av $\frac{3}{4}$ hav, og havet er en nøkkel for å løse våre utfordringer. I havet kan vi produsere biomasse som kan brukes til mat, fôr, materialer, drivstoff og ren bioenergi. Alger trekker til seg CO₂, som motvirker forsuring av havet, og fjerner CO₂ fra atmosfæren. Kombinerer man produksjon av bioenergi med karbonfangst- og lagring, blir resultatet karbonnegativt, noe som betyr at jo mer energi man bruker, jo mer CO₂ fjerner man fra atmosfæren.

Produksjon av bioenergi i havet kan med fordel kombineres med produksjon av mat. Forskning rundt omkring i verden bekrefter at integrert havbruksproduksjon har svært stort potensial. Alger, blåskjell, hummer og andre ressurser kan dyrkes i tilknytning til oppdrettsanlegg for fisk. Det enes avfall blir den andres ressurs, og resultatet blir blant annet mindre sykdom hos fisken og hurtigere algevekst.

Man kan tjene store penger på å løse verdensproblemer! Bellona har i lengre tid hevdet at integrert havbruk og dyrking av tang og tare har potensial til å bli en grønn miljøriktig milliardindustri i Norge. Grønne arbeidsplasser skapes langs norskekysten. Vårt land har en unik, langstrakt kystlinje som passer perfekt til kommersiell algeproduksjon og integrert havbruk. Det er potensialer for produksjon av millioner av tonn makroalger årlig i forbindelse med eksisterende oppdrettsanlegg. Noe som for eksempel kunne dekke en betydelig andel av energibehovet i veitransportsektoren.



Frederic Hauge, leder i miljøstiftelsen Bellona

SAMMENDRAG

Havbruksnæringen har økt kraftig i Norge siden 1970-tallet, og er per i dag verdens største eksportør av oppdrettslaks. Havbruk i Norge er basert på monokulturer, dvs. at kun en art dyrkes i hver sjølokalitet. Næringen ønsker en tredobling av produksjonen frem mot 2025. Dette vil ikke kunne gjøres bærekraftig dersom man skal følge dagens praksis. Det finnes imidlertid store vekstmuligheter dersom man åpner opp for Integrert Multi-Trofisk Akvakultur (IMTA), som kan drives på en bærekraftig måte.

Dagens utvikling går i retning færre enheter med større produksjon, noe som tøyser grenser for hva økosystemene tåler. Selv om havbruksnæringen generelt har forbedret seg på en rekke områder, er det fremdeles betydelige utfordringer. Rømming av fisk er fremdeles et problem, og kan true ville bestander av laks og ørret. Tiltak som testes ut er lukkede anlegg, mer effektiv merking av fisk, sterilisering av oppdrettsfisk for å unngå genetisk påvirkning av villaks, samt bedre nøter i merdene.

Lakselus er en annen utfordring. I store merder produseres betydelige mengder luselarver, som spres med strømmen. Det gjør også kjemikalierne man bruker for å bekjempe lusa, noe som kan true økosystemene rundt store anlegg. Det har i flere år vært forsøkt å finne gode alternativer til kjemikalier, men bruken av kjemikalier er fremdeles foruroligende høyt.

Det er viktig å rydde opp i miljøproblemer som kan gå utover villaksen. Påvirkning fra anleggene bør kartlegges bedre, ulike tiltak bør koordineres, og resultatene samles for å kartlegge manglende kunnskap.

Norsk oppdrettsnæring er en storforbruker av fiskeolje og fiskemel til fôr. Dette bidrar til press på ville fiskebestander, noe som igjen har ført til økt bruk av vegetabiliske ingredienser. Det er en utfordring å skaffe omega 3 i tilstrekkelige mengder, noe som er nødvendig for fiskens immunforsvar. En mulig årsak til en økning av smittsomme sykdommer, kan være reduserte marine kilder i fiskefôret. Dette problemet kan løses ved IMTA- og algedyrkning.

Integrert Multi-Trofisk Akvakultur er en ny måte å tenke havbruk på. IMTA kan motvirke en rekke av problemene i dagens oppdrettsnæring, og kan drives bærekraftig. Flere arter settes sammen på en måte som skaper et økosystem, slik at det enes avfall blir den andres ressurs.

Det foregår mange IMTA-prosjekter rundt omkring i verden, men i Norge henger vi etter. Man er blant annet bekymret for manglende lønnsomhet på kort sikt. Det mangler også vesentlig kunnskap, blant annet om IMTAs mulige påvirkning av omgivelsene. Tross utfordringer, Bellona er ikke i tvil om at IMTA er framtidens havbruk. Mulighetene er enorme. Her bør Norge forberede overgangen bedre. Vi trenger større satsing på forskning, pilotprosjekter og etter hvert oppstart av kommersiell drift.

Man bør kun bruke arter som er naturlig tilstede, for å unngå utilsiktede negative konsekvenser på økosystemet. I Norge er det store potensialer med blåskjell, alger og virvelløse dyr (hummer, kråkeboller, sjøpølser, børstemarker etc.). Forskning har vist at blåskjell vokser raskere når de dyrkes i forbindelse med fiskeoppdrett. De filtrerer vannet, og har vist seg gunstig for å redusere spredning av lakselus og smittsomme sykdommer.

Alger er gode kilder til proteiner og omega 3, og egner seg godt som ingrediens til fiskefôr. Alger er svært interessant som biomasse til produksjon av energi. Mesteparten av det som produseres av petroleum i dag kan potensielt erstattes av alger på sikt, blant annet plast. Alger binder CO₂ og motvirker havforsuring. Veksthastigheten kan gjøre algedyrking til et viktig klimatiltak.

På sikt tror Bellona at en overgang fra monokultur til IMTA vil øke lønnsomheten. Det vil være rimeligere å bygge om et eksisterende havbruk enn å starte nytt. Her bør vi se til land som har kommet mye lengre enn Norge, som Canada, USA og Kina. Bellona samarbeider med flere forskningsinstitutter i Norge om IMTA-pilotprosjekter, blant andre Havforskningsinstituttet, SINTEF og NTNU.

1. Innledning

1.1 Utfordringer i dagens norsk havbruksnæring

Havbruksnæringen i Norge har økt kraftig siden 1970-tallet hvor produksjonen var på under tusen tonn. I 2012 ble det produsert over 1,3 million tonn oppdrettsfisk og skalldyr med en salgsverdi på nesten 31 milliarder kroner (Statistisk Sentralbyrå). Det er ingen tvil om at havbruksnæringen er viktig for norsk økonomi.

Utviklingen i havbruksnæringen går i retning av stadig færre enheter med større produksjon. Produksjonen av laks har de siste årene økt i volum med i overkant av 10 % per år, mens antall sjølokaliteter har hatt en svak nedgang (Johansen et al. 2013). Økningen i produksjonen tas ut gjennom større biomasse på hver lokalitet. Teknologien er forbedret, men det er fortsatt miljøutfordringer: Hvert eneste år rømmer oppdrettsfisk som kan være en trussel overfor ville bestander; lakselus som fortsatt kan være et betydelig problem for villaksbestandene; dårlig utnyttelse av fôrråstoff og forurensning gjennom utslipp av næringssalter, organisk materiale og kjemikalier. Bellona mener at det ikke trenger å være slik. Det eksisterer muligheter som kan redusere disse konfliktene betraktelig.

Begrepet “bærekraft” har blitt introdusert for å vise nødvendigheten av å skape en balanse mellom miljømessige, økonomiske og sosiale dimensjoner. Dessverre er begrepet komplekst og mye misbrukt. Det er behov for større bevissthet om hva bærekraft er og hvordan det kan oppnås. Bærekraft kommer til å ligge som et fundament i fremtidens akvakultur. Akvakultur er viktig som en del av verdens matproduksjon, det bidrar til å redusere fiske på ville bestander, og samtidig skapes arbeidsplasser. Bærekraftig havbruk bør være miljøvennlig, økologisk effektiv, produktdiversifisert, lønnsomt, og til nytte for samfunnet.



Tradisjonell oppdrettslokalitet (Foto Annelise Leonczek)

1.2 Verden trenger mer mat

Befolkningsveksten fortsetter å øke og er estimert til å passere 9 milliarder mennesker i utgangen av 2050. Det er ingen tvil om at verden trenger mer sunn mat. Havets ressurser må forvaltes bærekraftig. Verdenstrenden har vært å forsøple og overbelaste havet på en måte som grenser til økosystemets egen bæreevne. Når vi høster ressursene i en hastighet som er større enn hva

naturen klarer å produsere tilbake, må vi dyrke maten selv. Integrerte havbrukssystemer gir muligheter til å dyrke arter med stor kommersiell eksportverdi sammen. Fisk, alger og blåskjell kan eksempelvis kombineres med hummer, krabber, kråkeboller, børstemark, reker, sjøpølser og sekkedyr. Mange av disse har biofiltreringsegenskaper og inneholder proteiner og omega 3. Enkelte alger har et høy næringsrikt innhold av proteiner, vitaminer, essensielle fettsyrer, antioksidanter og mineraler (omega 3 oljer fra fisk kommer fra alger som fisken har spist). Havbruksnæringen har en infrastruktur som med enkelte justeringer gir fremtidige muligheter til å integrere en rekke arter sammen med den tradisjonelle oppdrettsfisken. Arter fra ulike trofiske nivåer med ulike funksjoner, kan fungere sammen som et lite økosystem. Slik kan havets ressurser utnyttes bedre.

1.3 Verden trenger mer fornybar energi

Behovet for å finne gode energialternativer øker med befolkningsveksten og forurensningen. Forbrenning av fossilt brennstoff og petroleumsvirksomhet har gitt oss store globale og økologiske utfordringer. Havforsuring og varmere vann endrer artsmangfoldet og habitater raskere enn hva forskerne tidligere antok. Økt havforsuring kan skape store økonomiske tap for havbruks- og fiskerinæringen. Havforsuring kan ha direkte effekter på organismer som er viktig næringskilde for fisk og den kan ha direkte effekter på fiskelarver og yngel. Hos fisk er hørsel- og balanseorganet laget av kalk, og dette organet kan bli påvirket av lavere pH.

Med globale utfordringer er det spesielt viktig å tenke ut nye innovative løsninger. Storskala produksjon av tarebiomasse i forbindelse med oppdrett gir store muligheter til å produsere fornybar energi som biogass eller bioetanol. I den forbindelse har havbruksnæringen et stort potensial både til å bidra med å binde opp CO₂ og gjøre havet mindre surt, til habitatfornyelse og til produksjon av fornybar energi.

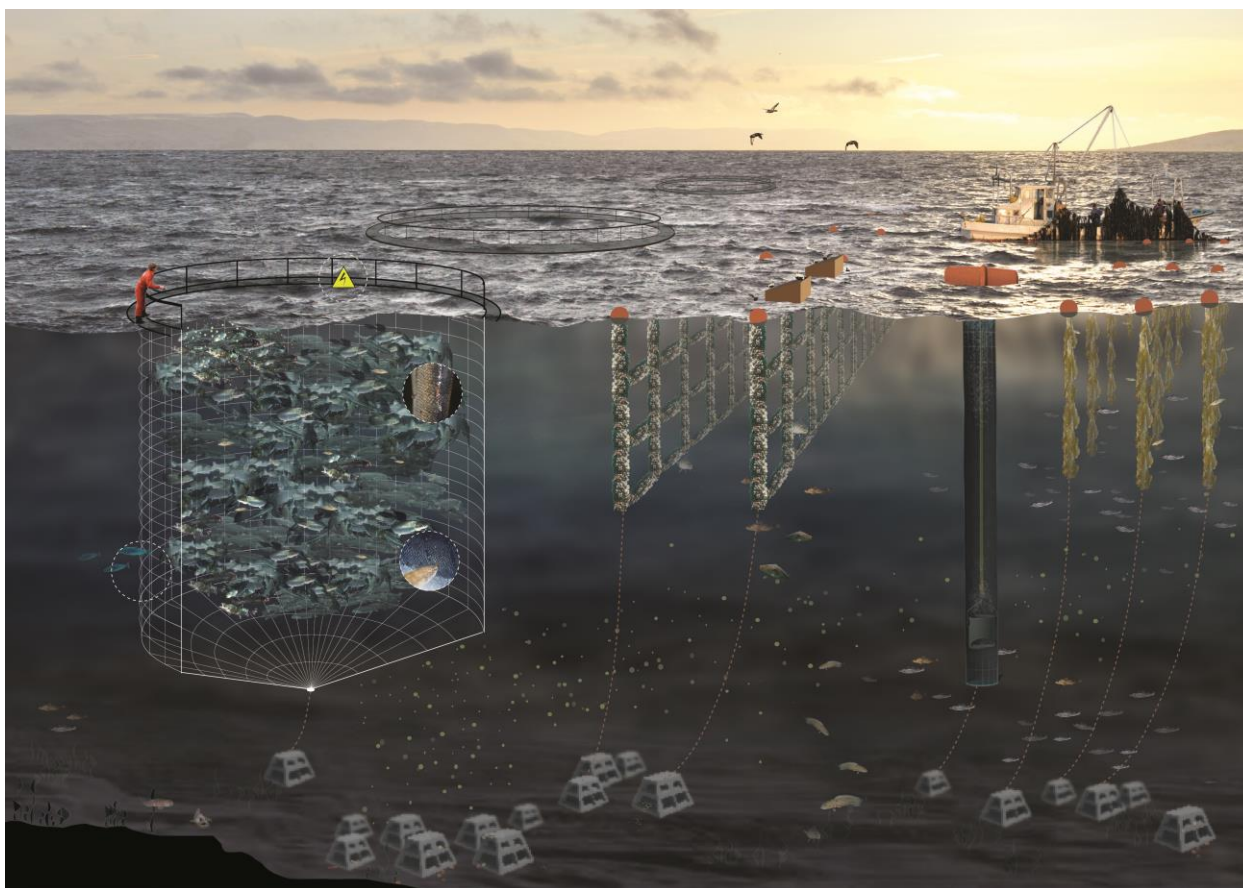
1.4 Om rapporten

Bellona publiserte rapporten «Miljøstatus for norsk havbruk» i 2003 og mye har skjedd i havbruksnæringen siden den gang. Bedre og mer effektive teknologiløsninger har løftet næringen opp på et nivå som kan videreutvikles og integreres med gode miljøløsninger. Bellona har tatt del i jakten på nye løsninger, nye ressurskilder og nye produkter som vil ha betydning i tiden framover. Næringen har store ambisjoner om vekst. Det må skje i samsvar med økosystemet. Denne rapporten omhandler hvordan havbruket kan utvikles fra monokultur av laksefisk til integrert og bærekraftige økosystemer. Dette avhenger av at havbruksnæringen, forskningsinstitusjoner og politikere samarbeider. Potensialet for biomasseproduksjon er enormt og teknologier er tilgjengelig.

2. Oppdrett i dag og dens utfordringer

2.1 Produksjon

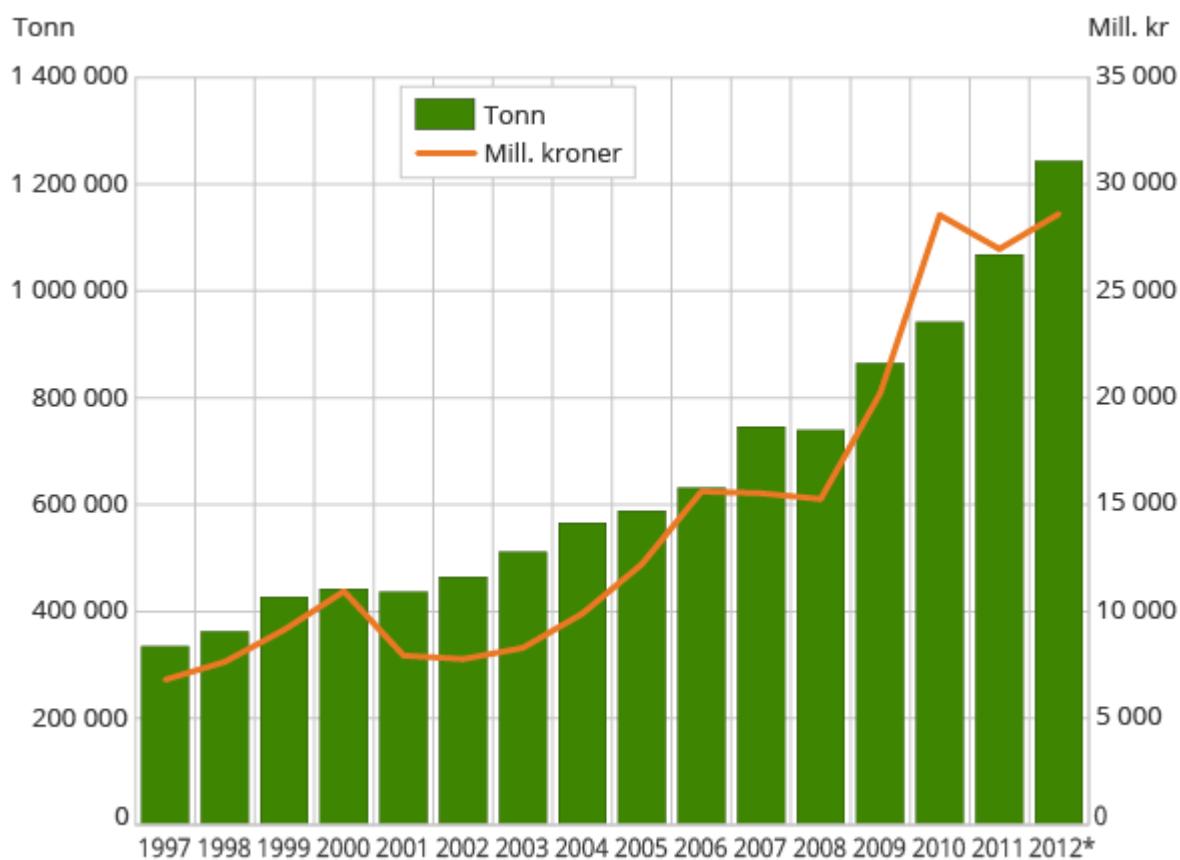
Oppdrett av laksefisk i Norge er i dag basert på monokulturer (Figur 1). Det betyr at det dyrkes bare en art i store mengder. Produksjonen i monokulturene er høy. I 2012 ble det produsert 1,2 million tonn oppdrettslaks og 70 000 tonn regnbueørret (Statistisk sentralbyrå). Laks utgjorde hele 93,6 prosent mens regnbueørret utgjorde 5,3 prosent, til en sammenlagt førstehandsverdi på 30,7 milliarder kroner (Figur 2). Oppdrettsnæringen har forbedret seg på en rekke områder de siste ti årene, men det er fortsatt viktige utfordringer som må løses.



Figur 1. Oppdrettsnæringen slik den er i dag med monokulturer (illustrasjon laget av Minsk & Bellona).

I monokulturer kan driften gjøres effektiv, rasjonell og mekanisert med en høy produksjon. Problemet med slik vekst i et etablert økosystem er at bærekapasiteten til økosystemet kan overbelastes. Det fører til at systemet kommer i ubalanse, og derfor ikke er bærekraftig. Det er mange faktorer som bidrar til denne trenden av ubalanse, blant annet: Fisk som rømmer; parasitter og sykdommer; utslipp av næringssalter og organisk materiale; utslipp av kjemikalier mot lakselus; kobberimpregnering av nøter; og dårlig utnyttelse av fôrressurser.

Solgt mengde og førstehandsverdi av laks. 1997-2012



Kilde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 2. Solgt mengde og førstehandsverdi av laks (Kilde Statistisk Sentralbyrå).

2.2 Fisk som rømmer

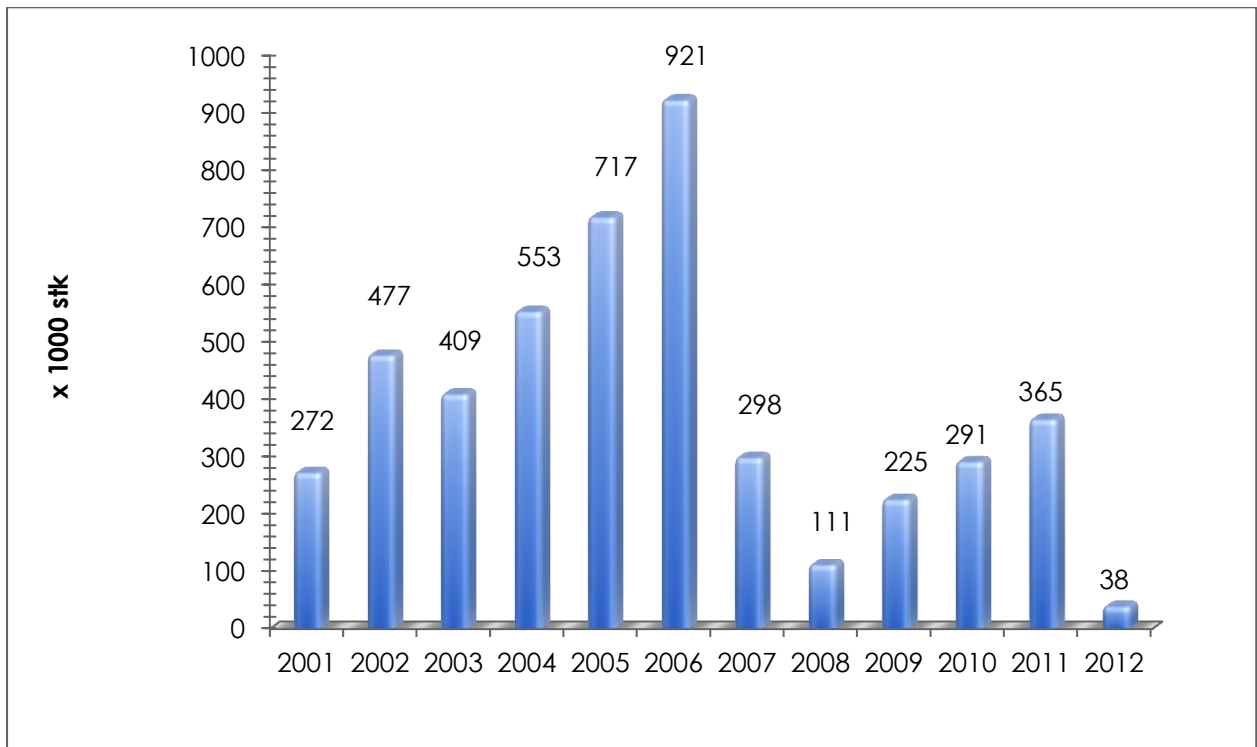
En av oppdrettsnæringens største miljøutfordringer er at det rømmer oppdrettsfisk hvert eneste år. Den rømte fisken kan utgjøre en trussel overfor ville bestander av laks og ørret. Rømming er et kriminalisert felt, og kan føre til store økonomiske og strafferettslige konsekvenser for selskapene, og de ansatte (Thorvaldsen et al. 2013). Oppdrettsnæringen og norske myndigheter har en nullvisjon når det gjelder rømming av fisk. Det operative målet er å nå et nivå hvor rømt oppdrettsfisk ikke påvirker villfisken negativt. Dessverre ligger dette et stykke frem i tid. Tallene fra Fiskeridirektoratet (FD) viser at rømming fortsatt er et problem. I 2011 rømte det 365 000 laks og 2700 regnbueørret. Etter en betydelig nedgang i rømming i årene 2007/2008 var det en økning hvert år frem til 2011. Selv om tallene er mindre enn i perioden fra 2002-2006 er det fortsatt rømming av laks (Figur 3) og ørret (Figur 4). I 2012 så man en sterk nedgang i rømt laks og en sterk økning av rømt ørret. FD har fått innrapportert rømmingsepisoder som samlet utgjør om lag 170 961 individer av laksefisker. Av dette utgjør laks 38 199, og regnbueørret 132 762 individer (Figur 3 og 4). Samtidig har total produksjonen økt. Ser en ellers på statistikken for rømming av ørret vil en se at den preges av år nesten uten rømming, og år der enkelthendelser

påvirker statistikken svært mye. 2012 bekrefter denne trenden. Regnbueørret er ikke en art som finnes naturlig i våre farvann, og 30-40 år med oppdrett har heller ikke ført til at den har etablert seg i elv som følge av rømming.

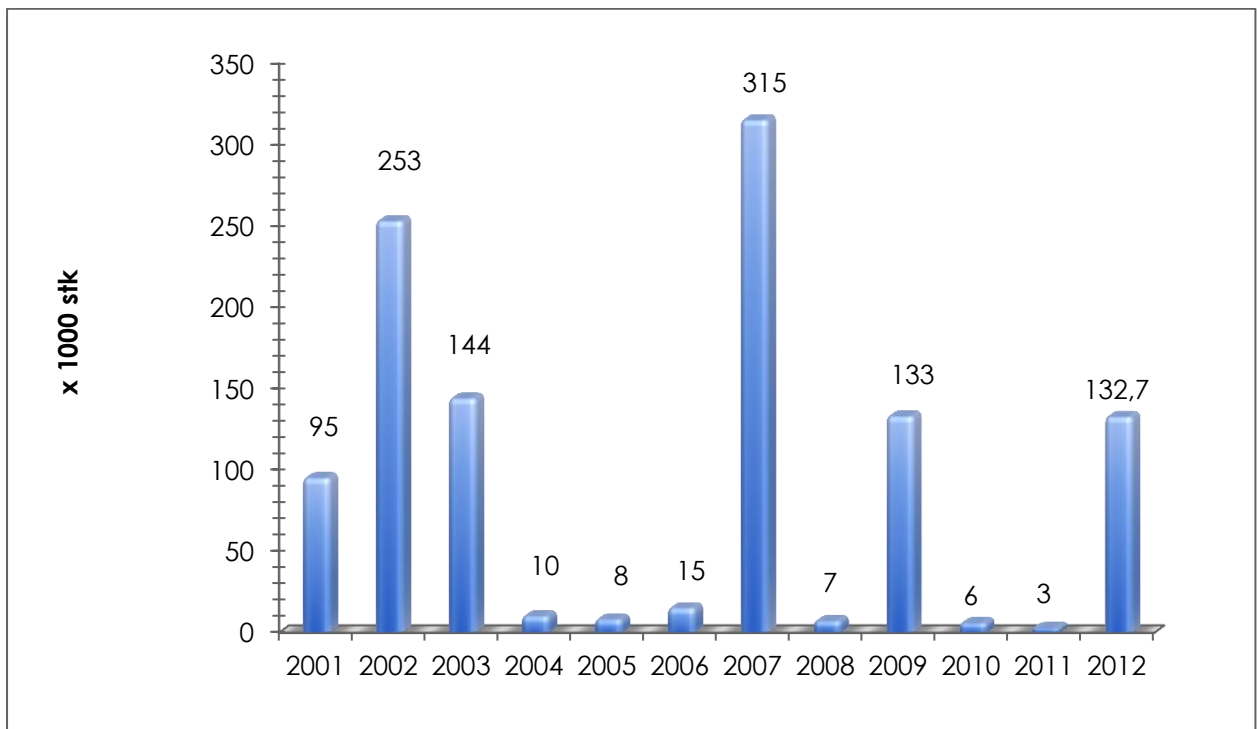
Oppdretter plikter å melde ifra til FD straks vedkommende kjenner til eller mistenker om at fisk har rømt. Det foreligger sannsynligvis mørketall som ikke er registrert. FD mistenker 10 episoder som ikke er rapportert i 2012, og det reelle antallet rømt fisk blir da vanskelig å estimere. Dagens situasjon er fortsatt ikke bærekraftig. Det rømmer fortsatt fisk fra norske oppdrettsanlegg og potensielle skader på villfisk er uakseptable.

Stor andel av rømt fisk skyldes anleggssvikt som følge av dårlig vær og for dårlige rutiner. Operasjonsfeil med menneskelig svikt er kjerneårsaker og gnaging fra bunnringeskjettinger lager store rifter og kan forårsake store rømminger. De rapporterte rømmingene skjer gjennom hele produksjonsrekken; landanlegg, transport, sjøanlegg, og slakteri. Rømmingsproblemet er helt klart næringens ansvar, og klarer de ikke oppgaven bør myndighetene vurdere å sette inn flere tiltak.

Det er en kontinuerlig utvikling av teknologisk utstyr til oppdrettsnæringen som kan redusere faren for rømming. Det varierer hvilken grad teknologien blir benyttet av næringen selv. Det første som bør gjøres er enkle grep og en forbedring av de daglige rutiner. I SINTEF sin forskningsrapport 2013 (Thorvaldsen et al. 2013) ser man på menneskelige faktorer og rømming, og hvor viktig det er å tilrettelegge forholdene i alle ledd hvor risikoen for rømming kan forekomme. Arbeid på merdene kan ofte være tungt og slitsomt og i situasjoner hvor været er dårlig er det lett å gjøre feil. Da er det ikke teknologien som svikter, men mennesker. Rapporten er ment som et bidrag til økt innsikt i hvordan arbeidet kan organiseres og tilrettelegges for å redusere risiko for rømming.



Figur 3. Rapporterte rømmingstall for laks fra 2001-2012 (Kilde Fiskeridirektoratet)



Figur 4. Rapporterte rømmingstall for regnbueørret fra 2001-2012 (Kilde Fiskeridirektoratet)

2.2.1 Lukkede anlegg i sjø

Lukkede anlegg er ikke nytt for havbruksnæringen. I flere år har smoltproduksjonen foregått i lukkede anlegg på land, fordi en bruker ferskvann i denne delen av produksjonen. Når det gjelder produksjon i sjøfasen, er denne teknologien ikke ferdig utviklet for storskalaproduksjon. Lukkede anlegg kan bestå av stål, betong, plast, kompositt, duk og not i sjøen med et kontrollert inn- og utløp. Det foreligger en rekke nye forslag til lukkede anlegg i ulike materialer og design. SINTEF har i sin rapport fra 2011 (Rosten et al. 2011) evaluert dagens metoder av lukkede anlegg og konkluderer med at det ennå mangler vitenskapelige data på storskala utprøving av lukkede oppdrettskonsepter. Dette gjelder både innenfor teknologi, økonomi og biologi. Det er heller ingen sikkerhet for at fisk ikke rømmer, og energibehovet for å pumpe vann er høye. Bellona mener likevel at lukkede anlegg bør utprøves i større skala. Flere aktører ser mange fordeler med semilukkede anlegg for laksefisk i sjø i tidlig fase der fare for luseangrep, infeksjoner, dødelighet og rømming reduseres. Semilukkede anlegg for stor matfisk virker i dag lite sannsynlig.

2.2.2 Lukkede anlegg på land

Det er fortsatt diskusjoner om lukkede oppdrettsanlegg på land med resirkuleringsteknologi kan være en løsning for å få redusert næringens utfordringer med rømming og sykdomsspredning. Teknologien er godt egnet til smoltproduksjon og postsmoltproduksjon (ung laksefisk med en lengde på 12–20 cm som er klar for utvandring til sjø), men lite energi- og økonomisk lønnsomt for voksen fisk. Det vil kreve store landarealer og er langt mindre kostnadseffektiv enn å utnytte havområdene. Allikevel satses det på landproduksjon av laks i andre land. I Hvide Sande i Danmark har laksen blitt produsert på land med resirkuleringsteknologi. Produksjonen er estimert til 1000 tonn laks årlig. Det er også planer om å bygge lignende anlegg i USA og i Gobiørkenen. En slik produksjon på land kan lønne seg i land med lavere kostnader enn i Norge, med liten eller ingen tilgang på egnede kystområder, og med tilgang til stort flatt terreng som ikke er i konflikt med kultur, turisme eller andre næringer.

2.2.3 Merking av fisk

Bellona og andre miljøorganisasjoner gikk ut i oktober 2011 med et forslag om dobbelmerking av fisk. Et slikt tiltak vil bidra til skjerpet kontroll i oppdrettsnæringen og muligheter til å spore hvor den rømte fisken kommer ifra. Dobbeltmerking av fisk vil fort kunne skille ut hvem som er synderne og man slipper å straffe hele næringen. Det vil tjene både de seriøse oppdrettere og miljøet på sikt. Merking av fisk vil være naturlig å gjøre i forbindelse med vaksinerings (Kristiansen et al. 2012).

Det er flere metoder for å merke fisk. For eks. Coded Wire Tag er en bitteliten metallbrikke på bare 1 millimeter som settes inn i nesen på fisken. En tallkode på brikken kan enkelt leses av i mikroskop, og ettersom hver enkelt fiskegruppe gis en egen nummerserie er det enkelt å spore opp hvor fisken stammer fra. Innsigelser er at alt av fisken brukes og at metallbrikken da vil

kunne komme inn i mat. En slik metode vil ikke kunne benyttes til å identifisere visuelt om det er oppdrettsfisk eller villfisk.

En metode som har vært diskutert som en mulig tilleggsløsning ved siden av merking for å sortere ut oppdrettslaks er fettfinneklipping. Problemet med det sistnevnte er at man vet for lite hvordan dette påvirker fiskens adferd og helse. Det er to relevante lovverk her; 1) forskrift om drift av akvakultur-anlegg (§ 31 om forbud mot fjerning av kroppsdeler på levende fisk), og 2) lov om dyrevelferd (§ 10 om merking av dyr). Havforskningsinstituttet har på bestilling fra Mattilsynet og Fiskeridirektoratet evaluert fettfinneklipping som merkemetode for laks i oppdrett (Kristiansen et al. 2012). Det utelukkes ikke at det kan være negative konsekvenser på produksjon og adferd, og det er besluttet at fettfinneklipping ikke skal benyttes i Norge.

Fettfinneklipping er en vanlig benyttet metode i USA og Canada (Kristiansen et al. 2012) med generelt liten eller ingen negativ effekt på vekst og overlevelse (Vincent-Lang 1993). Havforskningsinstituttet har også gjennom erfaring ikke observert sår eller infeksjoner i området rundt fettfinnen i ettertid eller hatt mistanke om at behandlingen har ført til ekstra dødelighet. Totalt finneklippes flere hundre millioner fisk i USA og Canada, og over 50 millioner laksefisk er også merket med Coded Wire Tag (Kristiansen et al. 2012). Det er fortsatt uklart hvilken funksjon fettfinnen har i naturen. Fettfinnen er ikke forsvunnet gjennom evolusjon i løpet mange millioner år, noe som kan tyde på at den har en funksjon (Reimchen & Temple 2004). Når det gjelder oppdrettsfisk som ikke skal klare seg i naturen har fjerning av finnen trolig liten effekt på atferd i oppdrettsenhetene (Kristiansen et al. 2012).

Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening (FHL) og Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har initiert flere prosjekter som skal utvikle verktøy som skal bidra til at rømt fisk kan spores tilbake til oppdretter. Dette er blant annet prosjekter hvor genetiske metoder kan benyttes til å gjenkjenne oppdrettsfisk med stor sannsynlighet (Karlsson et al. 2011). I prosessen benyttes Single Nucleotide Polymorphism (SNP) som er en genetisk markør. Denne markøren hjelper til med å kople avkom til foreldre. Metoden er robust og kostnadseffektiv og kan skille oppdrettsfisk fra villfisk.

2.2.4 Sterilisering av fisk

Det eksisterer tilgjengelig teknologi for å produsere steril oppdrettslaks i stor skala. Sterilisering av oppdrettslaksen er ett av flere tiltak som kan redusere risikoen for uheldig genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks (HI rapport 2012), men det er fortsatt en del utfordringer som må løses.

Aqua Gen som produserer lakserogn, har utviklet et nytt pilotanlegg for storskala produksjon av steril rogn. Den befruktete rognen har i utgangspunktet tre sett med kromosomer som normalt reduseres til to sett. Under høyt trykk beholder rognen tre sett kromosomer. Denne kromosomforandring er årsaken til at den voksne fisken blir steril. Både ung og voksen steril fisk kan lett identifiseres ved å analysere DNA-innholdet i de røde blodcellene ved bruk av flowcytometri (Bakketeig et al. 2013). Produksjonsanlegget til Aqua Gen har kapasitet til å sterilisere én million lakserogn i timen. Forskning fra 1980- og 90-tallet har imidlertid vist at steril laks kan ha økt dødelighet, noe dårligere vekst og mye skjelettdeformasjoner. Ut fra både

velferdsmessige og økonomiske hensyn har det derfor vært skepsis mot å bruke steril laks i oppdrett (Fjelldal et al. 2012, i HI 2012). Aqua Gen og Havforskningsinstituttet har sammen med næringen og internasjonale forskningsinstitusjoner arbeidet med å kartlegge hvordan steril laks klarer seg under ulike oppdrettsbetingelser. Det ble observert at steril fisk vokser raskere i ferskvann, men det er sprikende resultater av veksthastighet i forhold til ikke-steril fisk i saltvann. Andre resultater fra disse forsøkene viser at det er fortsatt problemstillinger rundt helse og vekst til steril oppdrettsfisk:

- Steril fisk har et høyere behov for fosfor i dietten for å unngå skjelettdeformasjoner, men dette kan reduseres med lavere vanntemperatur i perioden fra befruktning til startfôring.
- Steril laks er mer følsom for feilutvikling i hjertesekken. Dette kan medføre til nedsatt vekst og økt dødelighet.
- Det er generelt mer katarakt (grå stær) hos steril fisk.
- Steril fisk er mer følsom for høye temperaturer i kombinasjon med dårlige oksygenforhold. Dette kan bety at steril fisk er best egnet for oppdrett i områder hvor temperaturen på sensommeren ikke blir for høy
- I hvilken grad sterile hanner kan påvirke gyteresultatet i lakseelvene er fortsatt usikkert, men i laboratorieforsøk så viser sterile hanner like stor aggressivitet under gyting som ikke steril fisk.
- Steril fisk vil uansett ikke produsere levedyktig avkom, og de kan dermed ikke endre genstrukturen i de ville populasjonene.

En viktig problemstilling er da om rømt, steril fisk er i stand til å kurtisere og stimulere vill hunnlaks slik at rognen bli sluppet uten at de blir befruktet. I et slikt scenario kan i verste fall problemet med rømt steril fisk bli et stort problem (Skaale et al. 2012, i HI rapporten).

2.2.5 Kapsel- og sonarteknologi

Et nytt EU finansiert prosjektet ledet av Seafood Security skal teste ut muligheter med å overvåke oppdrettsanlegg ved bruk av en patentert kapsel- og sonarteknologi. Man setter en kapsel inn i hver fisk, slik at bevegelser registreres via lydbølger i vann og store datamengder blir lagret. Formålet med kapselen er å optimalisere driften i oppdrettsanlegget. Hvis fisken rømmer kan den avlives eller immobiliseres via kapselen.

2.2.6 Dyneema-nett

Bedre nøter kan redusere rømming. Dyneema-nett som består av verdens sterkeste fiber er 15 ganger sterkere enn stål og 40 % sterkere enn nylon. Nettet er lett i vekt og kan derfor lufttørkes når den skal renses. Havbrukselskapet Loch Duart i Skottland var en av de første som begynte å bruke Dyneema-nett for å redusere rømming. Loch Duart bruker ingen kjemiske antibegroingsmidler på garn eller fortøyninger, noe som er vanlig praksis i næringen for å hindre vekst av organismer. I stedet så blir nettene rengjort etter naturlig tørking i sol og vind. Bellona

erfarer at det er få som bruker denne teknologien til tross for at den er tilgjengelig. Årsaken kan være blant annet at prisen ligger høyere enn andre nøter på markedet og at det er tungvint og upraktisk med lufttørring.

2.2.7 Laksegjerde

Ny teknologi utviklet av BioSorts i samarbeid med SINTEF kan fange rømt oppdrettslaks i norske elver. Teknologien har til nå ikke blitt benyttet. Dette kan bli en viktig del av løsningen for å begrense skadevirkningene av rømt oppdrettsfisk. Laksegjerde er en helautomatisert teknologi som renser elver for oppdrettslaks med umiddelbar effekt etter installasjon. Den sorterer laksen basert på optisk gjenkjenning. Rømt laks sendes til holdekum og villaks slippes igjennom.



Laksegjerde (Foto Biosort)

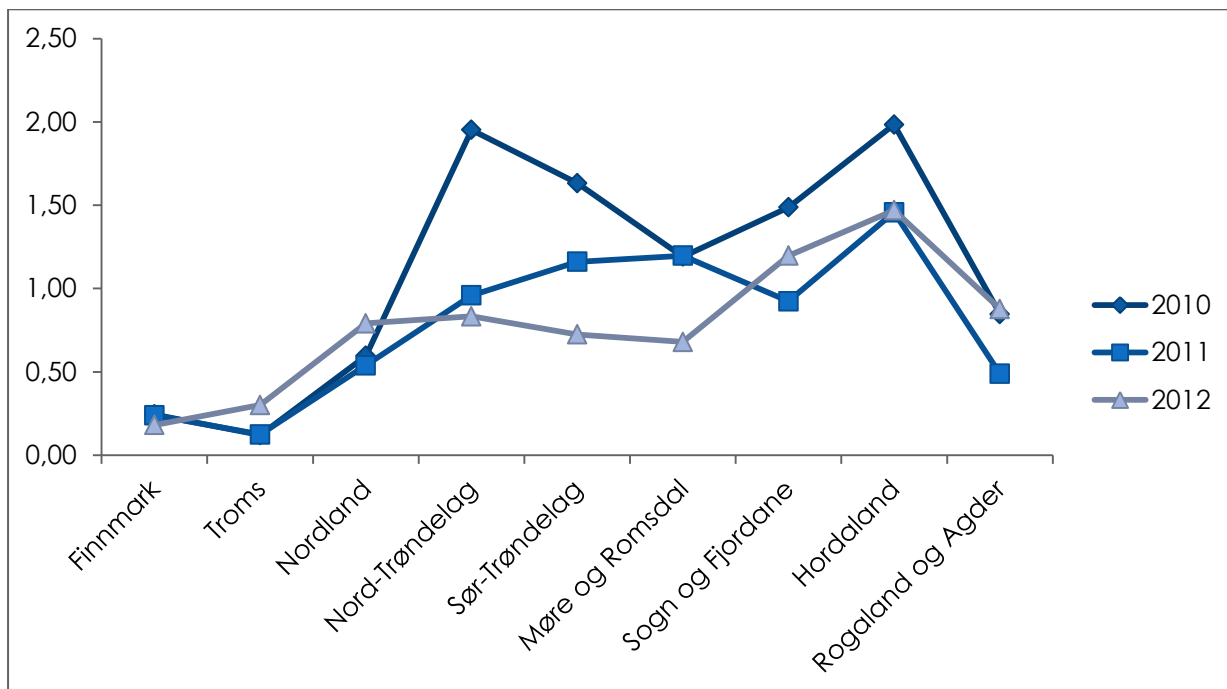
2.3 Lakselus

En annen stor utfordring oppdrettsnæringen fortsatt sliter med er lakselus. Hvert år bruker næringen omtrent halvannen milliard kroner på å bekjempe lakselus. Det er en rekke forsøk på gang for å begrense/bekjempe lusepåslag i oppdrettsanlegg. Noen av disse er termisk avlusning,

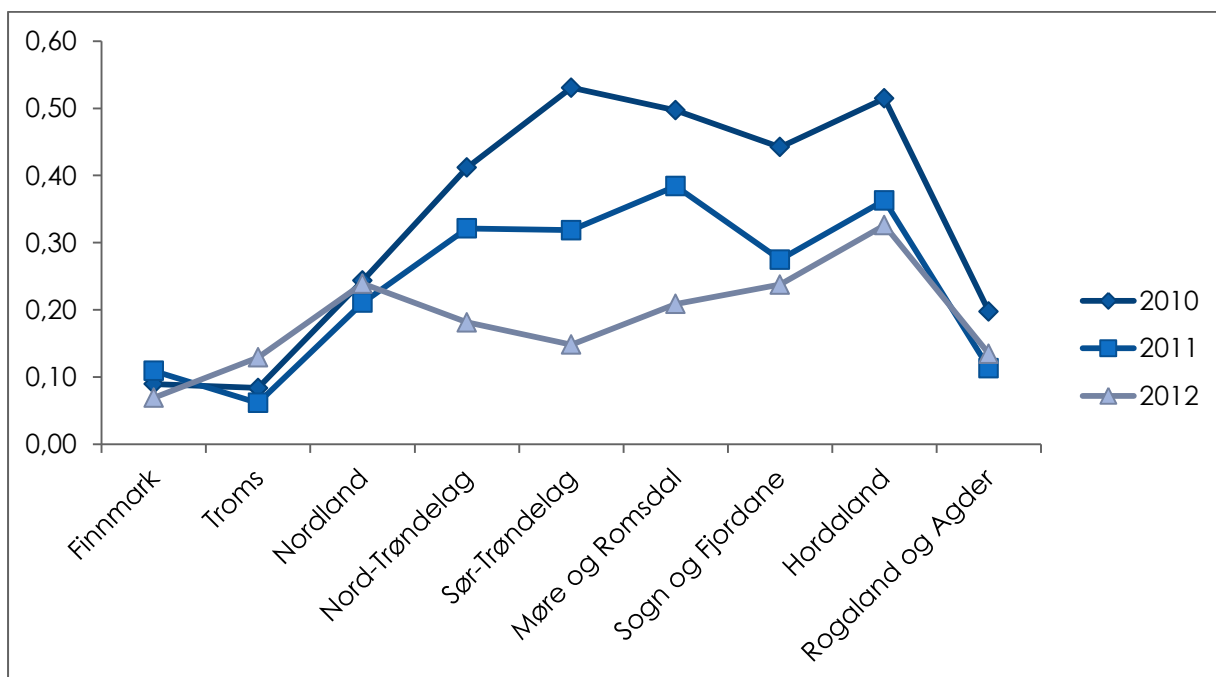
avl mot lus, bruk av blåskjell, utvikling av vaksine mot lus, bruk av strøm, snorkelmerd, planktonduk, permaskjørt, mekanisk avlusning, lusefelle, lukket merd, bruk av laser, funksjonelt fôr og bruk av elektrisk strøm. Flere av disse prosjektene er beskrevet på lusedata.no. Noen av disse prosjektene omtales nærmere her (se under 2.3.1-2.3.5). Lovverket per i dag sier at man ikke skal ha mer en 0,5 voksen hunn lus per fisk. Selv om det er lite per fisk og ikke skadelig for oppdrettsfisken, blir det produsert store mengder med lakselus i et oppdrettsanlegg. For å gjøre et enkelt regnestykke på en lokalitet med fire merder og totalt 800 000 fisk vil det gi 400 000 modne hunner. Hver av disse produserer mellom 7000-11 000 egg. Selv om flere av eggene ikke blir befruktet og utvikles til nye luselarver, er det ikke vanskelig å forstå at det er en stor produksjon av planktoniske lakselus som blir ført bort med strømmen. Selv om utvikling er redusert de siste tre årene (Figur 5 og Figur 6) er det fortsatt for mye lakselus. Områdene fra Trøndelag til Hordaland ser ut til å slite mest med luseproblemet (Figur 5 og Figur 6).



Lakselus (Foto Andreas Hagemann)



Figur 5. Bevegelig lus de siste tre årene (Lusedata)



Figur 6. Voksne hunnlus de siste tre årene (Lusedata)

2.3.1 Utslipp av kjemikalier mot lakselus

Behandling av luseinfisert oppdrettsfisk kan deles i tre hovedkategorier, som gjerne brukes i kombinasjon: Leppefisk, bademidler, og medisinpellets. Den første, leppefisk, har få

miljøulemper, men visse begrensninger ved praktisk bruk. De to andre påfører fisken og det marine miljø giftige stoffer. Av kjemiske stoffer som benyttes til bekjempelse av lakselus i oppdrettsanlegg brukes blant annet midler som skal hemme syntesen av kitin hos lakselusa og dermed stoppe skallskiftet. Medisinen blandes i fôret eller i vannet. Teflubenzuron er et legemiddel som blir brukt mot lakselus men problemet er at den også hemmer syntesen av kitin hos andre krepsdyr som lever i vannmassene og på havbunnen rundt oppdrettsanlegg (Samuelsen et al. 2013). Lusemidlene synker ikke bare til bunnen men spres over større områder. Prøver som er tatt ved tre oppdrettsanlegg, viser hvordan lusemidlene sprer seg utover i fjordene (NIVA Rapport 2011 på oppdrag for KLIF). Kjemikaliene er gjenfunnet opptil en kilometer unna oppdrettsanleggene (Samuelsen et al. 2013). Det har også vist seg ved flere anledninger at lakselusa har utviklet motstandsdyktighet mot kjemikaliene. Det totale forbruket av kjemiske midler mot lakselus økte i 2009 og 2010, men gikk noe ned i 2011 (Tabell 1). Det var en betydelig økt bruk av alle virkestoffer mot lakselus i 2012 med unntak av emamektin i forhold til året før (Tabell 1). Størst økning var det i bruken av kitinsyntesehemmerne diflubenzuron og teflubenzuron (Tabell 1). I 2012 ble kitinsyntesehemmere brukt i omtrent 6 % av behandlingene.

De ulike kjemikaliene som blir benyttet mot lakselus kan ha negative effekter på miljøet i store konsentrasjoner. I Bellona sin havbruksrapport fra 2003 beskrives antatte miljøeffekter, virkemåte, nedbrytning, spredning og toksisitet av de vanligste lakselusmidlene.

Det har vært engstelser blant folk om det er sunt å spise laks som har fått behandling med kitinhemmere. Undersøkelser har vist at bruk av lakselusemiddelet flubenzuron er ikke et mattrygghetsproblem i fisk (Havforskningsinstituttet; Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning), men er et miljøproblem med blant annet signifikant negativ effekt på hummerlarver (Samuelsen et al. 2013).

Fordi det finnes andre og bedre metoder i kampen mot lakselus, mener Bellona at slike miljøødeleggende kjemikalier som kan ødelegge balansen i økosystemet burde reduseres til null.

En mer miljøvennlig avlusningsmetode som benyttes er hydrogenperoksid (H_2O_2) som er en kraftig oksidant, og brukes ofte som blekemiddel og til desinfeksjon. Hydrogenperoksid spaltes spontant til vann og oksygen. I motsetning til de andre bademidler har hydrogenperoksid stort sett vært brukt ved avlusning i brønnbåter. Fordelen er at hydrogenperoksid er mer miljøvennlig enn kitinhemmere. Ulempen er hydrogenperoksid er mindre effektiv (har kun effekt på bevegelige stadier av lakselus) og at lusa bare slipper taket uten å dø. Lusa må deretter samles opp og destrueres etter behandling. Det er også større risiko med hensyn til både rømming og stress når fisken transporteres til og fra brønnbåten for avlusing.

Tabell 1. Midler mot lakselus målt i kg aktiv substans fra 2009-2012 (Kilde Folkehelseinstituttet)

	2009	2010	2011	2012
Azametifos	1884	3346	2437	4059
Cypermethrin	88	107	48	232
Deltamethrin	62	61	54	121
Diflubenzuron	1413	1839	704	1611
Emamektin	41	22	105	36
Teflubenzuron	2028	1080	26	751
Totalt	5516	6454	3374	6810
Hydrogenperoksid (tonn)	308	3071	3144	2538

2.3.2 Lusevaksine

I flere år har forskerne arbeidet med å kartlegge arvestoffet til lakselus (Bakketeig et al. 2013). Dette kan bli et viktig verktøy i arbeidet med å finne nye og bedre behandlinger mot lakselus. Ved å identifisere de genene som er essensielle for lakselusens overlevelse, kan man identifisere prosesser som motvirker suksessen og utvikle bedre behandlingsmetoder.

Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet arbeider sammen om å lage en lusevaksine. Det gjøres ved å kartlegge molekylene fra laksen og lusas eget immunforsvar. Målet er å finne de riktige molekylene som kan isoleres og produseres i en vaksine slik at når lusa drikker lakseblod gjenkjenner fiskens immunforsvar lusa og angriper samtidig som lusa sitt eget immunforsvar blir satt ut av spill (Lusedata). Potensielle vaksineantigener skal testes på laks i løpet av 2013 (Bakketeig et al. 2013).

2.3.3 Lusespisende fisk

Det er flere fisker som spiser fiskelus. Leppefisk er nok den mest kjente. Berggyllt (*Labrus bergylta*) er den mest effektive av dem da den spiser lus ved lavere temperaturer enn de andre leppefiskartene. Det trengs 2-5 % leppefisk i merdene for å avluse laksen. For eksempel i en merd med 100 000 laks trengs det 2-5000 leppefisk. Overlevelseshraten for leppefisk om vinteren er lav og presset på den naturlige bestanden er høy. Det har vært en massiv økning av bruk av leppefisk fra 1977 til i dag, fra omkring 1000 fisk i 1988 til rundt 3,5 millioner i 1997, 4,4 millioner i 2009, og mellom 10 og 15 millioner i 2010 og 2011. Minstemålet for leppefisk ble i 2012 fastsatt av Fiskeridirktoratet til 11 cm. Fra og med Trøndelag og nordover er minstemålet 10 cm. Minstemål er et virkemiddel som sikrer at en ikke tømmer lokaliteten for leppefisk, men gir muligheten for rekruttering. Konflikten mellom en hardt beskattet naturlig leppefiskbestand og behovet for lusereduksjon i en voksende laksenæring viser at det er et stort behov for forskning på bærekraftig oppdrett av lusespisende fisk.

I et treårig prosjekt finansiert av næringens eget forskningsfond (FHF) som startet i 2011 skal SINTEF Fiskeri og havbruk, Havforskningsinstituttet, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Trondheim (NTNU), NIFES, Nofima og næringen selv teste ut forbedringspotensialet for oppdrett av leppefisk, og målet er å dekke 25 prosent av behovet med oppdrettet leppefisk innen 2013.

En annen lusespisende art har det siste året fått stor oppmerksomhet. Rognkjeks (*Cyclopterus lumpus* L.) er utbredt langs hele norskekysten, og er sterkere rustet for kaldere klima om vinteren enn leppefisk. Forsøk har vist at rognkjeks er mer effektiv lusespiser enn leppefisk, og den har en form som gjør at den holder seg inne i nøtene selv om den er liten i størrelse. Det foreligger både rapporter og observasjoner fra slutten av 90-tallet om rognkjeksens effektive beiteegenskaper på lakselus (Lusedata, Willumsen 2001). Til tross for lovende utsikter er det ingen kommersiell oppdrett på arten i dag, men et anlegg for storskalaproduksjon er under etablering av Norsk Oppdrettservice og Arctic Cleanerfish.



Rognkjeks som har spist lakselus (Foto Gifas)

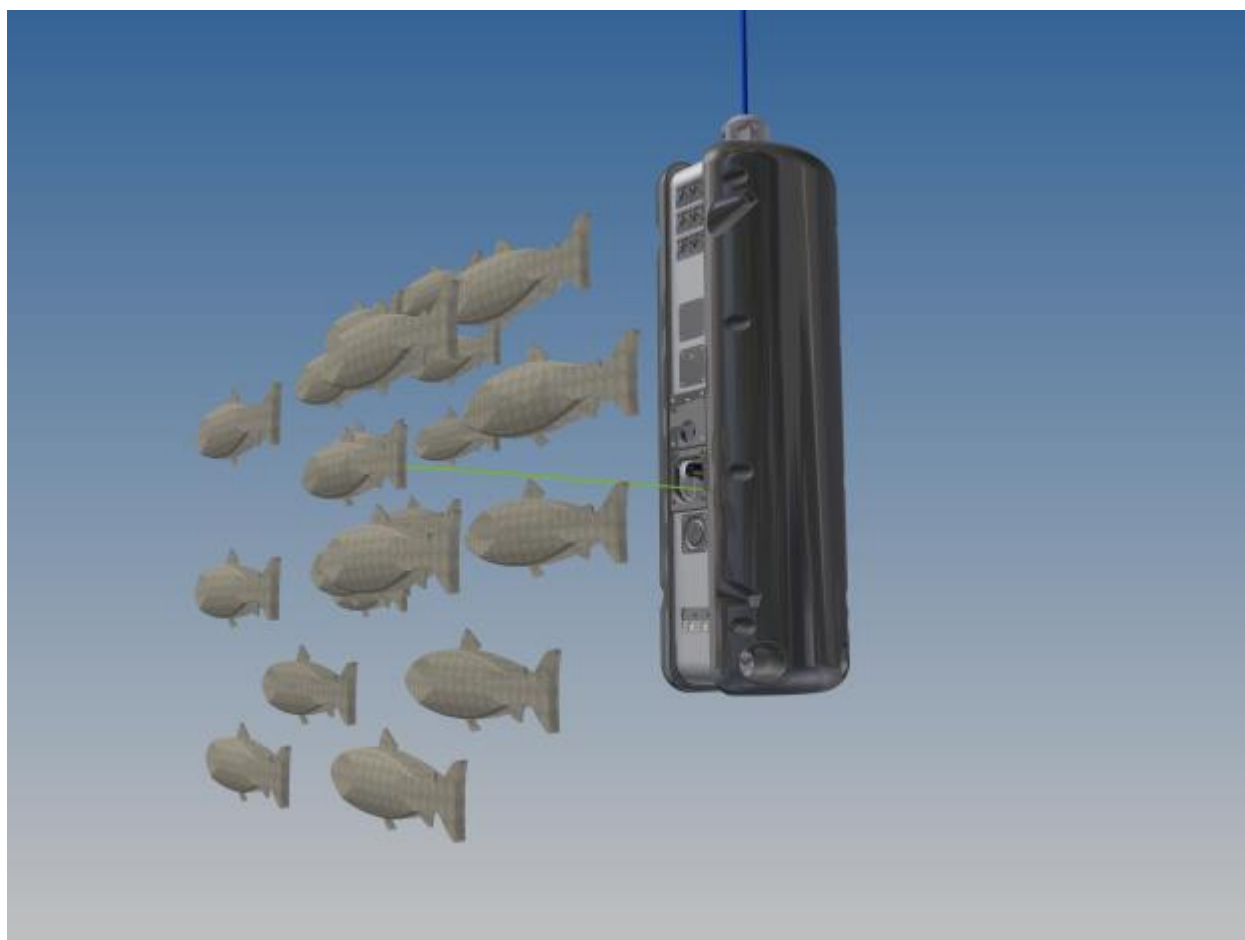
2.3.4 Strømtilknytning merder

Strømpulser i sjøen kan bli benyttet til å stoppe rømming av oppdrettsfisk, samt hindre lakselus, groe og predatorer å komme inn i merden. Systemet kalles Seafarm Pulse Guard og består av et styresystem og et elektrisk skjørt rundt oppdrettsenheten. Småskalaforsøk har vist at teknologien kan redusere nye lusepåslag med nærmere 80 %. Metoden er patentert av selskapet Seafarm Development og skal testes ut i større skala gjennom en hel produksjonssyklus.

2.3.5 Laser

Oppdrettselskapene Lerøy Seafood Group, Salmar og Marine Harvest deltar i prosjekt sammen med den norske teknologibedriften Beck Engineering for å utvikle et system for optisk avlusing av laks. Dette er en ny teknologi som sporer lakselusa, måler hvor stor den er og løser laser-skudd direkte på den. Varigheten er opptil fem nanosekunder, og kan drepe et titall lus i

sekundet. Teknologien har en kapasitet til å avluse 24 timer i døgnet uten at det påfører fisken stress. Prosjektet startet i 2012 og fortsetter ut 2013 med testing før endelige resultater vil foreligge.



Optisk avlusning av laks (Foto Beck Engineering)

2.4 Smittsomme sykdommer

Oppdrettsnæringen sliter fortsatt med en rekke virus- og bakteriesykdommer. Virusinfeksjoner er fremdeles det største sykdomsproblemet på landsbasis for oppdrettsnæringen (Johansen et al. 2013). Smittsomme sykdommer kan spres med rømt, smittet fisk og lus, men vi har fortsatt liten kunnskap i dag om økologiske konsekvenser av smitte fra oppdrettsfisk til villfisk (Havforskningsinstituttet).

2.4.1 Pancreas Disease (PD)

Pancreas Disease (PD) forårsakes av et virus som betegnes Salmonid Alfa Virus (SAV). Det er seks kjente undertyper av PD som omtales som SAV1-SAV6 (VESO & Veterinærinstituttet 2007). SAV3 er vanlig i Norge og forekommer på laks og regnbueørret. SAV2 som har vært mer vanlig i Skottland ble påvist første gang i Norge i 2010 (Johansen et al. 2013; Hjortaa et al.

2013), på Nordmøre og i Sør-Trøndelag (Mattilsynet). PD ble første gang observert i Norge i 1989. Viruset har blitt funnet i flere fiskearter, men utbruddene er registrert bare hos laks og ørret. Sykdommen rammer laksens bukspyttkjertel, hjerte- og skjelettmuskulatur, og starter gjerne med at fisken slutter å spise. Konsekvensene er nedsatt fordøyelse, redusert appetitt, svakere hjerte og dårlig tilvekst. Det resulterer i en langsom død som kan vare i 2-3 uker. PD er svært smittsomt og er en av de mest alvorlige virussykdommene som oppdrettsnæringen sliter med i dag (Mattilsynet; Veterinærinstituttet). Smitten kan lett spres videre til andre anlegg i nærheten. Sykdomsutbrudd er bare registrert i sjøvannsfasen og gjerne etter at fisken har stått lenger enn 5-7 måneder i sjøen. Dødeligheten er høy og utbruddene kan vare lenge. Stress er faktor som øker risiko for PD utbrudd (McVicar 1987).

Påvisning av PD har ligget mellom 75 og 89 lokaliteter fra 2009-2011 (Tabell 2), men økte drastisk i 2012 til 132 utbrudd (Johansen et al. 2013). Spredningen av PD nordover er det verste utviklingstrekket i helsesituasjonen i 2012 (Johansen et al. 2013). Et PD utbrudd på et sjøanlegg med 500 000 laks medfører et gjennomsnittlig tap på over 14 millioner kroner. Dette utgjør store økonomiske tap for næringen.

Det er utviklet en vaksine mot PD viruset men vaksinen har begrenset virkning og vaksinert fisk kan få utbrudd. Allikevel viser det seg at vaksinerings mot PD gir redusert dødelighet, at utbruddene er mildere, sykdomsvarigheten reduseres og at den overlevende laksen begynner tidligere å spise igjen.

Tabell 2. Antall lokaliteter i årene 2005–2012 med infeksiøs lakseanemi (ILA), pankreassykdom (PD), hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og infeksiøs pankreasnekrose (IPN) (Johansen et al. 2013).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ILA	11	4	7	17	10	7	1	2
PD	45	58	98	108	75	88	89	137
HSMB	83	94	162	144	139	131	162	142
IPN	208	207	165	158	223	198	154	119

2.4.2 Hjerte og Skjelettmuskelbetennelse (HSMB)

Hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) er assosiert med et nyopplaget reo-virus hos laks i oppdrett. Sykdommen ble første gang registrert i Norge i 1999 og forekommer langs hele kysten. Utbruddene skjer over lang tid, og smittet fisk kan være smittebærende i flere måneder. HSMB gir hovedsakelig betennelse og celledød i hjertet. Disse skadene oppstår på et tidlig tidspunkt i sykdomsutviklingen, og kan vedvare i mange måneder. Det er registrert en økning av sykdommen de siste årene (Tabell 2). I 2011 ble sykdommen rapportert på 162 lokaliteter. Dette er en økning i antall registreringer på ca 20 % sammenlignet med 2010 (Fiskehelse rapporten 2011). I 2012 ble det rapportert 142 hendelser som betyr en liten nedgang fra foregående år (Johansen et al. 2013). Det finnes ingen behandling for sykdommen i dag. Forskriftsmessig er

sykdommen på liste 3 over nasjonale sykdommer, som betyr at man må varsle Mattilsynet når sykdommen påvises. Vaksineutvikling pågår, men det er ikke kjent når denne kan være tilgjengelig på markedet (Kystlab).

2.4.3 Infeksiøs Pankreasnekrose (IPN)

Infeksiøs Pankreasnekrose (IPN) forårsakes av et motstandskraftig akvatisk birna-virus som kan overføres mellom individer og fra foreldre til avkom via rogn og melke. Sykdommen kan angripe flere fiskearter, men oftest laksefisk. Utbruddene kan skje gjennom hele ferskvannsfasen og sjøfasen. IPN er vanskelig å bekjempe fordi viruset tåler både høy og lav pH, varme og tørke, og overlever i frisk fisk. Dødeligheten ved et IPN utbrudd varierer mye, fra ubetydelig til nesten 100 % med økt stressfaktor (Sandtrø 2011).

Det finnes ingen behandling mot sykdommen, men den kan motarbeides med forebyggende helsearbeid. Antall IPN-utbrudd var i 2009 rekordhøyt, og diagnosen ble gitt på 223 lokaliteter (Tabell 2). Tross for at registrerte utbrudd er nesten halvert de siste to år fra 198 i 2010 til 119 i 2012 (Veterinærinstituttet), så er det fortsatt et problem for næringen. Det er gjort avlsmessige fremskritt de siste årene, og sykdommen kan se ut til å være redusert som et klinisk problem der det er tatt i bruk QTL-rogn. Spesialrognen "QTL-rogn" stammer fra foreldrefisk som har testet positivt for spesielle genmarkører og får avkom med høy motstand mot IPN. Dette har bidratt til å redusere antallet utbrudd. Det eksisterer en vaksine som er utbredt, men gitt tallene ovenfor, ser denne ut til å ha begrensede effekt.

2.4.4 Infeksiøs lakseanemi (ILA)

Infeksiøs lakseanemi (ILA) er en alvorlig og smittsom virussykdom som er registrert bare hos atlantisk laks. Virusets skader blodceller og blodkarsvev og kan gi alvorlig blodmangel. ILA finnes naturlig i sjøen. I Norge er ILA en type B-sykdom og det er den eneste sykdommen hos laks med et aktivt bekjempelsesprogram som kontrolleres av Mattilsynet. Ved påvisning av virussykdommen må all fisk i oppdrettsanlegget slaktes innen 80 dager. Virusutbruddet starter vanligvis i en merd og sprer seg over tid til andre merder og lokaliteter. Dette er en sykdom som forårsaker store tap for laksenæringen, dersom den ikke kontrolleres og bekjempes. Forskere fra Veterinærinstituttet har gjennom flere år (2003 til 2010) samlet inn og analysert informasjon fra over tre hundre norske lakselokaliteter hvor det har vært ILA-utbrudd for å forstå mer av hva som skjer med fisken ved smitte. Kunnskap om hvordan dette viruset smitter er viktig for at næring og forvaltning skal kunne iverksette nødvendige tiltak for å forebygge sykdommen og redusere smittespredning. Geografisk har sykdommen de siste årene hovedsakelig vært påvist i Nord-Norge med flest utbrudd i 2008 og 2009 (Veterinærinstituttet 2010). Det ble registrert syv tilfeller av ILA i 2010 i de nordligste fylkene og bare ett tilfelle av ILA i 2011, i Finnmark (Tabell 2). I 2012 var det registrert to nye utbrudd av ILA, begge i Møre og Romsdal.

2.4.5 Årsaker til sykdommer hos fisk

Redusert immunforsvar og ikke optimal fiskehelse kan være medvirkende årsak til virus- og bakteriesykdommer. Kombinasjonen stress og dårlig fôr kvalitet er en utløsende faktor for sykdomsutbrudd. Bellona mener det bør forskes nærmere på om høyt vegetabilsk innhold og reduksjon av gode marine kilder i fiskefôret kan være en viktig årsak til redusert immunforsvar. Veterinærinstituttet melder i sin Fiskehelse rapport (2011) at er det klare indikasjoner på at smoltkvaliteten de siste årene ikke har vært god nok, og at det samtidig har blitt påvist økt sykdomsmottakelighet og dårligere fiskevelferd. Et annet stort problem er smittespredning.

Brønnbåter som ikke er desinfisert øker smitterisikoen (Johansen et al. 2013). Risikoanalyser fra ILA epidemien i Skottland bekrefter en forhøyet risiko for ILA utbrudd ved hyppig brønnbåtkontakt (Murray 2002). Overføring av smitte med brønnbåter kan skje fordi (pdfri.no 2008):

1. En ikke kjenner smittestatus på fisk som kommer fra antatt friske anlegg
2. En ikke gjennomfører vask og desinfeksjon i tråd med avtalte prosedyrer
3. Avtalte prosedyrer er utilstrekkelige til å sikre ren båt f.eks. på grunn av fysisk-teknisk utforming av båten
4. Brønnbåten tar snarveier gjennom mer smittebelastede områder som avviker fra avtalt rute eller tar andre typer transportoppdrag (eks. transport av marine arter, biprodukter eller lignende) før transport av settefisk
5. Båten reinfiseres ved inntak av smitteførende sjø før ny transport
6. Fisk sitter igjen i rørsystemet etter forrige oppdrag, (sjelden, men det har forekommet).

Det eksisterer per i dag ikke et nasjonalt register over brønnbåttransporter, så det er ingen oversikt over hvor stor biomasse som er flyttet, og over hvilke avstander (Johansen et al. 2013).

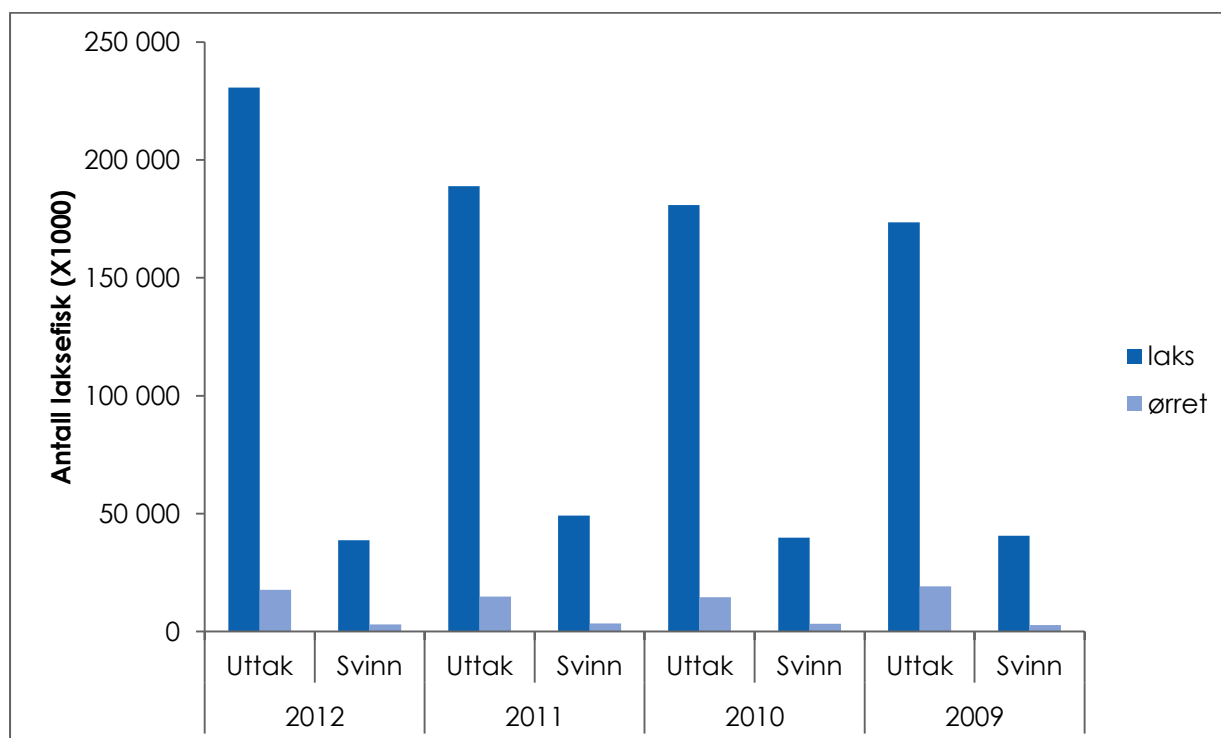
2.4.6 Svinn

Med svinn menes fisk som rømmer, som må avlives på grunn av bakterie- og virusinfeksjon, og andre ikke-spesifikke dødsårsaker. Stort svinn er fremdeles et betydelig problem i norsk oppdrettsnæring (Veterinærinstituttet 2011).

Dødsraten fra fiskeegg til voksen laksefisk i naturen er stor, og er forårsaket av blant annet naturlige predatorer i de ulike livsfasene, mattilgang, habitattilgang og forhold i miljøet. Når det gjelder villaks vil overlevelsen fra egg til smolt normalt varierer fra < 1 % til ca 5 %. Fra egg til smolt går det som regel fra to til fire år avhengig av bl.a. temperaturen. Smoltalderen er lavere i varme elver enn i kalde elver lenger mot nord. Fra smolten har forlatt elva og til den kommer tilbake som laks for å gyte går det som regel fra ett til tre år. Sjøoverlevelsen, dvs. andelen smolt som kommer tilbake som laks varierer mye mellom år og kan være så lav som 1 % i svært dårlige år og 10-20 % i svært gode år, normal sjøoverlevelse vil være i størrelsesorden 3-8 %.

Dødelighet for laksefisker i merd bør ikke ukritisk sammenlignes med dødelighet i naturen. I en merd er det ingen naturlige predatorer og miljøforholdene bør være såpass bra at det ikke skal gå utover fiskehelse. Samtidig har fisken hele tiden tilgang på mat. I en merd er derfor kvaliteten på mat, miljø- og livskvalitet begrensende faktorer. En grov indikator på dårlig fiskevelferd i laksemerdene er prosentvis dødelighet i anleggene (Havforskningsinstituttet). En velferdsindikator kan settes opp med følgende nivåer: Svært god velferd (< 3 % dødelighet), God velferd (6-10 % dødelighet) eller Middels velferd (10-15 % dødelighet) til Svært dårlig velferd (> 30 % dødelighet) (Havforskningsinstituttet).

Antall fisk, biomassevekt, dødelighet og andre tap rapporteres månedlig til Fiskeridirektoratet. Svinn i denne forstand er matfisk som er satt ut i merd. Etter Bellonas erfaring har Fiskeridirektoratet ingen klar oversikt over hva som registreres under svinn (utkast eller død fisk) bortsett fra rømming. Svinnprosenten har ligget på mellom 22-26 % fra 2009-2011 (Figur 7). For et samlet uttak i 2012 for laks og ørret på 248 383 374 fisk, utgjør svinnet 41 767 207 individer. Dette tilsvarer 17 % svinn i 2012 som er en betraktelig reduksjon fra de forrige år (Figur 7). Det er absolutt en forbedring som bør merke seg. Det bør likevel utvikles et bedre registreringssystem for fisk som ikke går til human konsum, slik at konkrete dødsårsaker spesifiseres. Dette er viktig informasjon for å kartlegge de aktuelle forhold og kan identifisere hovedårsaker. Færøyene har svinntall under 10 % og gode enkeltaktører har vist at det er mulig å redusere tallet ned mot 5 % (Johansen et al. 2013).



Figur 7. Svinn og uttak fra 2009-2012 for laks og ørret (Kilde Fiskeridirektoratet)

2.5 Fôrressurser

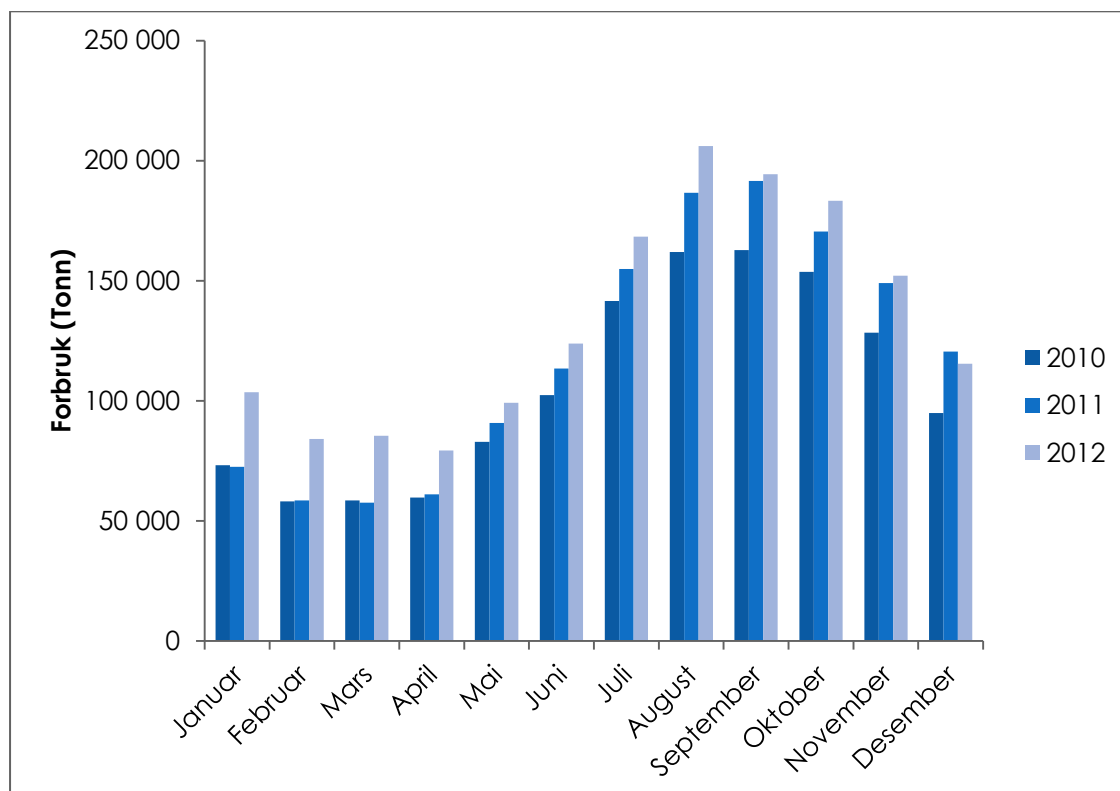
Norsk oppdrettsnæring bidrar til press på ville fiskebestander ved å være en stor forbruker av fiskeolje og fiskemel. I 2012 ble det i Norge omsatt 1 594 932 tonn med fôr (Figur 8 og 9). Omtrent 20–30 % av dette fôret blir til organisk avfall i form av ekskrementer og fôrspill som synker til bunns og tas opp av bunnlevende organismer (Bakketeig et al 2013). Man trenger ca 2.2 kilo villfisk til å produsere en kilo oppdrettslaks, men man forbruker bare ca 1,46 kg (FHL; Mugås). Dette er ca halvparten av det som ble brukt tidligere, men det er fortsatt for mye. Det marine råstoffet kommer fra industrifisk eller fiskeavskjær. I hovedsak består dette av en blanding av fisk som sild, lodde, makrell, kolmule og anchoveta. Trenden for fôrforbruk har endret seg med økt produksjon av fisk. Fôrprodusentene har de siste årene valgt å inkludere andre kilder i fôret. Dette er blitt framprovosert av at fiskemel og marine oljer er begrensede ressurser, at prisene er høye sammenlignet med mange andre råvarer, samt kritikk for dårlig ressursutnyttelse.

Oppdrettsfisk trenger god kvalitet på fiskefôret. En viktig kilde i fiskefôr er omega 3. Tidligere var fiskemel og olje dominerende ingredienser i laksefôr (Tabell 3), men i dag varierer innholdet av marine råvarer avhengig av priser og tilgjengelighet. I perioder med høye priser og mindre tilgang kan større andeler av olje komme fra vegetabiliske kilder. Planteråvarer inneholder ikke langkjedede omega 3-fettsyrer. Omega 3-nivået i fiskefôret er redusert fordi oppdrettsfisken spiser planteoljer. Som en konsekvens går mengden marint omega 3 ned, og er ca 50 % lavere i fisken i dag enn den var i 2003-2004 (Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning, Dr. Bente E. Torstensen). Tross for dette er laks fremdeles en av de beste kildene vi har til omega 3.

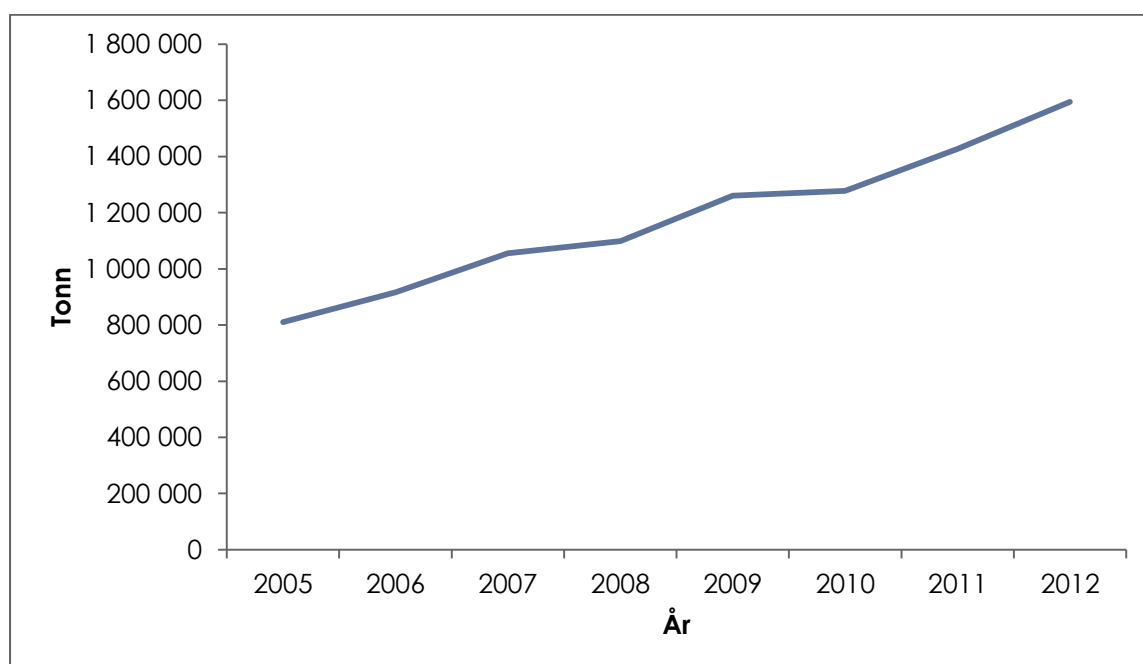
Forskning har vist at dårlig kvalitet på fiskefôr svekker fiskens immunsystem og gjør at den blir mer mottagelig for sykdommer (Miller 2002). Det ligger således tradisjonelt en konflikt mellom forbruk av ville fiskebestander og god kvalitet på fiskefôret. Det pågår en utvikling innen ernæring og fôr, og det finnes mange gode marine kilder til omega 3 og proteiner som ikke behøver å gå utover den ville fiskebestanden. Marine råvarer behøver ikke å være en begrenset ressurs. Det er godt med proteiner og omega 3 fra lavere trofiske nivåer som kommer fra fiskens egne naturlige matkilder. Dette vil bli diskutert i neste kapittel (se integrert havbruk).

Tabell 3. Sammensetningen av norskprodusert fiskefôr i % fra 2007-2010 (Kilde FHL).

	2007	2008	2009	2010
Fiskemel	30	30	31	25
Fiskeolje	20	15	20	17
Vegetabilsk	50	55	49	58



Figur 8. Forbruk per måned av fiskefôr i tonn fra 2010-2012 (Kilde Fiskeridirektoratet)



Figur 9. Total forbruk av fiskefôr fra 2005-2012 (Kilde Fiskeridirektoratet)

2.5.1 Miljøgifter i fiskefôr

Miljøgifter og oppdrettslaks har den siste tiden igjen fått mye fokus. I dag er alle verdenshavene forurenset i ulik grad. Miljøgifter i havet oppkonsentreres i den marine næringskjeden og akkumuleres i fett. Dette betyr at rovfisk kan ha et høyt innhold av miljøgifter. Spor av miljøgifter finnes dessverre i nesten all produsert mat som frukt, grønnsaker, sjømat, kjøtt og meieriprodukter. Oppdrettslaks kan få et betydelig innhold av miljøgifter dersom fôret inneholder mye marint fett fra sterkt forurensete havområder. Fisk fra Peru og Chile blir foretrukket bl.a. siden det er mindre miljøgifter i den. Danske fôrprodusenter henter fisk fra Østersjøen som har for høye konsentrasjoner av miljøgifter (dioksiner, PCBer, se nedenfor) at oljen må renses dersom den skal kunne brukes i matproduksjon. Fôret som brukes i Norge har svært lave konsentrasjoner av miljøgifter. God rensing av lave konsentrasjoner av miljøgifter i fôr er vanskelig og dyrt. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES) måler hvert år miljøgifter i fiskefôr som ligger langt under grenseverdiene som er fastsatt av Helse- og omsorgsdepartementet. Dette utføres hvert år og er et EU-basert (obligatorisk) overvåkningsprogram på miljøgifter. Dette overvåkningsprogrammet er basert på kravene som ligger i Direktiv 96/23/EC. Direktiv 96/23 er felles for både landdyr og akvakultur, men kravene er litt ulike for de forskjellige dyregruppene. I en rapport for 2011 som NIFES utførte på oppdrag for Mattilsynet kom det frem at det var lave konsentrasjoner (under grenseverdiene) av lovlig legemidler og miljøgifter i oppdrettsfisk (Nøstbakken et al. 2012).

De nyeste resultatene fra overvåkingen fra NIFES viser at innholdet av tungmetaller i norsk oppdrettslaks ligger under grenseverdiene med god margin. Tabell 4 sammenligner observerte nivåer av tungmetaller i norsk oppdrettsfisk med grenseverdier satt av EU, og illustrerer tydelig at tungmetallinnholdet i oppdrettslaks ikke gir grunn til bekymring for konsumentenes helse. Kvikksølvinnholdet har falt fra 0,03 mg/kg i 2009 til 0,016 mg/kg i 2012. For bly og kadmium representerer tallene deteksjonsgrensene på henholdsvis 0,01 og 0,002 mg/kg, slik at faktiske verdier kan være lavere.

Dioksiner (polyklorete dibenzoparadioksiner (PCDD) og polyklorete dibenzofuraner (PCDF)) er klorholdige organiske miljøgifter, som dannes som biprodukter i ulike industrielle prosesser og ved forbrenning. Dioksiner akkumuleres i fettvev, er tungt nedbrytbare og oppkonsentreres i næringskjeder - den marine næringskjeden er i så henseende særlig utsatt. Mennesker eksponeres for dioksiner via kostholdet, og de viktigste kildene er animalske produkter som fisk, melkeprodukter og kjøtt. Innhold av dioksin i næringsmidler oppgis som nanogram TEQ/kg. Tabell 4 viser testresultater for prøver av norsk oppdrettslaks fra 2009 og 2012 (NIFES). EU har satt en øvre grense for dioksin (PCDD og PCDF) i fisk på 8 ng TEQ/kg og 4 ng TEQ/kg. Testresultater for oppdrettslaks viser en konsentrasjon på 0,51 ng TEQ/kg (PCDD) og 0,22 ng TEQ/kg (PCDF) for 2012 med reduksjon fra forrige år (Tabell 4).

Endosulfan er et plantevernmiddel som finnes i vegetabiliske oljer laget fra soya, ris og mais. I Europa er endosulfan ikke lenger i bruk, men det brukes i andre deler av verden som eksporterer mat til Europa. Forskrifter som bestemmer grenseverdier for hvor mye rester av plantevernmidler som er tillatt i fôr og mat er satt for å beskytte forbrukernes helse. I EU er den øvre grense for hvor mye endosulfan i fôr til andre dyr 0,1 mg/kg, mens den maksimale grensen i fiskefôr er 0,05 mg/kg (EC 744/2012). Norge er i ferd med å sette samme verdi for fiskefôr

som EU. En regulering på fôr er nå ute på høring hvor fristen er satt til 25. juni 2013 (Mattilsynet). NIFES utførte en rekke studier mellom 2006-2010 med endosulfan og oppdrettslaks. Denne kunnskapen ble brukt i en risikomåling utført av The European Food Safety Authority (EFSA) i 2011. Basert på denne risikomålingen ble den maksimalt tillatte grensen for endosulfan i fôr til laks økt fra 0,005 mg / kg til 0,05 mg / kg. I de siste seks årene har fiskefôr inneholdt mellom 0,0006 og 0,001 mg / kg, og i 2012 ble middelverdien målt til 0,0008 mg / kg (Årsrapport om program for overvåking av fiskefôr fra 2012, NIFES).

Tabell 4 Tungmetaller og dioksiner i oppdrettsfisk (Kilde NIFES). Tallene representerer gjennomsnittsverdien av et antall målte prøver (parentes) og EU sine grenseverdier (fet skrift).

	EU grenseverdi	Målt verdi	2009	2010	2011	2012
Bly (mg/kg)	0,2		<0,015-0,1 (735)	<0,01-0,04 (615)	<0,03-0,04 (1505)	<0,01 (98)
Kvikksølv (mg /kg)	0,5		0,03 (735)	0,03 (615)	0,02 (1505)	0,016 (98)
Kadmium (mg/kg)	0,05		<0,01 (735)	<0,002-0,02 (615)	<0,002- 0,047 (1505)	<0,002 (98)
PCDD (ng TEQ/kg)	8,0		0,9 (270)	1,2 (183)	0,8 (140)	0,51 (98)
PCDF (ng TEQ/kg)	4,0		0,3 (270)	0,5 (183)	0,3 (140)	0,22 (98)

Verdiene av miljøgifter ligger langt under grenseverdiene og det er fortsatt trygt og sunt å spise oppdrettslaks. Selv om det er en stor utfordring å holde matfatet helt rent for spor av miljøgifter er det viktig at næringen har kontinuerlig fokus på å holde konsentrasjonene så lave som overhodet mulig. Dette krever innovasjon, bruk/innblanding av nye og rene fôrkilder samt bedre og effektive rensemetoder.

Negative oppslag om matsikkerhet og norsk oppdrettsfisk koster næringen mye penger. Sprikende synspunkter fra næringen selv skaper usikkerhet og lite troverdighet til matsikkerheten hos forbrukerne og kan reduseres med en klarere og samlet kommunikasjon fra næringen.

2.6 Kobberimpregnering av nøter

En annen utfordring for havbruksnæringen er kobber, som benyttes for å hindre begroing på nøtene. Impregnering brukes for å redusere denne begroingen på selve notlinet, men har også andre funksjoner som å gjøre notlinet stivt slik at det holdes utspent i sjøen, hindre at UV-stråling ødelegger notlinet samt at det skal redusere/fylle mellomrommet mellom filamentene i notlinet slik at ikke disse områdene blir begrodd (Bellona 2003). Begroing utgjør for oppdretterne et betydelig problem på grunn av at vekten på noten øker, noe som kan føre til at den revner letter. Begroing hindrer i tillegg vanngjennomstrømningen slik at oksygenivået i vannet inne i merden kan komme under kritisk minstemål og igjen gi dødelighet hos oppdrettsfisk. Ved kjøp av nye kobberimpregnerte nøter fungerer antibegroingen godt, men etter noen uker må de vaskes for å fjerne begroing for bla. å sikre vann gjennomstrømning. Etter noen vasker havner kobberet i sjøen og på bunnen. Kobberioner frigis og kobberstoff synker til bunns. Antibegroingen blir mindre effektiv. Kobberimpregnerte nøter ser ut til å virke mot sin hensikt, så lenge de etter kort tid forurenses og mister effekten. Kobber kan ikke akkumuleres opp i næringskjeden, men kan redusere tilvekst og reproduksjon hos enkelte marine arter (Bakketeig et al. 2013).

Det benyttes alt for mye kobberimpregnering av nøter i dag, til tross for at det finnes flere alternative miljøvennlige løsninger. Utslippet av kobber til omgivelsene fra oppdrett ligger i dag på ca 900 tonn per år (Bakketeig et al. 2013). Kobber er en miljøgift og ca. 80-90 % prosent av kobberet i notimpregneringsmiddelet lekker ut mens nøtene står i sjøen og de resterende 10-20 % av kobberet samles opp når nøtene vaskes. Det er allment kjent at når nøter vaskes i sjøen blir fisken stresset og faren for rømming øker. Ett skritt i riktig retning er å produsere nøter hvor kobberet ikke vaskes bort. Det løser ikke problemet knyttet til kobber, men man sparer i det minste unødvendige miljø- og økonomiske kostnader. Miljøeffektene av kobberutslipp fra oppdrettsanlegg er ikke grundig dokumentert, men på bakgrunn av omfanget bør det iverksettes grundige analyser av hvilke virkninger kobber fra oppdrettsanlegg har på bunnfauna, planteplankton og andre organismer (Bellona 2003).

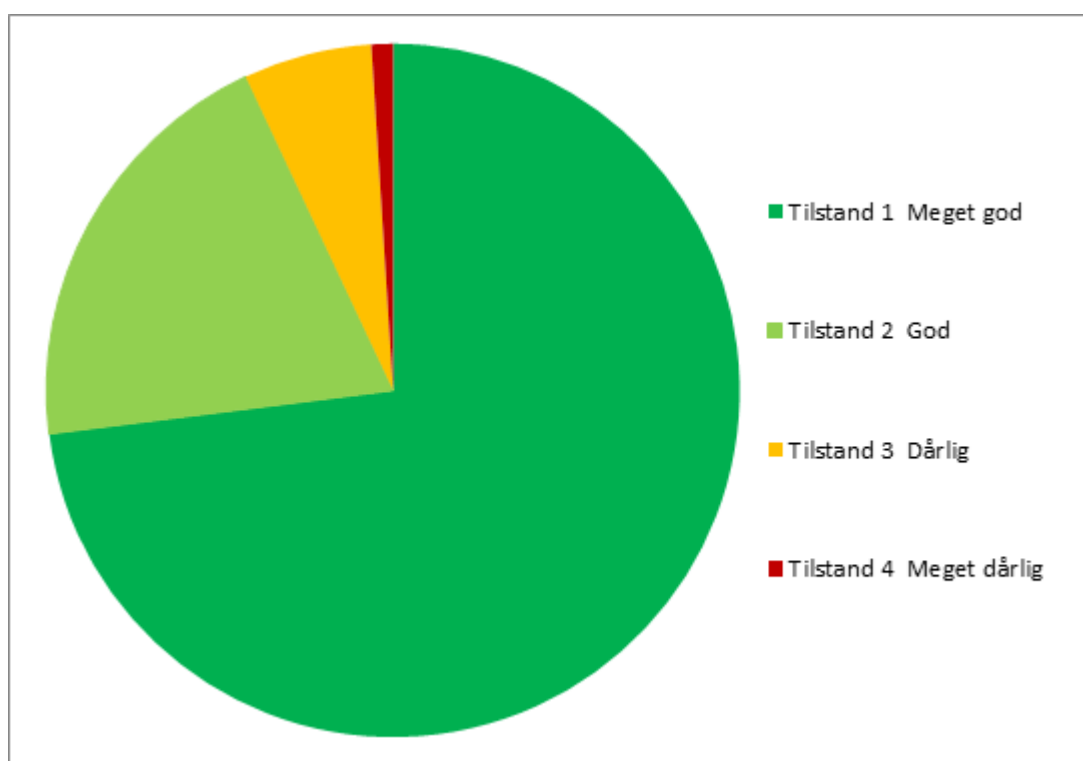
2.7 Utslipp av næringssalter

Oppdrettsanlegg slipper ut næringssaltene nitrogen og fosfor i både bundet og løs form. Utslipp av næringssalter fører til økt algevekst og økt biomasseproduksjon i vannmassene, med størst effekt i nærheten av anleggene. De samlede utslippene fra flere anlegg i samme område kan under ekstreme forhold føre til overgjødning og redusert oksygenivå lokalt.

Norsk oppdrettsnæring har forandret seg mye siden 1970-tallet. Oppdrettsanleggene har blitt flyttet ut på dypere, mer åpne og eksponerte områder med bedre vannutskiftning. Fôringsrutiner har ført til at utslippene per tonn produsert fisk er halvert de siste 15 årene. Med økt produksjon er utslippene fortsatt høye.

Alle som driver med oppdrett på fisk er pålagt å overvåke miljøet rundt anleggene. MOM (Modellering, Overvåking, Matfiskanlegg) er et system som brukes til å regulere miljøpåvirkning fra oppdrettsanlegg etter bæreevnen i området. Overvåkingsprogrammet er hjemlet i

akvakulturdriftsforskriften. Systemet har 4 tilstandsklasser og skiller mellom A-, B og C-undersøkelser. A-undersøkelsen er en enkel måling av sedimentasjonsraten i bunnen under anleggene (er ikke inkludert i gyldig standard NS-9410-2007). B-undersøkelsen er overvåkning av bunnforholdene under og nær et oppdrettsanlegg. C-undersøkelsen kartlegger bunntilstanden fra anlegget og utover i området. En god tilstand av miljøet ligger i klasse 1, mens den dårligste ligger i klasse 4. I følge data fra Fiskeridepartementet ligger 93 % i tilstandsklassen 1 og 2 (representerer 753 lokaliteter i 2012) (Figur 10). Selv om dette virker lovende utad, er det fortsatt stor kunnskapsmangel om økologiske konsekvenser. I Havforskningsinstituttets rapport for 2012 (Hansen et al. 2012) vises det til at fiskeoppdrett påvirker hardbunnsamfunn og at det kan forekomme lokale eutrofieringseffekter i områder med dårlig vannutskifting. Overskuddet av næringsstoffer som tidligere har blitt sett på som forurensning kan benyttes som en ressurs til å dyrke opp andre arter. Dette er noe Bellona har fokusert på de senere årene og Bellona er ikke alene om denne tankegangen. Det er flere forskningsinstitusjoner i Norge som nå ser på hvordan næringsalter kan bli til en viktig ressurs for andre kommersielle marine arter. For eksempel viser det seg at både tang og tare, kamskjell og blåskjell vokser bedre når næringsalter blir tilført. Havforskningsinstituttet, NIVA, Uni Research ved UIB samarbeider om et prosjekt (ECORAIS) hvor de beskriver både kvantitativt og kvalitativt hvordan næringstilførsel fra oppdrett påvirker økosystemers samfunn, produksjon og funksjon. SINTEF og NTNU har også flere prosjekter på gang hvor de undersøker potensialet for overskudd av næringsstoffer (se neste kapittel om integrert havbruk).



Figur 10. Tilstandsklasser for oppdrett 2011-2012 (Kilde Fiskeridirektoratet)

2.8 Status for villaksen

Hvor mye laks som kommer tilbake til elvene for å gyte er avhengig av forholdene i elvefasen, fjordfasen og havfasen. Den nasjonale trenden blir mest påvirket av situasjonen i havet. Forholdene i elven og påvirkning fra oppdrettsnæringen gir seg utslag i lokale variasjoner. I rapporten "Status for norske laksebestander 2012" fra vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon 2012) beskrives det generelt at innslaget av rømt oppdrettslaks er lavest i sportsfisket i elvene, høyere i prøvafiske og stamfiske om høsten like før gyting, og høyest i sjøfisket. Lavere innslag i sportsfisket skyldes at oppdrettslaksen oftest går opp i elvene senere på året enn villaksen (Anon 2012). Selv om innslaget av rømt laks i sportsfisket, prøvafiske og stamfiske er redusert de siste årene, trenger man ytterligere tiltak som reduserer rømming av oppdrettslaks, dersom bestandenes genetiske integritet skal sikres (Anon 2012).

De siste årene har bestanden av smålaks i norske elver blitt sterkt redusert (Anon 2012), mens mengden mellomstor og stor laks har økt. Det ble i 2012 rapportert fisket 173 000 laks i sjøen og elvene, som til sammen veide 696 tonn. I tillegg ble 14 300 laks rapportert sluppet ut igjen (8 % av totalfangsten). Summen av avlivet og gjenutsatt laks er anslått til 758 tonn. Fangststatistikken viser en nedgang for antall laks, men en stor økning i snittvekt gjør at statistikken i antall kilo viser en økning. Dette skyldes forholdene i havet.



Laksefiske (Foto Atle Frøysland)

2.8.1 Havfasen

Dyreplankton er en viktigste næringskilde for småfisk. Sammenlignet med gjennomsnittet i perioden 1997–2012 er estimert biomasse av dyreplankton per arealenhet nå halvert i

Norskehavet (Fisken og havet, særnummer 1–2013). Klimatiske forhold, endringer i planteplanktonproduksjonen, beiting fra rovdyr som andre dyreplanktonarter og pelagisk fisk, eller en kombinasjon av disse kan også spille en rolle for reduksjon av plankton (Fisken og havet, særnummer 1–2013). Laksen i sjøfasen er lite kjent og det er anslått at ca. 80-98 % av smolten som vandrer ut fra elvene dør i havfasen (van der Meeren 2013).

Når laksesmolten kommer frem til oppvekstområdet i havet er den liten og med dårlig kondisjon. I stedet for å vandre tilbake til elvene som smålaks året etter, blir den stående i havet for å samle næring. Den kommer først tilbake til elvene som mellomstor laks og storlaks. Laksen som overlever den første kritiske vinteren i havet har god tilgang på mat, fordi den da vil være stor nok til å beite på pelagisk fisk. Mellomlaksen og storlaksen i norske elver har de siste årene, som følge av dette vært av god kvalitet (Norsk Villaksforvaltning (NVF)).

Det er vanskelig å estimere forholdene for smålaksen i havfasen, med store globale endringer i havets kjemi og temperatur på grunn av global oppvarming og havforsuring. Disse endringene påvirker hele næringskjeden og artssammensetningen, noe som kan få konsekvenser for smålaksen som er spesielt sårbar.

2.8.2 Fjordfasen

Å rydde opp i miljøproblemene som påvirker villaksen negativt i fjordfasen er et politisk ansvar. Ulike påvirkninger fra oppdrettsanlegg må kartlegges bedre enn det gjøres i dag, og det er myndighetene som må sette rammer for hva som er bærekraftig. Det er et behov for mer bestandsspesifikk forskning på gytebestander for å kartlegge påvirkninger av naturlige svingninger, menneskeskapt påvirkninger, og klimaendringer. Genetisk påvirkning bør også kartlegges fordi vi har manglende kunnskap. Havforskningsinstituttet kom i 2012 ut med en risikovurdering av Norsk oppdrett (Fisken og havet, særnummer 2-2012), der de vurderte miljøvirkninger forårsaket av norsk fiskeoppdrett, med utgangspunkt i ny kunnskap om matfiskeoppdrett av laks. Det ble gjort en innledende vurdering av dyrevelferd i norsk lakseoppdrett, samt risiko ved bruk av leppefisk som rensefisk i oppdrettsanleggene. Konklusjonen i rapporten var at smittepress av lakselus og genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks fremdeles vurderes som de mest problematiske risikofaktorene. Når det gjelder lus var det lite smittepress om våren, men det økte kraftig med spredning utover sommeren. Modellen som ble benyttet viste til en sammenheng mellom smittedynamikken i oppdrettsanleggene og den økende påvirkningen på vill laksefisk som ble observert seint på våren og utover sommeren. Når det gjelder annen smitterisiko fra oppdrett til villfisk, mener Havforskningsinstituttet at det fortsatt foreligger for lite data til å gjøre en konkret regionalisert vurdering.

Det gis millionstøtte til ulike villaksprosjekter og andre prosjekter som skal bedre forholdene for villaksen gjennom blant annet havbruksnærings miljøfond og forskningsrådet. I tillegg bidrar næringen selv med mange millioner til ulike pilotprosjekter. Bellona savner en bedre koordinering og en samlet oversikt over resultatene til disse prosjektene. En slik samlet oversikt vil kunne være til stor hjelp for å se hva som har vært testet, og vil gjøre det lettere å kartlegge manglende kunnskap.

2.8.3 Elvefasen

Produksjonskapasiteten i hver elv blir fastsatt gjennom et gytemål. Gytebestandsmålet angir antall gytefisk eller rogn som skal til for å fylle opp gyte- og oppvekstområdet i elven for å utnytte elvas potensial for fiskeproduksjon. I perioder med lite laks er det mange elver som ikke når gytemålet som følge av et for stort uttak av gytelaks. Dette skyldes at fangstkvotene i norske elver er basert på personlige døgnkvoter uavhengig av størrelse på laksen. Hvis det fiskes over kvoten vil den minste laksen settes tilbake mens den store gytelaksen som har mest rogn blir avlivet. For å bøte på dette har flere elver de siste årene i tillegg til personlig døgnkvoter, innført en personlig sesongkvote på mellomlaks og storlaks. Myndighetene har i elver som ikke har nådd gytemålet redusert lengden på fiskesesongen. Disse tiltakene har liten effekt så lenge det ikke er begrensninger på hvor mange personer som kan fiske i elven i løpet av sesongen (NVF).

I pilotforsøkene til Stiftelsen Norsk Villaksforvaltning (NVF), i Sunnfjord ble det i 2008 innført en ny kvotemodell som kan vise til stor suksess. Det er en kombinasjon av en sesongkvote for hele elven på mellomstor laks og storlaks og en personlig døgnkvote på smålaks. Som fratrekk på sesongkvoten for mellomlaks og storlaks går stamlaks til klekkeriet og en prosentdel som skal dekke opp for skadet og død laks. Resterende del av sesongkvoten blir fordelt på tre elveavsnitt. Sesongkvoten blir justert årlig etter forventet innsig av mellomlaks og storlaks. Sesongkvoten kan justeres opp eller ned i fiskesesongen etter hvert som en ser nivået på lakseinnsiget. Kvotemodellen til NVF sikrer at en når gytebestandsmålet, og at laksen blir godt fordelt mellom grunneierne, og det blir flere attraktive fiskeplasser. Alle parter er vinnere.

Forvaltning etter sesongkvote for mellomlaks og storlaks på vassdragsnivå kombinert med personlig døgnkvote for smålaks har store fordeler fremfor andre utprøvde kvotemodeller. Det er ikke lengden på fiskesesongen som er avgjørende for å nå gytemålet, men uttaket i løpet av sesongen. En lengst mulig fiskesesong gir også størst mulig næringsinntekt for grunneierne og annet næringsliv (NVF).

Rømt oppdrettslaks i elvene har i flere år vært en bekymring. Gjennom et utfiskingsprosjekt (finansiert av Havbruksnæringens Miljøfond) hvor rømt laks har blitt kartlagt i 62 vassdrag på Vestlandet, i Midt-Norge og Nord-Norge ble det funnet mindre rømt laks i elvene i 2011 og 2012 enn antatt. Dette utgjør på landsbasis et innslag av rømt laks på 4,5 % i 2011 og med en forbedring på 2,5 % i 2012.



Villaks som svømmer opp elva (Foto Alte Frøysland)

2.9 Tiltak og forslag til nye tiltak

Havbruksnæringen blir stadig pålagt nye endringer og tiltak for å forbedre miljøet. Den enorme veksten i næringen har ført til en stor teknologisk utvikling. Mye i har blitt bedre, men nye regler og tiltak må legges til rette for videre vekst i havbruksnæringen.

2.9.1 Nye tiltak mot lakselus

Fiskeri- og Kystdepartementet fastsatte en modifisert forskrift om våravlusning 2012. Dette er en koordinert samordnet avlusning fra Rogaland til og med Nordland for å oppnå et lavest mulig smittepress mot utvandrende laksesmolt (Mattilsynet).

1. januar 2013 trådte en ny lakselusforskrift i kraft. Den nye lakselusforskriften inneholder noen nye tiltak i lakselusbekjempelsen. Næringen selv har fått et større ansvar for å holde antall lus i merdene nede. Det foreligger ingen statistiske tall selv om den modifiserte og nye forskriften har bidratt til å redusere lakselus.

Fiskeri og kystdepartementet åpnet i 2011 fôrproduksjon av settefisk opp mot 1 kg. Bakgrunn for vedtaket er ønsket om å redusere tiden fisken står i åpne merder, og dermed redusere fare for rømming og eksponering for lakselus og sykdommer.

2.9.2 NYTEK-forskriften

En modifikasjon av NYTEK-forskriften om krav til teknisk standard for flytende akvakulturanlegg trådte i kraft 1. januar 2012. Formålet med forskriften er å bidra til og forebygge rømming. Det er imidlertid for tidlig å se forbedringspotensialet av denne nye forskriften før man ser på rømningstall over en lengre tidsperiode.

2.9.3 Endringer i lov 17. juni 2005 om akvakultur

Fiskeri- og kystdepartementet sendte ut et høringsnotat (høringsnotat av 19. september 2012) om forslag til lov om endringer i akvakulturloven. Høringsnotatet dreier seg om endringer i miljøkapittelet og reaksjons- og sanksjonskapittelet med forslag til strengere reaksjoner, økt kontroll og betydelige avgiftsbelastninger på oppdrettsnæringen. Spesifikt innebærer det at:

- Det åpnes for å kreve obligatorisk merking av fisk
- Fellesansvar for næringen til å dekke kostnadene for utfisking av rømt oppdrettsfisk i prioriterte vassdrag
- Myndighetene kan kreve inn avgift for miljøovervåking
- Klarere og til dels strengere sanksjonsregler
- Fiskeridirektoratet lettere skal kunne utveksle opplysninger med andre myndigheter som fører tilsyn med akvakulturnæringen

2.9.4 Grønne konsesjoner

Regjeringa har foreslått tildeling av 45 nye grønne laksekonsesjoner i 2013. Av disse skal 35 løses inn med en gjeldende konsesjon. Det vil si at det blir tildelt to nye grønne konsesjoner mot innlevering av én eksisterende konsesjon. Det stilles krav om teknologiske og driftsmessige løsninger som reduserer rømming og forekomst av lakselus. Bellona er i utgangspunktet positiv til forslaget men man burde ha blinket ut de områdene som har størst belastning. Dette er blant annet områder med mye lus kombinert med villaksvandring. Her kunne man foreslått innskjerpede konsesjonskrav. Forslaget er sendt ut til høring og det gjenstår å se utfallet.

2.9.5 The Salmon Aquaculture Dialogue

Salmon Aquaculture Dialogue (SAD) ble etablert som et forskningsbasert forum etter initiativ fra WWF i 2004. Målet var å utvikle vitenskapsbasert målbare standarder som skulle redusere de negative effektene fra oppdrett av laks, samtidig som industrien skulle være økonomisk levedyktig. Dette skulle oppnås gjennom å utvikle en troverdig sertifisering av oppdrettsprodukter, Aquaculture Stewardship Council (ASC).

Drøyt 500 interessenter, inkludert produsenter, miljøorganisasjoner, andre NGO'er, innkjøpere, forskere og andre har deltatt i SAD. Dialogdeltakerne har utviklet syv prinsipper for å løse de viktigste utfordringene ved oppdrett av laks, samt kriterier som skal gi reduksjon av de negative

følgene. De frivillige standardene er et resultat av en omfattende multi-stakeholder prosess, der man gjennom innovative tilnæringer har kartlagt miljømessige og sosiale konsekvenser

Disse prinsippene med sine kriterier utgjør et rammeverk av indikatorer som skal brukes til å måle omfanget av påvirkningen. Standardene blir kvantitative ytelsesnivåer som evaluerer om et prinsipp er oppnådd eller ikke.

En styringsgruppe med representanter fra blant annet Fiskeri- og Havbruksnæringens Landsforening, Marine Harvest, Skretting og WWF har ledet arbeidet.

I juni 2012 var arbeidet med dialogen slutført. SAD ble avviklet og styringsgruppen overlot den endelige standarden og et revisjonsutkast til ASC, som skal sertifisere oppdrettsanleggene. ASC skal jobbe med uavhengige, tredjeparts enheter for å sertifisere anlegg som er i samsvar med den endelige standarden.

Høsten 2012 har ASC overvåket uttesting av standarden og utarbeidet en endelig revisjonsmanual. To medlemmer i styringsgruppen fra SAD er med i ASCs tekniske faggruppe, en gruppe som overvåker implementeringen av standarden.

Vinter 2012/2013 har evaluering etter felttestingen blitt gjennomført. Resultatene vil påvirke om selskapene ønsker å forplikte seg til å gjennomføre standarden. Våren 2013 ventes flere selskaper å ta en avgjørelse om de er villige til å gjennomføre standarden eller ei.

Et bærekraftstempel fra ASC forplikter, og sertifiseringen inneholder flere krav som regulerer vannforurensning, fôringredienser, smitteoverføring mellom oppdrettslaks og villaks, samt arbeidsforhold på anleggene. Den nye standarden er ment å løse de viktigste negative miljømessige og sosiale konsekvensene forbundet med lakseoppdrett, og gi rom for den økonomiske levedyktigheten til havbruksnæringen som har vokst med mer enn 50 % de siste ti årene.

2.9.6 Indikatorer og grenseverdier

Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet har foreslått indikatorer og grenseverdier for lus og rømt fisk på bestilling fra Fiskeri- og kystdepartementet. Formålet er å vurdere miljømessig bærekraft av den norske oppdrettsnæringen og beskrive sannsynlige konsekvenser for villfisk. I forslaget har Havforskningsinstituttet beskrevet to sett med indikatorer – varslingsindikatorer og verifiseringsindikatorer for både lus på villaks og for genetisk påvirkning av rømt laks. Varslingsindikatoren skal gi et tidlig varsel om risiko for negative miljøvirkninger, mens tilstandsindikatoren skal måle den faktiske tilstanden på en mer robust måte. Havforskningsinstituttet har foreslått å øke overvåkingen langs kysten for å samle inn data samt styrke og verifisere modeller som kan bli nyttig i økoforståelsen rundt havbruk og villfisk.

2.10 Fremtidig vekst i sjømatnæringen

For å kunne øke matproduksjonen og forvalte ressursene riktig er det viktig å øke vår kunnskap om økosystemet i havet. Flere rapporter har kommet ut i både 2012 og 2013 med forslag om å styrke både FoU og sjømatnæringen (se under), samt forbedre forvaltningen av Norges kyst og nærliggende havområder. Fellestrekk for alle forslag er at det foreslås et stort potensial i de marine næringene som bør utnyttes bedre, men på en bærekraftig måte. For å få dette til, må det satses på marin forvaltning og midler til å øke vår kunnskap.

2.10.1 Sjømatnæringens fremtidig ambisjoner

Fiskeri- og havbruksnæringens landsforening (FHL) kom ut med en rapport i 2012 om næringens fremtidsvisjoner om å øke produksjonen til 2,7 millioner tonn laks og ørret i 2025 (FHL: SJØMAT 2025, hvordan skape verdens fremste villfisknæring?). Dette er en tredobling av dagens produksjon. I rapporten skisseres det seks ulike oppdrag og arbeidsoppgaver som kreves av bedriftene, organisasjonene og myndighetene for å nå disse målene. I hovedsak handler det om å tilrettelegge forholdene for næringen slik at matproduksjon blir likestilt med energiproduksjon i de politiske prioriteringene. For å nå målene er det blant annet foreslått at det må større satsning til for å utnytte ressursene bedre, en langsiktig plan for ressursforvaltning, større effektivitet og konkurransedyktighet og styrking av havforskning og teknologiutvikling.

2.10.2 Mangel på kunnskap og potensialet for sjømatnæringen i fremtiden

HAV21 er en nasjonal marin forsknings- og utviklingsstrategi. Norge har et ansvar som marin kunnskapsnasjon, og må satse målrettet på helhetlig forskning om havet. HAV21-strategien anbefaler hvordan man bør prioritere for å kunne innfri næringsmessige og politiske mål for marin sektor. Strategigruppen for HAV21 ble etablert høsten 2011 av Regjeringen ved Fiskeri- og kystdepartementet for å utarbeide et forslag til en helhetlig forskningsstrategi for hele det marine fagfeltet. HAV21 belyser og foreslår hvilken kunnskap det blir behov for, og hvordan den bør utvikles. Her er en kort oppsummering av tiltakene som bør styrkes:

- Offentlige og private midler til marin forskning og utvikling.
- Rettsvitenskapelig forskning og etablering av en tverrfaglig forskningssatsing på framtidige forvaltningsprinsipper samt bedre organisering av hav og kystforvaltningen.
- Langsiktig forskning på forståelse av liv og prosesser i havet med fokus på: Klimaeffekter; forsuring; høsting av biologiske og andre ressurser; forurensning og annen menneskelig aktivitet.
- En vedvarende satsing på infrastruktur for å sikre innhenting av data og effektiv overvåking og best mulig varsling på ulike tidsskalaer.
- Marin forskning i nordområdene må styrkes i tråd med Regjeringens nordområdesatsing.
- Forskning for å belyse potensialet og kunnskaps- og teknologibehovet, og utvikling av en strategi for satsing på nye marine råvarer.
- Forskning på fiskehelse og bærekraftig produksjon av sjømat samt dokumentere bærekraft og kvalitet.

- Bygge opp et markedsforskningsmiljø i Norge på høyt internasjonalt nivå for å forstå betydningen av endringer i eksisterende markeder, og hvilke utfordringer nye markeder byr på.
- Satsing på teknologi innenfor fiskeri- og havbrukssektoren som drar nytte av erfaring fra teknologiutvikling i maritim og offshore sektor, og som inkluderer bioteknologi, nano-/materialteknologi og informasjonsteknologi.
- Organisering av tverrfaglig og tverrsektorielle forskningsprosjekter for å kunne møte nye utfordringer innenfor forvaltning og næringsliv.
- Sikre faste forskerstillinger i universiteter og høyskoler, spesielt bør det satses på vitenskapelige stillinger for å gi bedre forutsigbarhet for unge forskere.
- Kommunisere forskningsresultater aktivt til forvaltning, næringsliv og allmenhet for å sikre relevans samt bidra til at de blir tatt i bruk.

2.10.3 Verdiskaping basert på produktive hav i 2050

En arbeidsgruppe oppnevnt av Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA) har utarbeidet rapporten "Verdiskaping på produktive hav i 2050". I rapporten beskrives potensialet for marin verdiskaping som stort. Den marine verdiskapingen blir i 2050 estimert til å kunne være i overkant av 500 milliarder kroner. De viktigste konklusjoner og anbefalinger fra rapporten:

- De marine næringene må få høyere prioritet i det politiske Norge.
- Norge har en helt unik posisjon og mulighet til å være verdensledende innen teknologi, kompetanse og verdiskaping fra havet. Norge har et ansvar å utnytte de unike muligheter.
- Det må satses på en kunnskapsbasert kyst- og havforvaltning.
- Man må styrke FoU og marin rettet undervisningssektor.
- Man må etablere en samlet teknologistrategi når det gjelder utnyttelse av marine ressurser.

2.10.4 Departementets fremtidige ambisjoner for sjømatnæringen

I mars 2013 kom Fiskeri- og kystdepartementet ut med melding til Stortinget om verdens fremtidens sjømatnasjon (St. 22 (2012–2013)). Denne meldingen handler om hvordan Norge kan utvikle sin posisjon som sjømatnasjon. En forutsetning for dette er at det skal være en lønnsomhet i alle ledd gjennom verdikjeden og på fornybare marine ressurser. Regjeringen har som visjon at Norge skal være verdens fremste sjømatnasjon og skal politisk tilrettelegge slik at disse ambisjoner oppnås.

2.11 Konklusjon

Oppdrettsnæringen slik den praktiseres i dag er ikke bærekraftig selv om utviklingen går i riktig retning. Det er fortsatt for mye rømming og produksjon av lakselus fra anleggene. Organisk forurensing har størst miljøpåvirkning nær anleggene. Det er lite som tyder på at utslipp av næringsstoffer har stor økologisk betydning, men næringsstoffene kan utnyttes bedre til andre

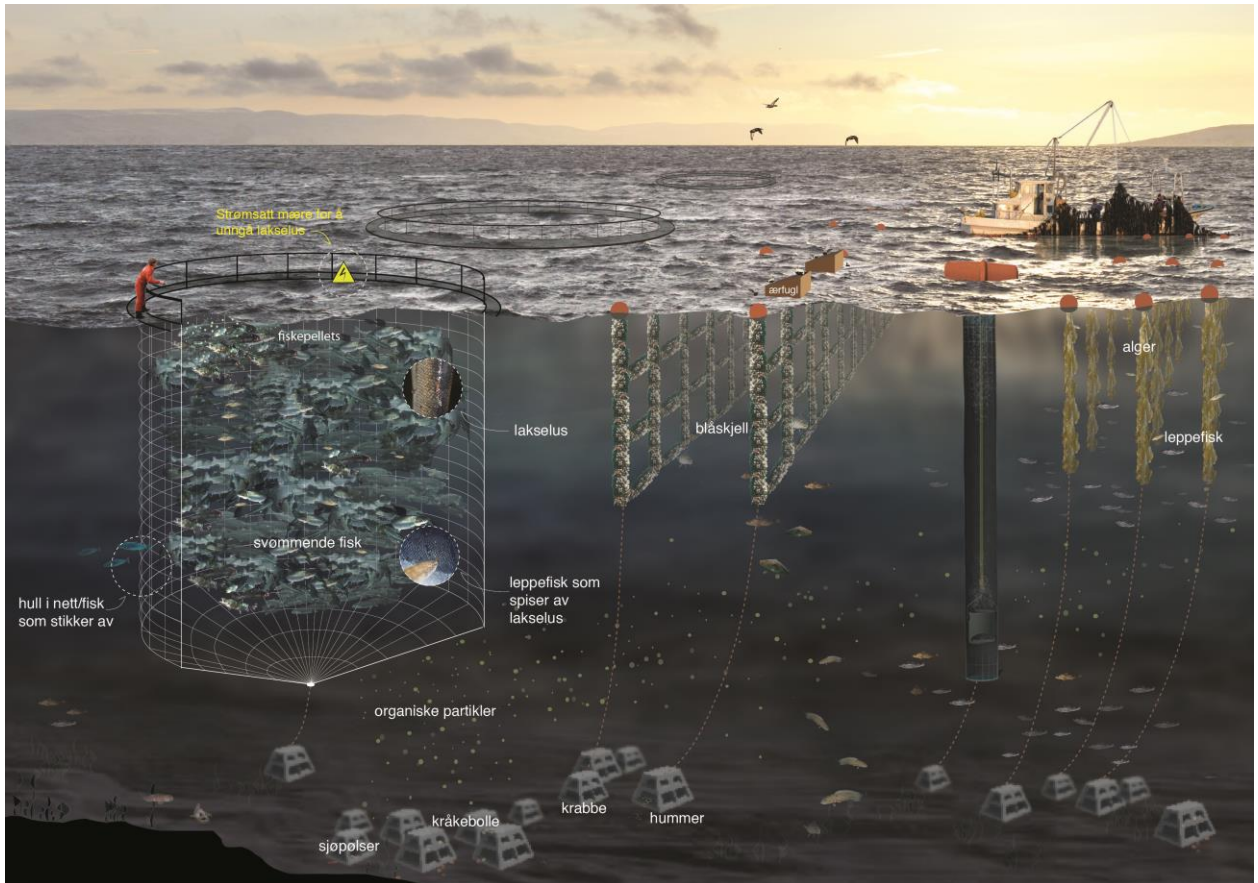
formål. Mange gode teknologiske løsninger er tilgjengelig for å begrense næringens miljøutfordringer men kun en liten andel av disse er benyttet i stor skala. Flere av de gode løsningene er fortsatt bare testet ut i laboratoriet og behovet for storskala testing øker med teknologiutviklingen. Bellona mener at næringen er viktig for norsk økonomi, men en ny tankegang og praktisering kreves hvis næringen skal vokse ytterligere. Flere rapporter har blitt publisert de to siste årene om forslag til å styrke marin forskning og forvaltning av ressursene i havet. Integrert havbruk har vært omtalt flere ganger som et mulig alternativ for fremtidig bærekraftig havbruk.

3. Integrert Multi-Trofisk Akvakultur (IMTA)

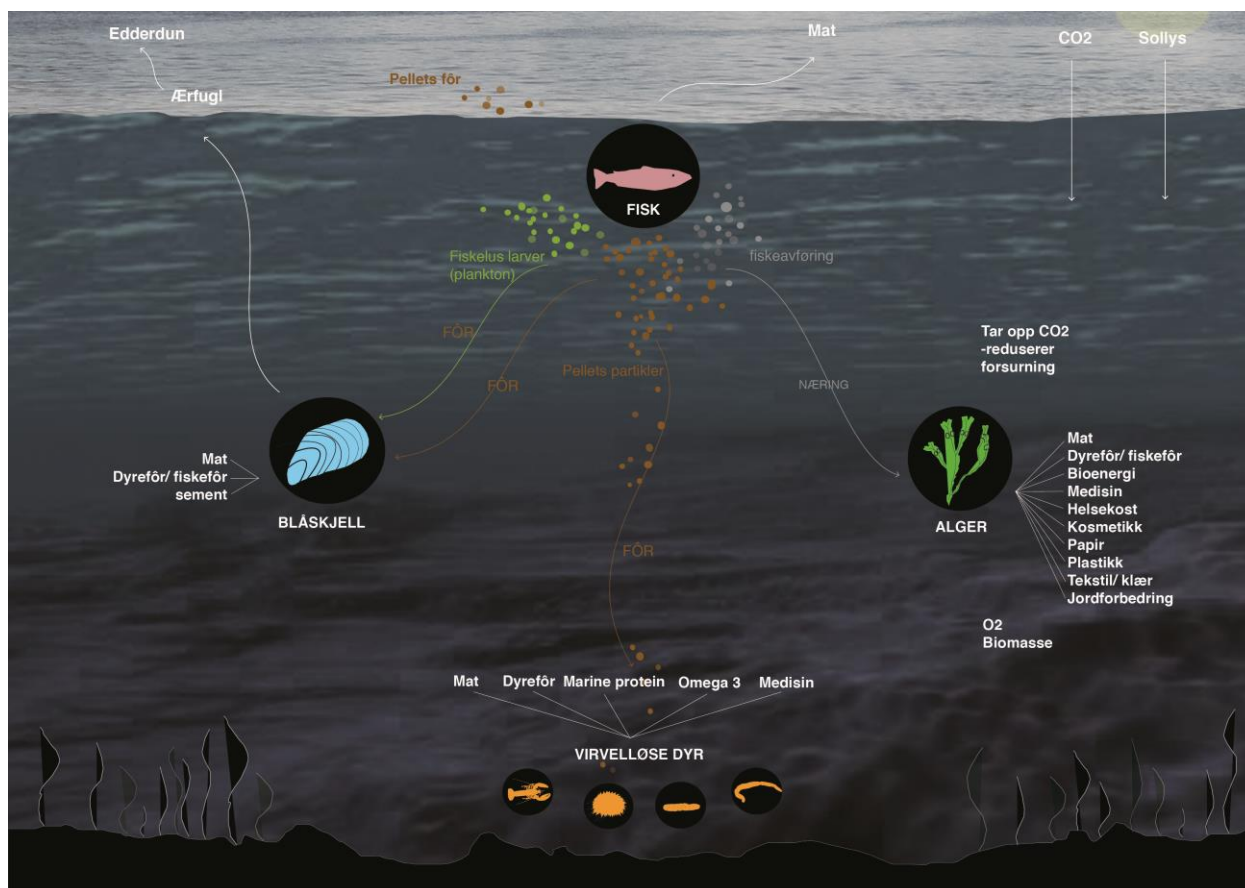
3.1 Innledning

Integrert Multi-Trofiske Akvakultur (IMTA) (Figur 11) synes å kunne gi betydelige miljømessige og økonomiske forbedringer i forhold til den norske tradisjonelle monokultur ved oppdrett. IMTA er et polykultursystem der man dyrker flere arter sammen fra ulike trofiske nivåer. Hver art har ulike funksjoner i økosystemet som kan være nyttig for en annen art. Begrepet "Integrert" refererer til synergistiske dyrkingsprosesser med oppløste næringsstoffer og energioverføringer. "Multi-Trofisk" betyr at de ulike artene befinner seg på forskjellige trofiske nivåer (Chopin 2006). På denne måten blir avfall fra en art utnyttet som en annen arts matkilde. Dette kan for eksempel være blåskjell og tare som dyrkes sammen med oppdrettsfisk. Skjellene lever av organiske partikler (f.eks. plankton, fiskeavfall, organiske partikler fra fiskefôr) fra vannmassene mens tare tar opp oppløste næringsstoffer som nitrogen og fosfor (f.eks. fiskeavføring). På denne måten blir uspist fiskemat en ressurs for blåskjellene. I tillegg blir avføring fra fisken resirkulert som en matkilde for tare. Denne prosessen kan gi betydelige miljømessige og økonomiske fordeler siden blåskjell og tare også har en kommersiell verdi (Figur 12). Man får bedre bruk av lokaliteter og fasiliteter, større produksjonsdiversitet som gir høyere profitt: flere produkter i stedet for ett og flere arbeidsplasser (Chopin 2006; Troell 2009). Det satses stort på algeproduksjon og verdikjeder globalt. IMTA åpner opp for mange muligheter til å produsere mer mat, fettsyrer, medisin og bioenergi på en bærekraftig og miljøvennlig måte som kan utnyttes i vårt eget kystsystem. Norge er en av de største laksefiskeprodusentene i verden, allikevel ligger Norge langt etter i IMTA-utviklingen i forhold til Asia, USA, Canada og flere europeiske land. Bellona mener det er viktig å tenke langsiktig på fornybare ressurser, matproduksjon og miljø.

Dr. Thierry Chopin (og hans forskergruppe i Canada) har jobbet med IMTA i mer enn 12 år og rapporterer betydelige positive effekter på miljøet både på innsiden og utsiden av oppdrettsanlegg (Chopin 2006; Troell 2009). Forskergruppen har publisert flere artikler om miljøpåvirkning, arters respons og økonomiske problemstillinger som støtter fordelene av IMTA. Følgelig har IMTA et potensial til å nå målene om bærekraftig akvakultur (Chopin et al. 2001, Neori et al. 2004; FAO 2006; Ferreira et al. 2012) som tilfredsstillt kravene til både miljø, økonomi og samfunnsnyttighet.



Figur 11. IMTA med laks, blåskjell, alger og virvelløse dyr. Flytende upwellingsteknologi er vist mellom blåskjell og alger (illustrasjon laget av Minsk & Bellona).



Figur 12. Skjematisk forklaring på IMTA. Overskudd av næringsstoffer som kommer i fra fiskeoppdrett kan benyttes til å dyrke opp andre arter med høy kommersiell verdi (illustrasjon laget av Minsk & Bellona).

3.2 Dyrking av blåskjell i IMTA

Blåskjell (*Mytilus edulis*) vokser naturlig langs norskekysten og er en fin art å integrere i fiskeoppdrett. Blåskjell filtrerer plankton, små partikler, forbedrer vannkvalitet og lyspenetrasjon. Et enkeltskjell med en lengde på 6 cm kan filtrere omlag 3 liter vann per time (Haamer 1996). En større mengde skjell kan derfor fungere som “renseanlegg” for fjordområder som preges av for stor tilførsel av næringsstoffene nitrogen og fosfor.

I flere studier har man sett at både blåskjell og østers vokser raskere i tilknytning til fiskeoppdrett (Wallace 1980; Jones & Iwama 1991; Buschmann et al. 2000; Lefebvre et al. 2000; Lander et al. 2004; Chopin et al. 2008; Handå et al. 2012a). Lander et al. (2004) har studert vekstdynamikken i blåskjell i et IMTA-system i Canada. Formålet var å undersøke mulige føring og vekstfordeler hos blåskjell når den dyrkes sammen med laks. Resultatene viste at blåskjellene reagerte positivt på økt mattilgang fra oppdrettsanlegg. De inneholdt høyere nivåer av omega 3 fettsyrer og glykogen, og ble større i størrelse i forhold til referansegruppen (blåskjell som vokste utenfor IMTA). Vekstrater til blåskjell som dyrkes i nærheten av oppdrettsanlegg har blitt angitt til å ligge mellom 46 % og 50 % høyere enn blåskjell som ikke har tilgang på samme næring. Det har blitt utført både smakstest og kvalitetstest for å undersøke om blåskjell som er dyrket nær

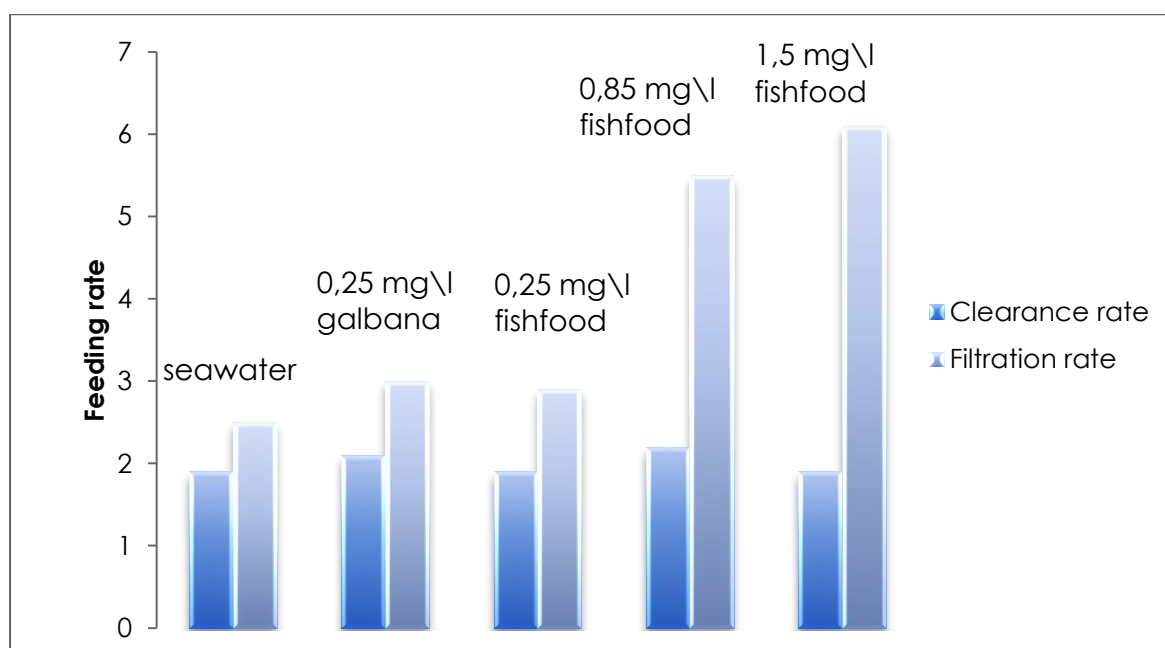
oppdrettsanlegg med laks kan benyttes til human konsum. Resultater viste at det var ingen smaksforskjeller eller kvalitetsforskjeller fra blåskjell i IMTA sammenlignet med referansen (Lander et al. 2004). Konklusjonen var at IMTA-systemer synes å tilby en "vinn-vinn" situasjon for akvakultur med ekstra økonomisk gevinst i produktene.

Ved SINTEF Fiskeri og havbruk og NTNU er det gjort laboratorieforsøk som viser at blåskjell kan nyttiggjøre seg avfallsstoffer fra lakseoppdrett (Handå et al., 2012b), og forsøk i sjø har vist at blåskjell som dyrkes i IMTA kan ha høyere matinnhold om høsten og vinteren enn skjell som dyrkes i monokultur (Handå et al. 2012a).

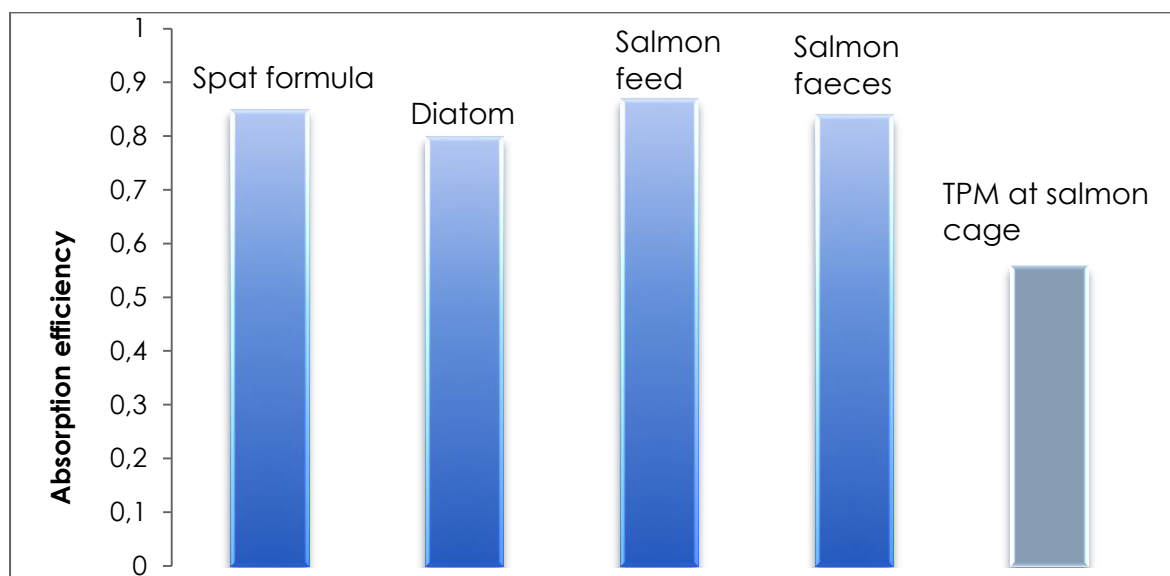
NIVA har i samarbeid med Havforskningsinstituttet (HI) og UniResearch arbeidet med et treårig prosjekt støttet av Forskningsrådet med formål å beskrive økosystemrespons til integrert fiskeoppdrett. I den forbindelse ble blåskjell testet på blant annet 200 m dyp, rett under fiskemerden. Det ble vist at blåskjell vokste og livnærte seg godt på næringspartikler som kom fra oppdrettsanlegget (Karl Norling, NIVA pers.med.). Dette åpner opp muligheten til å dyrke blåskjell på større dyp hvor partikulært materiale fra lakseavføring blir spredt under fiskemerden.

I et annet forskningsprosjekt undersøkte MacDonald et al. (2011) fôringsrespons hos blåskjell og rapporterte økninger i filtreringsraten med økende nivå av fiskefôr (Figur 13). Det er også vist at blåskjell har evnen til å ta opp næringsstoffer fra lakseavføring effektivt (Reid et al. 2010) (Figur 14).

Dr Chopin og mattilsynet i Canada har overvåket og analysert blåskjell og sukkertare i flere år. Det var ikke registrert signifikant nivåer av farmasøytiske forbindelser som var gitt til laksen i hverken tare- eller blåskjellvev (Haya et al. 2004). I tillegg var de målte verdier av tungmetaller, arsenikk, PCB og pesticider under de tillatte grenser (Canadian Food Inspection Agency, USA Food, Drug Administration og EU-direktivet) (Chopin et al. 2009).



Figur 13. Blåskjell øker filtreringsraten med økt tilgang på fiskefôr (MacDonald et al. 2011)



Figur 14. Blåskjell tar opp næring fra fiskeavføring og fiskefôr (Reid et al. 2010)

3.2.1 Blåskjell kan bidra til å redusere spredning av lakselus

Lakselusa, *Lepeophtheirus salmonis*, er i dag den parasitten som utgjør det største problemet for norsk havbruk. Det brukes store ressurser nasjonalt og internasjonalt til forskning på bekjempelse av lakselus. For å holde bestanden av lus i oppdrettsanlegg nede benyttes ofte kjemisk behandling (Kapittel 1). Det finnes effektive kjemikalier hvor noen tilsettes fôret og andre tilføres direkte i vannet. Et problem som vekker økt bekymring er at lakselusa utvikler økt motstandsdyktighet mot enkelte av preparatene. En del av dagens preparater kan dermed miste sin virkning. Noen kjemikalier som benyttes har en negativ miljøeffekt lokalt rundt oppdrettsanlegget, mens andre er mindre miljøskadelige. Bruk av hydrogenperoksid er et godt eksempel på bruk av et middel som ikke gir negative miljøeffekter. Den er hittil mest brukt i Midt-Norge, men nå også i ferd med å bli tatt i bruk i andre deler av landet. Enkelte oppdrettere benytter seg av biologisk avlusning ved hjelp av leppefisk og rognkjeks. En bekymring er at lakselusa produserer mye planktoniske avkom som blir fraktet vekk med vannmassene og smitter villaksen. Det er vist gjennom forsøk at blåskjell kan filtrere ut planktoniske stadier av lakselus. Molloy et al. (2011) undersøkte dette i laboratoriet hvor blåskjell ble utsatt for planktoniske stadier av lakselus med 30 minutter og 60 minutters varighet. Blåskjellene fordøyde opptil 62 % av de fritt svømmende kopepodittene av lakselus. Analyse av mageinnholdet i blåskjellene bekreftet tilstedeværelsen av kopepoditter. Dersom blåskjell som dyrkes sammen med laks er i stand til å konsumere de planktoniske og smittende stadier av lakselus, kan dette være en god metode for å redusere nivået av lakselusangrep i oppdrettsanlegg og videre spredning ut i fjorden. En kombinasjon av beitende leppefisk/rognkjeks med filtrerende blåskjell kan bli fremtidens svar på lakselusproblemet. Leppefisk og rognkjeks spiser de modne hunnene som sitter på laksen mens blåskjellene reduserer videre spredning av planktoniske lakselus som slippes

fra de modne hunnene. Avlusningskjemikalier i fôret og i vannet som har en negativ effekt på krepsdyr kan da reduseres betraktelig.



Blåskjell dyrking i poser (Foto Seafood.no)

3.2.2 Blåskjell kan bidra til å redusere virus og bakteriesykdommer

Blåskjell har også blitt observert å redusere forekomsten av smittsomme laksevirus i vannet (f.eks anemi virus (ILAV\ISAV) og infeksjøs pankreas nekrose virus (IPNV)). Under et laboratorieforsøk ble virusinfisert laks testet sammen med blåskjell. Etter 35 dager ble blåskjellvev testet negativt for ILAV\ISAV og IPNV (Huges & Maeve 2012). Blåskjell kan akkumulere ISAV for en kortere periode. Etter 24 timer var det bare 5 % av blåskjellene som testet positiv for viruset, men etter 96 timer var det ingen som hadde viruset (Huges & Maeve 2012). Blåskjell er ikke en vert eller vektor for ILAV og IPNV og det har vært antydning at blåskjell kan fungere som en mulig biofilter og forebygge sykdom (Skar & Mortensen 2007; Chopin et al. 2009). Dette tyder på at blåskjell i IMTA-systemer kan gi helsemessige fordeler til oppdrettsfisk (Haya et al. 2004; Chopin et al. 2009). Pietrak et al. (2010) testet ut en blåskjellmodell for å undersøke mulig risiko eller fordeler med hensyn til dyrehelse i IMTA og fant ut at blåskjell er i stand til å fjerne både bakterier og virus fra vannet. Men det er også vist at blåskjell kan akkumulere andre typer bakterier. For eksempel bakterien *Vibrio anguillarum* som forårsaker infeksjonssykdommen vibriose hos fisk. Bakterien filtreres av blåskjellet og lagres i deres fordøyelseskjertel. På denne måten kan skjellet fungere som et reservoar (Pietrak et al. 2010), men det er ikke påvist hvorvidt vibriose smitter fra blåskjell til fisk.

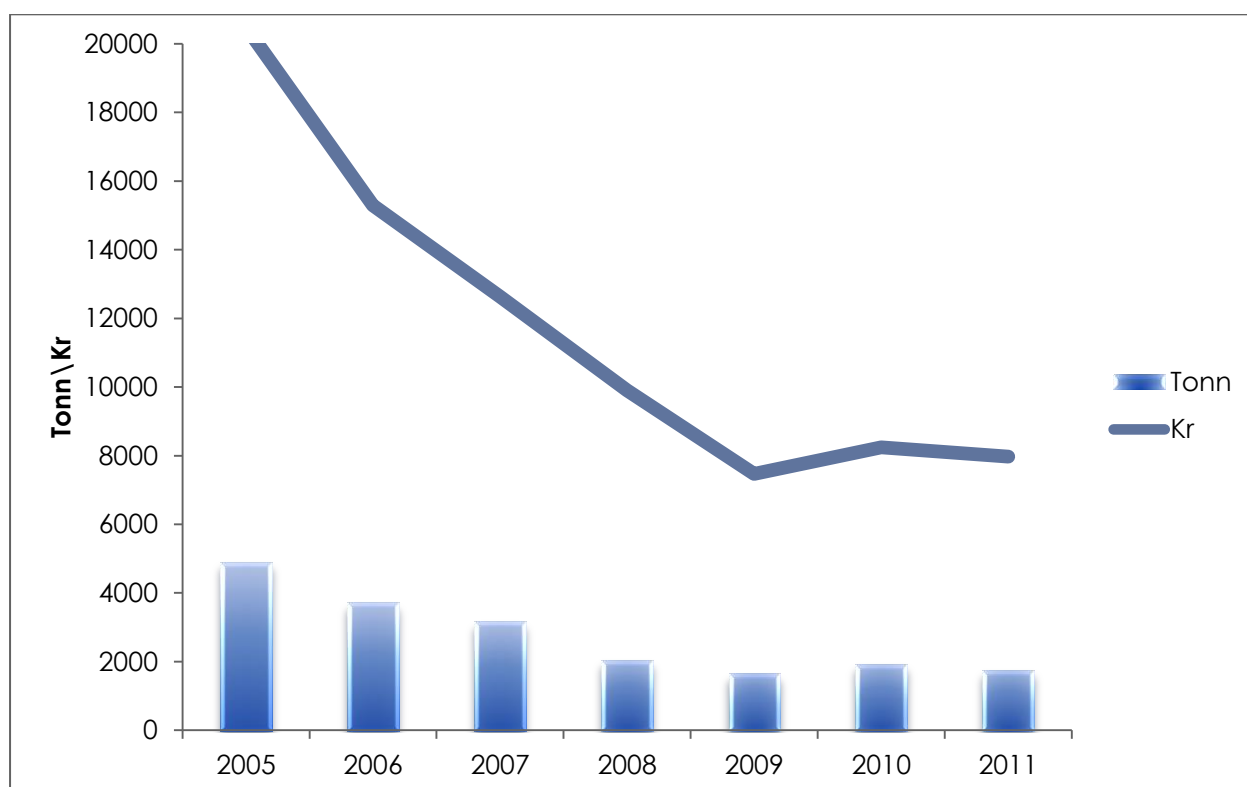
3.2.3. Muligheter for at den norske blåskjellproduksjonen kan komme tilbake til et lønnsomt marked

Blåskjellproduksjonen i Norge har sunket de siste årene, og IMTA kan potensielt gi en oppsving. Et problem med blåskjeldyrking har vært å identifisere gode områder med optimale vekstrater. I

2010 fikk SINTEF i oppdrag å lage en strategirapport for blåskjell i Norge. Rapporten konkluderte med at den norske blåskjellbransjen var redusert drastisk. Produksjonsnivået har blitt redusert fra nesten 5000 tonn i 2005 til under 2000 tonn i 2011 (Figur 15). Det er lite som tyder på at det ville bli bedre i den nærmeste fremtid. Dårlig kvalitet og upålitelig leveranse har lagt blåskjellbransjen i grus.

Det er i dag to kommersielle aktører på blåskjell, begge lokalisert i Trøndelag. De har vært lenge i næringen og forsyner i hovedsak hjemmemarkedet med blåskjell. utfordringer med algegifter har gjort det svært vanskelig å produsere skjell både i Sør-Norge og i Nord-Norge. Markedet er avhengig av stabile leveranser og volum har vært små. Det har også vist seg svært vanskelig å eksportere skjell til andre skjellproduserende land i Europa. Høye lønnskostnader her hjemme gjør det vanskelig å tjene penger samtidig som norske skjell ikke har noen markedsfordel i Europa slik laksen har. En stor økning i produksjon av blåskjell i årene fremover betinger derfor gode lokaliteter fri for algegifter, lavt kostnadsnivå og at nye markeder utvikles i takt med økt produksjon. Potensialet for å benytte blåskjell til marint mel og olje i fiskefôr kan gi økt etterspørsel etter blåskjell i fremtiden. Blåskjellbransjen kan skalere opp produksjonen til et mer kommersielt levedyktig nivå ved å dyrke blåskjell i IMTA-anlegg.

SINTEF har estimert at 30 % av næringsstoffene som kom fra lakseproduksjonen i 2009 kunne gitt en blåskjellproduksjon på 64 000 tonn. Dette gir en teoretisk markedsverdi på 3.2 milliarder kroner. Dette viser at potensialet for blåskjellproduksjon i IMTA er stort.



Figur 15. Blåskjell produksjon i biomasse (tonn) og salgsverdi (kr i 1000) fra 2005 til 2011 (Fiskeridirektoratet).

3.3 Dyrking av alger i IMTA

I motsetning til landplanter vokser tang og tare raskt, krever ikke landgjødning, avskoging eller bruk av tung brenselsteknologi. Tare som dyrkes under optimale forhold (spesielt høye nivåer av nitrogen som finnes rundt oppdrettsanlegg) har blitt funnet å være gode kilder til proteiner, aminosyrer, karbohydrater og mineraler (Chopin 2006). Studier både fra landbaserte og åpne kulturer bekrefter at næringsstoffer som frigjøres fra oppdrettsanlegg er godt egnet for tarevekst (Troell et al. 2003; Lander et al. 2004; Chopin 2006; Troell et al. 2009; Handå et al. 2013). Det er dokumentert at tare kan redusere mellom 30 % og 100 % av oppløst nitrogen produsert fra fisk (Troell et al. 2003, Sanderson et al. 2008). SINTEF Fiskeri og havbruk har utviklet metoder for helårlig produksjon av sukkertare (Forbord et al. 2012), og vist at sukkertare som dyrkes i IMTA-forhold kan oppnå langt bedre vekst enn ved dyrking i monokultur (Handå et al. 2013a).



Dyrking av sukkertare i IMTA (Foto Silje Forbord)

Havene absorberer over 20 millioner tonn karbondioksid (CO₂) hver dag. Dette har en forsurende effekt. Storskala dyrking av alger har mange globale fordeler. Forbrenning av alger i kombinasjon med karbonfangst (CCS) kan fjerne store mengder klimagasser fra atmosfæren (Bellona 2011). Å redusere mengden CO₂ som slippes ut i atmosfæren er antatt å være den eneste måten å redusere økningen av surhetsgraden i havet. Det er antatt at ett hektar makroalger kan fjerne opptil 66 tonn CO₂. Stortinget har vedtatt at vi skal kutte CO₂-utslippene i Norge med 15-17 millioner tonn innen 2020. Her kan algedyrking bidra. CO₂ slippes ut i atmosfæren ved forbrenning uansett om den kommer fra petroleum eller alger. Forskjellen er at det blir negativt utslipp i CO₂ regnskapet ved bruk av biomasse (for eksempel alger) kombinert med CCS, nøytralt utslipp ved fornybar energi (eksempel alger uten CCS) eller fossil energi kombinert med CCS, og positivt utslipp av CO₂ ved forbrenning av fossil energi fra uten CCS.

Det er ikke bare sukkertare som er viktig som habitat. Tareskog generelt er havets regnskog. Tareskogen gir ly og beskyttelse for mange organismer. Vi finner ofte fiskearter som lyr, sei og torsk over tareskogen. Mellom tareplantene finner man ofte arter som leppefisker, torsk og sei, og mange arter av små krepsdyr. I tillegg er det høyt biologisk mangfold som lever på selve tareplanten (epifyttene). Dette er organismer som tanglopper (amfipoder) og tanglus (isopoder). Inne i stortarens festeorganer kan man ofte finne børstemark, muslinger, amphipoder, isopoder, småkrabber og trollhummere. På bunnen mellom stortareplantene finnes det bunnlevende fisk, krabber, sjøstjerner, kråkeboller, sjøanemoner, snegler, skjell og børstemarker bare for å nevne noen. Imidlertid er nivået av tare i havet fallende. I rapporten fra et sukkertareprosjekt (Moy et al. 2008), ble de anslått at 1.6 millioner tonn av sukkertare er blitt redusert langs norskekysten. Dette betyr et tap på CO₂-fangst på 600 000 tonn (Bellona 2011). Sukkertare (*Laminaria saccharina*) vokser vanligvis på vernede områder fra den nedre tidevannssonen ned til en dybde på 30 meter. Den vokser raskt fra tidlig vinter til april og tar mellom 2-4 år å bli fullt utvokst. Det har vært en stor nedgang (rundt 40-80 % (KLIF 2011) i bestanden av sukkertare og stortare (*Laminaria hyperborea*) langs den sørlige og vestlige kysten av Norge. Dette tapet av tare skyldes sannsynligvis temperaturrendringer, nedbeiting av kråkeboller og overgjødning. Sukkertare er et viktig habitat for kysttorsk og nedgangen i tarebiomasse kan være en medvirkende faktor for redusert bestand av torsk. Antallet arter av små krepsdyr, børstemarker og muslinger er redusert med 33 %, mens antall dyr (individer av artene) er redusert med nesten 75 %. Redusert næringstilgang og skjul for organismer, inkludert fisk, antas å være to viktige konsekvenser av sukkertaredød.

I NIVA sin CO₂ rapport (Gundersen et al. 2011) er det beregnet tap av stortare på ca 20 mill tonn og sukkertare på hele 78 mill tonn, det meste på grunn av kråkebollebeiting i nord. Dette er beregninger som er foretatt i GIS, i en regelbasert modell som beregner 10 kg tare per m² på all bunn fra 0-25 m dyp, noe som fører til at tare blir modellert på bunnområder der den ikke vokser og tallene blir derfor sterkt overestimert. Uansett er mye tare borte fra norskekysten, og siden så mye er borte er det vanskelig å få data til nye og bedre modeller. Mens de senere år er observert tilvekst/gjenvekst av tare på Helgeland og Salten ser det ut til at kråkebollene vil dominere videre nordover, og store bunnarealer vil mangle sin naturlige tarevegetasjon i uoverskuelig framtid. Følgelig kan sukkertare dyrket i IMTA-systemer gi et løft til den ville tare- og kysttorsk-bestanden samt andre organismer som har sukkertare som habitat. Storskala

innføring av IMTA i Norge kan bidra til å øke muligheten til gjenetablering av tare som har blitt kraftig redusert langs kysten.



Tareskog (Foto Hartvig Christie)

3.4 Dyrking av andre dyr enn fisk i IMTA

Det er muligheter å bruke andre arter (enn de som er beskrevet over) som kan ha både miljømessige og økonomiske fordeler i IMTA-systemer. Kråkebollerogn (gonader) er luksusmat i mange land. Gonadeindeksen bør ligge på over 15 % hvis den skal ha suksess i markedet. Kråkeboller som selges kommersielt, må derfor ofte bli fôret etter at de har blitt fanget for å nå god nok kvalitet. Når kråkeboller dyrkes i IMTA kan gonadene overstige 20 %. En kombinasjon av høy markedspris, sterk etterspørsel og sviktende tilførsel fra andre kilder kan være en god grunn til å integrere kråkeboller i norsk havbruk. I fangenskap er det mulig å fôre dem med avfall fra oppdrettsanlegg. Det er registrert 16 arter av kråkeboller i Norge og de to mest kjente er den røde (*Echinus esculentus*) og den grønne (*Strongylocentrotus droebachiensis*), også kalt drøbakkråkebollen. Fangst av kråkeboller har hovedsakelig blitt utført ved dykking. Dette er

både dyrt og tidkrevende prosess. Kråkeboller er en spennende art og i framtida kan dette bli en ressurs som kan utnyttes enda bedre. Forskere ved Nofima har utviklet et spesielt fôr som unge kråkeboller liker, hvor tang er en viktig ingrediens. Konsistens, smak og fasong er testet ut, og fôret fungerer godt i oppdrett.



Kråkeboller (Foto Thinkstock)

Sjöpølser hører til klassen av pigghuder. De har pølseformet kropp uten fast skjelett. Det finnes 31 forskjellige sjöpølsearter langs kysten vår. Rødpølsa er den mest kjente. Den har rød rygg med hvitt kjøtt, og vanlig lengde er 25 centimeter. Sjöpølser er proteinrike og kan spises både rå, stekt og kokt. Havbunnen er full av sjöpølser og hittil har disse organismene bare vært en uønsket bifangst for reke- og krepsfiskere. Sjöpølse har blitt dyrket i kinesiske IMTA-systemer gjennom mange generasjoner sammen med abaloneskjell og tang. Det er høy etterspørsel og dermed høy markedsverdi for disse organismene i hele Asia (men ennå ikke i Vesten). I Østen er det vanlig å spise sjöpølse sammen med annen sjømat.



Sjøpølser (Foto Thinkstock)

Hummerbestanden langs norskekysten er betydelig redusert de siste årene (Bakketeig et al. 2013). Dette, kombinert med den høye markedsverdien av hummerkjøtt, kan gi gode grunner til å dyrke hummer i IMTA-systemer. Utfordringen ligger i å lage et godt teknologisk konsept for hummeroppdrett i IMTA.

NIVA har hatt et lite prosjekt for Fylkeskommunen i Aust-Agder med å sette ut hummer i kunstige habitater under et skjellanlegg for å se om det kunne øke hummerbestanden samtidig som hummeren kunne rense bunnen for nedfall fra anlegget. For lønnsom drift var resultatene ikke gode siden dødelighet av hummeryngel som ble satt ut var stor. Som et første pilotprosjekt viste imidlertid hummeren seg å trives under takstein, den gravde og rensset opp sedimentet under anlegget og hummerbestanden i området har økt betraktelig.



Hummer (Foto Thinkstock)

Børstemark er segmenterte ormer som lever på havbunnen og er en viktig matkilde for bunnlevende fisk. Det er ca 12 000 registrerte arter av børtsmarker på verdensbasis. Noen av børstemarkene som lever i muddret har lignende funksjoner som meitemarken på land. Dette kan være for eksempel gravende funksjoner som bidrar til omvandling og utveksling av stoffer i sedimentet. Børstemark er rik på omega 3 og har et høyt proteininnhold. Laboriestudier i Canada og Spania har vist at disse ormene kan dyrkes suksessfullt på en diett bestående av fiskefôr og avføring. Det kan være en fordel å dyrke børstemark og alger sammen i IMTA-systemer slik at biomassen kan gjenvinnes som en matkilde til fiskefôr. Børstemark selges også som fiskeagn (levende, tørket og imitert) i mange land inkludert Norge.



Børstemark (Foto Thinkstock)

Tunikater er en annen interessant kilde til både fiskefôr og energiproduksjon som kan samdyrkes med andre arter. Tunikater er kappedyr og hører til en underklasse av ryggstrengdyr. Kroppsformen innbefatter et legeme dekket av en "tunika" laget av en cellulose lignende polysakkarid, en ryggstreng som er begrenset til halen som vanligvis er til stede bare i larvestadier. Kappedyrene er fastsittende i voksenstadiet og lever på å filtrere ut det som måtte komme med vannmassene. For oppdrettere har dette vært et problem fordi de fester seg til absolutt alt som er et hardt substrat og de vokser og sprer seg raskt. Gjennom flere år med forskning har et forskerteam fra UiB og Uni Research funnet ut at tunikater kan brukes både som fornybar kilde til biodrivstoff og til fiskefôr. De verdifulle stoffene i kappedyret er cellulosen som kan brukes til biodrivstoff og proteinene, og fettsyren Omega 3 som egner seg i fiskefôr.



Sekkedyr (Foto Thinkstock)

3.5 Kunstige rev

Et kunstig rev er en menneskeskapt undervannsstruktur. Kunstige rev benyttes ofte for å øke det biologiske mangfoldet i et område. Når man øker det biologiske mangfoldet så øker man også ulike funksjoner til de arter som er til stede. Med funksjoner mener man arter med ulik størrelse, form, farge, alder, type forplantning, bevegelse, beite og matpreferanser. Dette er bare noen funksjoner av uendelig mange. Alle arter har flere funksjoner i et økosystem og utfyller hverandre. De artene som ikke slår seg ned naturlig hører ikke hjemme i økosystemet eller blir fortrengt av andre arter. Ved å sette opp kunstig rev er det flere arter med ulike funksjoner som slår seg ned etter en kort tid og lever sammen. Et kunstig rev blir da et lite økosystem. Noen arter spiser mindre dyr, andre arter tar opp avfallsstoffer, noen lever som parasitter eller i symbiotisk forhold mens andre arter filtrerer små planktoniske organismer. Kunstige rev har ofte blitt satt ut i forbindelse med områder som er under total beskyttelse fra menneskelige aktiviteter, for eksempel områder der habitater er ødelagte fra fisketråling skal restaureres.



Kunstig rev (Foto Hartvig Christie)

Oppdrettsanlegg tiltrekker seg annen fisk som beiter på spillfôr. Det har vært gjort få vurderinger av om dette er bra eller dårlig. SINTEF Fiskeri og havbruk og Nofima Marin har han studert samspillet mellom oppdrett og økosystemet ved ni ulike anlegg på tre ulike steder i Finnmark, Trøndelag og Rogaland og fant at et gjennomsnittlig fiskeoppdrettsanlegg tiltrekker seg minst 10 tonn med villfisk. Undersøkelsen viser at både sei og torsk spiser betydelige mengder med pellets og tilgangen på fôr gjør at fisken får bedre kondisjon og en betydelig feitere lever. Det er derimot mer usikkert hva dette betyr for helse og kvalitet på fisken på lang sikt og spredning av sykdommer.

Fisk som oppholder seg lenge ved anleggene og spiser spillfôr vil kunne ha et mer naturlig habitat å beite på hvis kunstige rev er satt ut i områdene, samtidig som arter fra revet vil rense avfallsstoffer som kommer fra oppdrettsanlegget.

NIVA har gjort flere forsøk med kunstige rev i Norge som har vist seg å bli vellykkete både med å tiltrekke seg tare, fisk, skalldyr som krabbe og hummer, og annet biologisk mangfold. Det har vært noen små prosjekter i Oslo havn, Risør, Sandefjord, Lofoten, Hammerfest og Kirkenes.



Biologisk mangfold etter utsett av kunstig rev (Foto Hartvig Christie)

3.6 Upwelling kan være løsningen i områder med tilgang på lite næring

Alger trenger næring, CO₂ og sollys for å vokse. I spesielt næringsfattige områder kan det være nødvendig eller ønskelig å tilsette ekstra næringsstoffer for å øke produksjonen. Ved å sette vannmassene i bevegelse kan man løfte næringen opp i sonen hvor det finnes tilgang på lys og dermed øke produksjonen av biomasse. Et forsøk gjennomført av Havforskningsinstituttet i Lysefjorden viste at ved å pumpe brakkevann i rør med en 60 kW pumpe ned på 30 meters dyp ble algeproduksjonen innenfor et fjordareal på 10 km² tredoblet (gjennomsnittsverdi på 900 mg C m⁻² d⁻¹).

I følge Havforskningsinstituttets rapport for 2012 (Torrison et al. 2012) binder denne algeveksten ca. 5500 tonn CO₂ per sesong som tilsvarer 50 % av CO₂ utslippet i kommunen. Upwelling har økt produksjonen av makroalger og blåskjell, samt redusert produksjonen av giftige mikroalger (som tidligere har vært et stort problem for blåskjelloppdrettere). Havforskningsinstituttet har nå lagt inn en større og mer effektiv pumpe som skal øke produksjonen betraktelig. Bruk av boblegardiner og plassering av fordelerplater over neddykkede ferskvannsutslipp fra kraftstasjoner kan være andre måter å skape upwelling på (McClimans et al. 2010; Handå et al. 2013b).

3.7 Globale utfordringer fiskerinæringen står ovenfor

En rekke arter og bestander i havet er drastisk redusert. Dette kan få katastrofale følger for alt marint liv. Dette skyldes en rekke faktorer som inkluderer overbeskatning, tap av habitat, klimaendring, havforsuring og kjemisk forurensning (WHO 2012). Alle disse faktorer vil kunne påvirke fiskerinæringen, men den største utfordringen er forsuring.

3.7.1 Problemer med forsuring

Fossil energi er den fremste årsak til havforsuring gjennom forbrenning av olje, kull og gass. CO₂ blir til en syre når den løses i vann. Det øverste vannlaget i alle verdens hav er i ferd med å bli surere. Omtrent en tredel av de menneskeskapt CO₂-utslippene antas og bli absorbert av verdens havoverflater. Når pH synker, går kalk i oppløsning. Dette medfører store forandringer i det marine økosystemet. Økt forsuring av havet kan gi alvorlige økologiske konsekvenser for marine arter. Spesielt rammer dette marine organismer som bygger kalkskall, som for eksempel: plankton, bløtdyr, pigghuder og koraller (Doney et al. 2009). Siden tiden før industrialderen har den gjennomsnittlige pH-verdien i havet gått ned fra 8,21 til 8,1 (Royal Society 2005). Dette motsvarer en 10 økning av H⁺ konsentrasjonen. Hvis den nåværende CO₂-utslippstrenden fortsetter og CO₂-konstrasjonen i atmosfæren når 800 ppmv (parts per million volume) i år 2100, vil pH-verdien synke med ytterligere 0,3 – 0,4 (Orr et al. 2005; Doney et al. 2009).



Utslipp (Foto Thinkstock)

Utviklingen skjer raskere i arktiske strøk enn noe annet sted i verden. Kaldt vann har høyere løselighet av gasser og tar opp mer CO₂ enn varmt vann. Derfor blir vannet surere i arktiske områder. Dette kan gi dramatiske økologiske konsekvenser for disse viktige marine områdene. Dette gjelder også vår egen kyst. Selv om vi kutter alle CO₂-utslipp nå, vil konsentrasjonene i atmosfæren øke i mange tiår og det vil ta titusenvis av år før CO₂-mengdene blir som de var før

industrialiseringen. Det er derfor viktig å tenke strategier på hvordan man kan redusere og "trekke" ut CO₂ fra omgivelsene (se også Bellona rapporter "Norges helhetlige klimaplan», 2009, «Carbon Dioxide Storage: Geological Security and Environmental Issues – Case Study on the Sleipner Gas field in Norway», 2007 og «How to combat global warming», 2008).

Karbonnegative løsninger er et høyt prioritert fagområde for Bellona. Det foreligger klare tall på at verden ikke vil nå de nødvendige globale utslippsreduksjonene, med mindre vi utvikler løsninger som kan ta mer klimagasser ut av atmosfæren enn det vi slipper ut.

Algene står for hoveddelen av fotosyntesen i verdenshavene og er en del av grunnlaget for alt marint liv. Disse organismene er globale storprodusenter av oksygen og storforbrukere av CO₂. Dyrking av alger bidrar til å redusere forsuring i havet (Osinga 2010, International Coral Symposium i Wageningen). Osinga's forslag var å dyrke havsalat i stor skala nær oppdrettsanlegg for å redusere surhetsgraden. Han mente at havsalat har et potensial til å senke surhetsgraden med 10 % i Middelhavet hvis man kultiverer en "marine hage" på 180 000 kvadratkilometer. Denne økning i alkalitet kan kanskje virke lite, men ifølge Osinga's beregninger, ville det være nok til å kompensere for økningen av surheten som har økt siden starten på den industrielle revolusjon (Kleis 2010).

Havforsuring er et globalt problem som krever globale løsninger, avtaler og handlinger. Den beste måten å redusere den globale havforsuringen på, er å kutte CO₂-utslipp. Det er en mangel på forståelse og kunnskap hos politikere, og lite har blitt gjort. Stadig ny dokumentasjon blir publisert, og situasjonen viser seg å være mye verre enn hva forskerne tidligere forutså. Over halvparten av korallene på Great Barrier Reef har blitt borte på 27 år, planteplanktonet diatomer, som har kalkskall er redusert med 40 prosent i Sør-Kina-havet, og det er registrert opptil 80 prosent dødelighet av østerslarver hos østersklekkeriene på USAs nordvestkyst. I våre egne farvann er det nå dokumentert økte karbonkonsentrasjoner. Hvor store ødeleggelser denne økningen har, er ikke dokumentert, men det er god grunn til å være bekymret. Vi begynner å se drastiske resultater av vår generasjons CO₂-utslipp. Det er ikke bare det marine økosystemer og det biologiske mangfoldet som er i faresonen, men også næringsgrunnlaget for mange nasjoner. Uten å løse problemet nå, vil neste generasjon oppleve en betraktelig nedgang av disse ressursene. Norge har en ambisjon om å bli ledende fiskematprodusent i verden, men livsvilkårene til organismene vi vil lage kan bli redusert på grunn av forsuring. Det kan bli milliardtap for fiskematnæringen og drastisk nedgang i villakspopulasjonen. Det viktigste tiltaket er rett og slett en massiv reduksjon i CO₂-utslipp. Da må vi få til en storstilt overgang fra fossil til fornybar energi, bruke energien mer effektivt, og lykkes med satsingen på CO₂-fangst og lagring. Gode tilleggstiltak kan bli revegetering og storkultivering av tang, tare og ålegress. Storskaladyrking av makroalger kan bidra til å redusere forsuringen i havet, som igjen vil lette livsvilkårene for kalkbyggende marine organismer. I løpet av ett år kan det norske fjordsystemet binde 10 millioner tonn CO₂ som tilsvarer 10 renseanlegg à la Mongstad, i følge forskere fra Havforskningsinstituttet (kronikk i Aftenposten juli 2012).

3.8 Hva kan vi lage av alger og andre IMTA-produkter?

Detaljer om dagens algeproduksjon og bruk i Norge er beskrevet i Bellonas algerapport (2011). Mesteparten av produktene laget av ikke fornybar råolje kan i dag erstattes av produkter produsert fra alger. Algepotensialet er stort og overhodet ikke utnyttet i Norge. Alger kan brukes til menneskemat, dyrefôr, medisiner, næringstilskudd, som en kilde til industriell hydrokolloider, antibegroingsmiddel, plast, papir og biodrivstoff.

Det er få som egentlig er klar over hvilket enormt potensial som ligger i alger i produksjonen av miljøvennlige produkter. De fleste forbinder kanskje alger med noe negativt. Giftige algeoppblomstringer gjør blåskjell periodevis giftige, og tang og tare er noe ekkelt man vil unngå i strandsonen når man er på vei ut for et bad. Det var imidlertid norske tradisjoner for å bruke alger til jordforbedring, der bøndene samlet inn tang og tare i fjæra og spredte det utover åkeren. Stortare og grisetang er de eneste algeartene langs Norskekysten som høstes kommersielt i dag. Årlig høstes ca. 150-180 000 tonn stortare og ca. 15-30 000 tonn grisetang til produksjon av alginat og tangmel. Det er ingen i Norge som dyrker disse vekstene kommersielt selv om interessen har økt de siste to årene og flere pilotforsøk er i gang. Prosessen med å dyrke er ikke spesielt vanskelig, og kostnadene er små i forhold til andre akvakulturarter.

3.8.1 Alger kan erstatte petroleum

Det er ingen tvil om at petroleumsnæringen spiller en viktig rolle globalt, men den har også hatt en ødeleggende effekt på naturen. Dette inkluderer partikkelforurensning, dannelse av sur nedbør gjennom utslipp av svovelpartikler, NO_x-forbindelser og CO₂-utslipp som bidrar til global oppvarming. Det er et stort behov, og et globalt ansvar for å finne alternativer til petroleum, kull og gass.

Alger er per i dag lite brukt som erstatning for petroleumsprodukter, men interessen har økt de siste årene og flere har forstått verdien av algenes enorme potensial. De fleste produkter fra petroleum kan erstattes med produkter fra alger (Tabell 5). Metoder har vært utført i både liten og stor skala, og teknologier er tilgjengelig. Globalt forskes det spesielt på hvordan man kan utvinne energi og hvilke muligheter alger har til å binde CO₂. Petroleumsprodukter er godt innarbeidet og industrialisert, og derfor mer kostnadseffektivt enn alger på nåværende tidspunkt. For at alger skal komme opp på et like lønnsomt nivå, må det stor satsning til fra både forskningsinstitusjoner, næringsaktører og politikere. Dersom satsningen på algeverdikjeder og teknologiutvikling hadde vært like stor som satsningen på fossile kilder, ville verden sett ganske annerledes ut, og problemene med global oppvarming og havforsuring ville trolig vært kraftig redusert.

Tabell 5. Alger og petroleum

Hva gjør/er/kan/foredles til:	Alger	Petroleum
Fornybar ressurs	✓	
Tar opp CO ₂	✓	
Reduserer forsurening	✓	
Forurenses		✓
Produserer biomasse	✓	
Energi (drivstoff, strøm, oppvarming)	✓	✓
Olje	✓	✓
Plast	✓	✓
Papir	✓	
Alkohol (vin, brennevin, etanol)	✓	
Human/dyrekonsum (mat)	✓	
Medisin	✓	✓
Helsekost	✓	
Kosmetikk	✓	✓
Tekstiler	✓	✓
Gjødsel	✓	
Antifouling (bunnstoff)	✓	✓
Silikon	✓	✓
Isolasjon	✓	✓
Asfalt/tungolje	Forskning gjenstår	✓

3.8.2 Biomasse til bioenergi

Landbasert dyrking har sine begrensninger. Selv om det bindes opp mye karbon i skogbiomasse skjer dette tregt i sammenlignet med alger. Det kan ta tiår før trær kan høstes. Det tar bare noen måneder før tare kan høstes. Det er en utfordring for verden å skaffe til veie nok biomasse for å oppnå et karbonnøytralt samfunn. På land vil for eksempel ønsket om mer biomasse til energiformål ofte komme i konflikt med matproduksjon og bevaring av viktige regnskogsområder. Et betydningsfullt bidrag til denne utfordringen vil være å identifisere og utforske arealer og muligheter for biomasseproduksjon som ikke går på bekostning av dyrkbar matjord eller viktige biotoper på land.

Bioenergi er et stort globalt satsningsområde hvor produksjon av alger har en sentral rolle. For at man skal kunne få en konkurransedyktig næring for mottak og produksjon av algeprodukter, må det være en bærekraftig produksjon av alger tilstede. Det ligger et enormt potensiale av muligheter som Bellona mener vil gagne både næringslivet og miljøet i et langsiktig perspektiv. Alger kan binde store mengder CO₂ i biomasse. Tareskogen langs norskekysten har blitt redusert med 2000 kvadratkilometer siden begynnelsen av 70-tallet. I følge NIVA sine estimater kunne

dette tapet av tareskogen ha lagret 36 millioner tonn CO₂ som tilsvarer norsk års utslipp på 40–45 millioner tonn. Gjenetablering av tareskog kan bli et viktig bidrag til Norges tiltak for CO₂ fangst.

Utvikling av en marin biomasseproduksjon til energiformål kan etablere en langsiktig ny næring basert på bærekraftige prinsipper. Dyrking i kystnære områder kan etableres innen relativt kort tid. Dette vil gi viktig bidrag til videre satsing. Storstilt dyrking i åpent hav, hvor det virkelig store potensialet ligger, vil kreve en betydelig forsknings- og utviklingsinnsats.



Biomasseproduksjon til energiformål kan etablere en langsiktig ny næring (Foto Thinkstock)

Dyrking av makroalger på et sjøareal tilsvarende et hektar binder til seg i underkant av 9 tonn karbon. Av dette kan man produsere 7500 liter bioetanol. Potensialet er mange ganger større når næringstilgangen er større (i forbindelse med for eksempel oppdrett av fisk). Makroalger har en maksimal produktivitet på ca 2 kg karbon pr kvadratmeter pr år. Dette er to-tre ganger mer enn sukkerrør, som er ansett som en av de beste plantene for avling til bioenergi. Etter estimater fra SINTEF ligger utbyttet på mellom 3800-10 500 kg karbon per hektar, noe som vil gi ca. 3000-10 000 liter etanol (avhengig av når på året taren høstes) (Broch et al. 2013). Potensialet kan være enda større. Det er beregnet at et areal på størrelse med Vestfold fylke kan produsere etanol tilsvarende 2–3 % av verdens totale bioetanolproduksjon. Dette er nok til å dekke halvparten av etterspørselen i EU.

Bioetanol er i dag det mest brukte biodrivstoff, der sukkerrør og mais er det mest brukte råmaterialet. USA og Brasil er hovedprodusentene (Balat & Balat 2009). I Brasil bruker nesten alle kjøretøy bioetanol i ren eller innblandet form. Avkastning av bioetanol pr hektar fra alger krever mindre areal og vokser raskere enn tradisjonelle planter brukt til bioetanolproduksjon.

Både mikro- og makroalger kan brukes til bioetanolproduksjon. Alger består hovedsak av karbohydrater, proteiner og olje. Fra stivelse, cellulose og andre karbohydrater i alger kan det produseres etanol, eventuelt etter ekstrahering av oljen til produksjon av biodiesel. I motsetning til landplanter produserer alger ingen hemicellulose (gruppe av polysakkarider) og lignin, noe som gjør det vesentlig lettere å fermentere algecellulose.

Ved drivstoffproduksjon fra alger kan det dessuten lages ulike biprodukter som biopolymerer, proteiner og fôr.

Som for produksjonen av biodiesel, gjelder det også her å finne den ideelle algarten, og optimere dyrkingen, høstingen og bearbeidingen av algene for å få prosessen til å bli mest mulig energi- og kostnadseffektiv.

En etanolandel med opptil 10 % brukes i vanlige bensinmotorer uten spesielle tilpasninger. Dessuten kan det lett konstrueres motorer som samtidig tåler ren etanol eller et hvilket som helst blandingsforhold med bensin.

Tilsatt etanol forbedrer i tillegg bensinens forbrenningsegenskaper og reduserer på den måten helse- og miljøskadelige organiske utslipp. I likhet med biodiesel er bioetanol mye mindre toksisk enn petroleumbaserte drivstoffer, og biologisk lett nedbrytbart. Bioetanol som tilsetningsstoff til bensin kan også erstatte miljøskadelige oktanforbedrende midler som PAH i bensin.

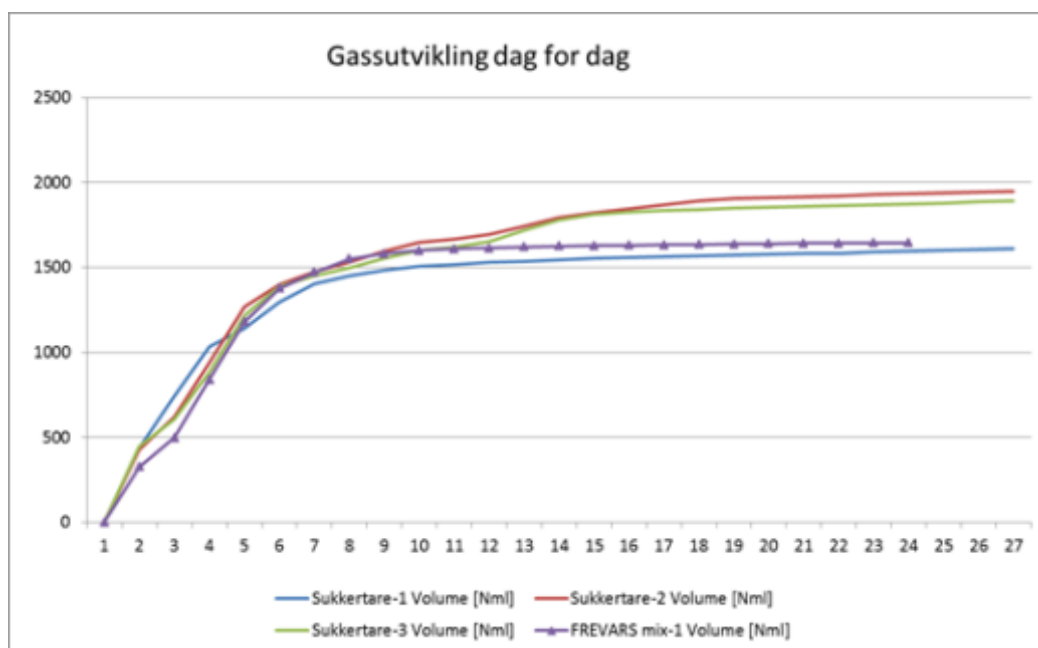
Tusenvis av forsøk på alger er allerede blitt gjennomført på laboratorieskala hvor man prøver å manipulere frem bestemte egenskaper. Dette kan for eksempel være å omdanne CO₂ direkte til etanol, eller å øke biomassevekstratene av mikroalger. Spørsmålet er til hvilken grad genmanipulerte arter (GMO) eller deres gener kan diffundere til naturlige omgivelser, og utgjøre en økologisk risiko. Vi vet lite om konsekvensene på grunn av mangel på kunnskap på dette området. Mye av firmaintern forskningsaktivitet er patentert og ikke tilgjengelig for publikum (Allison & Smith 2012). Mangel på aksept i offentligheten, i likhet med GMO i landbruk, er ytterligere et problem for storskala anvendelser av GMO i algedyrking.

Det finnes på nåværende tidspunkt ingen industriell produksjon av bioetanol fra alger.

3.8.2.1 Testing av sukkertare i biogass-produksjon

Ved avløpsrensaneanlegget til FREVAR KF har det vært produsert biogass siden anlegget ble satt i drift i 1989. Denne gassen er et biprodukt fra rensaneanleggets slambehandlingsdel. Fram til 2001 har gassen vært benyttet til å dekke anleggets behov for bygg- og prosessoppvarming og overskudds-gassen har vært brent av i fakkell. Biogass basert på avfallsressurser blir til drivstoff i veitransport og til kraft- og varmeproduksjon. For å undersøke potensialet tære har til å benyttes i biogassproduksjon har SINTEF sammen med FREVAR testet ut sukkertare som en dyrket

utenfor Trondheim i et av SINTEF sine tareprosjekter. Resultatene viser at sukkertare responderer veldig likt med det forbehandlede matavfallet som FREVAR bruker til vanlig (Figur 16). Sukkertare fungerer bra som biogass-substrat sammen med annet lett nedbrytbart organisk materiale, og gir en god gassproduksjon sammen med avløpsslam som har blitt utfelt i avløpsrensingsanlegget (Figur 16). Biogass produseres ved anaerob nedbryting (fermentering) av organiske ressurser til biometan (CH_4) og restproduktet ved nedbrytningen blir til biogjødsel.



Figur 16. Testing av sukkertare i biogassproduksjon (Kilde FREVAR, Knut Lileng og SINTEF, Jorunn Skjeremo).

3.8.3 Tilskudd til vårt daglige kosthold

Alger med sitt høye næringsinnhold er et perfekt kosttilskudd. Det finnes mange typer alger som man kan inkludere i den daglige kosten. Tang og tare kan spises rå, kokes eller stekes, og erstatte vanlige grønnsaker eller salat. De fleste tenker nok på sushi når spiselige alger nevnes, men det er mange flere muligheter og gode matretter som kan lages i det norske kjøkkenet.



Fiskekaker med alger (Foto Fremtidens mat)

Alger er i ferd å bli en ettertraktet matvare, men det er vanskelig å få tak i råvarer. Man må hente varene selv fra havet eller engasjere ivrige dykkere. Restauranten Høyden i Bergen serverer flere retter hvor tang og tare er inkludert og de benytter dykkere til å hente råvarer. Det er nå flere og flere restauranter som prøver seg med enkeltretter av tang og tare eller som et tillegg til ulike retter.



Laks og alger (Foto Fremtidens mat)

Eksempel på tang og tare som man kan bruke i mat:

Grønnalger

Havsalat (*Ulva lactuca*) og Pollpryd (*Codium fragile*)



Havsalat (Foto Thinkstock)

Rødalger

Søl (*Palmaria palmata*), Fjærhinne (*Porphyra umbilicalis*), Krusflik (*Chondrus crispus*)



Søl (Foto Christian Bruckner)

Brunalger

Sukkertare (*Saccharina latissima*), Butare (*Alaria esculenta*) og Grisatang (*Ascophyllum nodosum*)



Grisatang (Foto Annelise Leonczek)

Man finner mange gode oppskrifter på tang og tare på nettet (fremtidensmat.no) og det er også publisert bøker med oppskrifter (Mortensen et al. 2004).

3.8.4 Medisin, Helsekost og Kosmetikk

Marin bioprospektering bidrar til å identifisere interessante gener, biomolekyler og organismer fra det marine miljøet som kan ha potensial for kommersiell utnyttelse (Bakketeig et al. 2013). Det finnes mye dokumentasjon på positive helseeffekter av alger og virvelløse dyr. Alger og virvelløse dyr benyttes kommersielt i helsekostprodukter og kosmetikkprodukter mange steder i verden. Alger, anemoner, muslinger, sjøpølser, sekkedyr, kråkeboller, krepsdyr, børstemarker og slimål inneholder biologisk aktive komponenter som kan utnyttes av farmasien, den kjemiske industri eller som næringsmiddel. Alger kan brukes medisinsk ved struma, hormonbehandlinger, fedme, åreforkalkning, diabetes, allergi, HIV-infeksjon, fordøyelsesforstyrrelser, brystkreft, candida, hoste, forstørrede lymfekjertler, tretthet, tungmetallforgiftning, lavt blodtrykk og revmatisme (eksempel: Borowitzka 1995; Okai & Higashi-Okai 1997; Watanabe et al. 1999; Higashi-Okai et al. 2000; Guerin et al. 2003; Venkata Raman et al. 2004; Habib et al. 2008; Gregory et al. 2012). Anemoner har stoffer som kan brukes både til smertestillende medisin og til cellegift. I magesekken til sjøpølser finnes molekylet NGNA, som er svært effektivt mot forkjølelsesviruset Rhinovirus og influensavirus. Det norske-svenske selskapet Scandinavian Clinical Nutrition (SCN) har patentert substansen NGNA, etter å ha påvist at det har god virkning mot virus.



Kosttilskudd (Foto Thinkstock)

Vaksinasjon er den mest effektive og miljøvennlige tilnærmingen for å bekjempe sykdommer i fiskeoppdrett, og dermed også et viktig bidrag til bærekraftig utvikling innen akvakulturnæringen. Sammenlignet med flere enn 760 vaksiner tilgjengelig mot menneskelige sykdommer, er det bare ca 30 vaksiner kommersielt tilgjengelig for fisk. Dette illustrerer behovet og potensialet for utviklingen og kostnadseffektiv produksjon av vaksiner for håndtering av fiskehelse. Mikroalgen *Chlamydomonas reinhardtii*, er den viktigste modellalgen som er mye brukt som en plattform for produksjon av rekombinante proteiner som vaksiner, terapi og industrielle enzymer. Fordelen med vaksiner laget av mikroalger er at de kan gis via fiskefôr. Dette er en svært billig måte å vaksinere fisken på sammenlignet med tradisjonelle metoder med arbeidskrevende sprøyting og stresskapende bedøvelses. Bioforsk samarbeider med næringen for å utvikle gode fiskevaksiner.

3.8.5 IMTA-arter kan bidra til å redusere bruk av importert fisk i fiskefôret

Oppdrettsarter er avhengige av å få tilført fôr utenfra oppdrettsanlegget. Tradisjonelt har alt dette fôret vært basert på marine råstoffer fra fiskerier i Nord-Atlanteren og de fiskerike områdene på vestkysten av Sør-Amerika. Veksten innen akvakultur har økt etterspørselen etter fôr og egnede fôrressurser kraftig. I dag benyttes omlag en fjerdedel av alt som fiskes i verdenshavene til å produsere fiskemel og fiskeolje.

Potensialet til å produsere eget fiskefôr av gode marine IMTA-råvarer er stort. Forskning har vist at både alger og evertebrater i produksjon av bærekraftig fiskefôr har bidratt til å øke fiskehelsen (Shields & Lupatsch 2012). Det er et potensial for å utnytte produktene i fiskefôr, som kan ha både en lokal og kommersiell verdi. Oppdrettsfisk trenger god kvalitet på fiskefôret. En viktig

kilde i fiskefôr er omega 3, som er en begrenset ressurs. Det har vært en reduksjon i bruk av fiskemel og fiskeoljer i fiskefôr og mer bruk av vegetabiliske kilder. Fiskeolje er en begrenset faktor, men det er også andre marine kilder med høyt omega 3 og proteininnhold som kan benyttes i fiskefôr, og som kan dyrkes i IMTA. For eksempel muslinger, sekkedyr, krepsdyr og børstemark.

Alger i fiskefôr kan også redusere mange av de miljømessige problemstillingene knyttet til dagens havbrukspraksis. Ocean Harvest Technology (OHT) i Irland har utviklet bærekraftig fiskefôr med algeingredienser som erstatter syntetiske kjemiske tilsetningsstoffer og farger. Forskningsresultater har vist at fiskefôr med alger reduserer stress og forbedrer immunsystemet (Shields & Lupatsch 2012). Fiskefôr som inneholder alger gir mer motstandsdyktighet mot virus, bakterieinfeksjoner og parasitter (lakselus infestasjon redusert med 40 % og dødeligheten redusert med 80 %) (OHT). Årsaken til denne reduksjonen er fortsatt ikke fullstendig kartlagt, men det ser ut til at algene i fôret får fisken til å produsere et slim som lusa ikke liker så de slipper taket i fisken (Pers. med. Stefan Kraan).

Produksjon av mikroalger kan dyrkes i lukkede IMTA-systemer. Mikroalger har en høyere andel av omega 3 enn makroalger, og det foregår mange internasjonale forskningsforsøk på å benytte mikroalger i fiskefôr. Det man ser etter er alger som er i stand til å produsere oljer med høyt innhold av de marine fettsyrene DHA og EPA. For eksempel Alltech, et internasjonalt selskap som utvikler næringsrikt fôr samarbeider med ulike forsknings- og næringsaktører i Norge. Under flere forsøk har de vist at mikroalger kan produsere opptil 70 % fettsyrer. Alltech hevder at når man har identifisert de rette algeartene basert på hva forbrukerne av laks er interessert i og raffinert produksjonen, skal det være mulig å forsyne fôrindustrien med marine oljer fra alger.

Marks & Spencer og Skotske Akvakulturvitenskap Forum (SARF) samarbeider i et prosjekt for å undersøke bruken av både tang og mikroalger som kommersielt levedyktige kilder av råstoff til fiskefôr.

Andre selskaper som AZTI-Tecnalia ved Ainia Technology Center i Valencia er involvert i prosjekter hvor man skal teste ut sukker fra alger til høyenergi matvarer og fiskefôr.

3.8.6 Plast

Det meste av det vi spiser, drikker eller bruker er pakket i petroleumsplast som er et materiale laget for å vare evig. Når vi er ferdige med produktet kaster vi det. Denne bruk- og kastmentaliteten er et relativt nytt fenomen. For bare to generasjoner siden, pakket vi våre produkter i gjenbrukbare eller resirkulerbare materialer som glass, metaller og papir. I dag er våre havområder, landområder og strender søppelplass for plastemballasje. Dette er ikke bare estetisk stygt, men skaper et stort problem for dyreliv og biologiske mangfold både på land og i vann.

Det kan ta flere tusen år før plast brytes ned i naturen. Plast brytes ned til mindre partikler over tid i havet men de brytes ikke helt ned. I havet opptrer plastpartiklene som "svamper" eller gir fra seg miljøgifter som PCB, DDT og andre pesticider. Disse organiske miljøgifter kalles "POPs" og blir spist av marine organismer som igjen kan spises av mennesker.



Plastforurensning (Foto Thinkstock)

I 2009 ble det produsert 230 million tonn med plast globalt (Plastics – the Facts 2010). Det er produsert nok plast til å pakke inn kloden seks ganger med folie (Plastics – the Facts 2010).

I det som kalles verdens største marine dumpingplass, ligger i Stillehavsgyren. Her flyter ca. 100 millioner tonn plast (Marks et al. 2008). Fine partikler av plast som er brutt ned blir spist av virvelløse dyr i havet. Disse blir så spist av større dyr. En million sjøfugl, 100 000 sjøpattedyr og en utallig mengde med fisk dør hvert år av plast de får i seg (Plastic Planet). Mesteparten av platen synker, oppløses sakte og går inn i næringskjeden, oppkonsentreres og ender opp på vårt eget matfat.

Tenk hvis all plast rundt oss var laget av alger? Det er faktisk mulig. Alger er en kilde for produkter av biopolymer. Teknologien er tilgjengelig og har blitt testet ut. Plastprodusenten Cereplast har gjennom flere år arbeidet med alternative muligheter for å lage plast fra planter. De har gjort flere tester med alger som har vist seg bedre egnet på grunn av at veksthastigheten er høyere enn hos landplanter. Bioplast fra alger har mye mindre innvirkning på miljøet ettersom de brytes ned innen 180 dager uten å etterlate noen skadelige kjemiske rester.

Det finnes ulike typer algeplast. Hybridplast er biomasse fra alger som tilsettes petroleumsproduktet polyuretan og polyetylen (Chiellini et al. 2008, Barghini et al. 2010). På denne måten reduseres mengden petroleum, og produktene får nye egenskaper som raskere biologisk nedbrytning. Grønnalger fra gruppen Cladophorales egner seg godt til å produsere hybridplast. Cereplast produserer flere produkter laget av 50 % alger og 50 % petroleum med sikte på 100 % alger i fremtiden. Algecellulose kan benyttes til å lage plast.

3.8.7 Papir

Man kan lage papir av alger (Chao et al. 1999; Chao et al. 2000; Seo et al. 2010). Ved å bruke alger istedenfor tremasse som råstoff til papirproduksjon kan man spare store skogsområder og samtidig redusere CO₂-utslippene. Dessuten er prisen på tremasse ventet til å stige dramatisk i fremtiden. Alger som benyttes til å lage papir har sin opprinnelse fra lagunen i Venezia (Favini-gruppen). Den uønskede algeoppblomstringen i lagunen utenfor Venezia har blitt høstet for å lage miljøvennlig algepapir med variert algeinnhold. På denne måten løses problemet med lagring av algeavfallet. Papiret som er kalt "Shiro Alga Carta", har et karakteristisk utseende med grønne algeflekker og brukes i hovedsak til grafisk design og luksuriøs emballasje verden rundt. Firmaet har også begynt å bruke alger fra franskekysten i Bretagne og Normandie som har samme algeproblem forårsaket av forurensning.

Papir laget av grønnalger kan også brukes til produksjon av tynne batterier. Algecellulose har en overflatekapasitet som er 100 ganger større enn plantecellulose. Med 50-200 % bedre ladningskapasitet enn polymerbatterier, kan dette bli fremtidens batterier (nanoteknologi, Uppsala Universitet i Sverige).

Chungnam National University i Korea har inngått et samarbeid med elektronikkjiganten Samsung om et stort prosjekt på 500 hektar offshore hvor de skal lage papir av rødalger. De hevder at papirmasse fra rødalger kan produseres med mindre energi enn trær, og at det ikke krever fjerning av lignin sammenlignet med tremasse.

3.8.8 Tekstiler

Kina har startet produksjon av algeklær i stor skala etter at et forskningsteam ved Qingdao universitetet har funnet en metode for å utvikle algefibre fra visse algesorter. Algefibrene kan veves til stoffer og klær, og er motstandsdyktig mot brann. I tillegg inneholder fibre metallioner, som gir beskyttelse mot elektromagnetiske bølger og radioaktivitet. Algeklær egner seg godt for brannmenn, for folk som trenger beskyttelse mot farlige stoffer og som vanlige klær.

3.8.9 Gjødning og jordforbedring

Tang og tare har lenge blitt brukt som jordforbedringsmiddel, både ved å legge ilandførte planter på jordene eller ved mer moderne metoder for produksjon av flytende algeekstrakter og tangmel i hagebruk og landbruk. Det er også mulig å utvinne nitrogen og fosfor fra avfallsstrømmen etter produksjon av biogass.

I mange land rundt om i verden brukes makroalger som gjødsel. Makroalger inneholder alle sporstoffer og plantenæringsstoffer som er nødvendige for sunne avlinger, i tillegg alginater som er kjent for å være en utmerket jordforbedringsmiddel.



Fingertare var på 1940-70 landets viktigste råstoff for å lage alginat (Foto Thinstock)

3.9 Økonomisk potensial for IMTA

IMTA kan ha en rekke økonomiske fordeler sammenlignet med monokulturer, blant annet økt total produksjon, større produktmangfold og positive økosystemtjenester (Ridler et al. 2006; Knapp 2010; Ferreira et al. 2012). Det anses at kostnadene for å starte med IMTA ikke trenger å være uoverkommelige hvis man bygger fra et monokulturoppsett. Infrastrukturen av lakseoppdrett er veldig bra utviklet i Norge, og kostnadene for å utvikle videre til IMTA er minimale i forhold til den strukturen som allerede foreligger. Det er klart mer kostnadseffektivt å omgjøre eksisterende oppdrettsanlegg til IMTA, enn å bygge en splitter ny IMTA fra bunnen av. Den forbedrede effektiviteten og den ekstra fordelene med flere kommersielle og verdifulle produkter (eksempelvis laks, blåskjell og tare) i stedet for ett produkt (laks) vil kunne oppveie startkostnadene. IMTA-konseptet er svært fleksibelt og kan utvikles i både saltvann, ferskvann, åpne og lukkede systemer (Barrington et al. 2009).

3.9.1 Potensial for produksjonsutbytte i Norge

SINTEF (2011) har anslått potensielt produksjonsutbytte for IMTA i norske oppdrettsanlegg. Tallene er basert på den totale produksjonen av ørret og laks fra 2009 (1,016 millioner tonn fisk, 28 650 tonn uorganisk nitrogen og 14 100 tonn bundet nitrogen) (SINTEF; NTNU; Wang et al. 2012). Næringen kan brukes til å produsere 1,9 millioner tonn (våtvekt) tang og 64 000 tonn blåskjell. Hvis IMTA-anlegg flyttes offshore kan produksjonsutbytte mangedobles. Det er ennå ikke utviklet økonomiske IMTA-modeller for akvakultur i Norge. Dette må selvfølgelig gjøres før IMTA skal kunne videreføres fra pilot til kommersiell produksjon. Økonomiske modeller har blitt utviklet i flere andre land, blant annet i Canada og sør Afrika.

3.9.2 Potensiell biomasseproduksjon i forbindelse med stort oppsett

Hensikten med følgende estimater er å vise det enorme teoretiske potensialet havet gir oss, og hvor lite vi trenger av det for å dekke mange behov. Tallene er beregnet ut fra produksjon per hektar og er ikke medregnet avstandsberegninger mellom artene som dyrkes. Det er tatt utgangspunkt i et område på 8660 km² som tilsvarer 866 000 hektar (tilsvarende størrelsen på Doggerbank hvor det er planlagt å bygge havvindmøllepark). For sammenligning er dette mindre enn Rogaland fylke som er på 9378 km².

Sukkertare (vekstsesong fra februar–juni) gir 160 tonn pr hektar pr år, for 866 000 hektar 138,6 millioner tonn pr år våtvekt. Tørrvekt er ca. en tredjedel, som betyr 46,2 millioner tonn (3,85 millioner tonn pr måned tørrvekt). Omtrent en tredjedel tare er bundet opp i karbon (NIVA 2010). For sukkertare vil det binde opp 15,4 millioner tonn CO₂ pr vekstsesong. Til sammenligning er dagens beregnede stående biomasse for sukkertare langs norskekysten estimert til 20 millioner tonn (NIVA 2011).

Mikroalger har raskere vekst enn makroalger og med lys og næring kan den høstes hele året. Dette gir en årlig produktivitet opp mot 350 tonn tørrvekt pr hektar pr år (SINTEF, varierer med dyrkningsbetingelser). For et område på 866 000 hektar gir dette 303 millioner tørrvekt pr år (25 millioner tonn pr måned tørrvekt). Omtrent halvparten av tørrvekten til mikroalger er bundet opp i CO₂ (Oilgae). Det utgjør 151 millioner tonn CO₂ per år.

En ny driftsforskrift gjeldene fra 1. januar 2013 sier at antall laks i hver merd ikke skal overstige 200 000 fisk. Med dagens regler om maksimalt 25 kg/m³ vil en kunne ha opptil 1000 tonn (200 000 individer a 5 kg i en merd). Hvis man da beregner 1000 tonn slakteklar fisk annethvert år med 500 tonn fisk pr år pr merd, gir dette et utbytte på 433 millioner tonn pr år (36 millioner tonn pr måned for et areal på 866 000 hektar). Til sammenligning var den totale lakseproduksjonen i Norge på ca. 1 million tonn i 2011.

Blåskjell er ca. 2-3 år før den har oppnådd stor nok størrelse for humant konsum. Dette gir pr hektar pr år 60 tonn. For et område på 866 000 hektar vil dette utgjøre 52 millioner tonn pr år (4 millioner tonn pr måned).

Er disse tallene realistiske? De er realistiske i forhold til hva som kan estimeres per hektar, men det er fortsatt manglende kunnskap om hva vi kan produsere i stor skala. Selv om vi trekker fra

en viss avstand mellom IMTA-systemene og en viss avstand mellom de ulike artene i IMTA-systemet, er det fortsatt et stort potensial for produksjon av biomasse.

3.9.3 Fordeler og utfordringer med IMTA-SWOT-analyse

I 2010 ble det holdt en stor IMTA-workshop i Port Angeles, Washington, hvor forskere, næringsaktører og myndigheter møttes for å diskutere fremtidige muligheter og strategier. En av dagene ble benyttet til å analysere økologiske, økonomiske og samfunnsmessige fordeler og utfordringer med IMTA gjennom intervjuer med ulike grupper av mennesker.

Det ble utarbeidet en SWOT-analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) på forhånd for hver kategori (se tabell nedenfor). Hver av kategoriene ble rangert fra 1-5 i styrke. Hver person scoret et tall fra 1-5 etter hva man mente var viktigst, hvor 1 er ubetydelig og 5 er viktigst. Med åtte deltakere, ble maksimum resultat for en kategori 40.

Tabellene (6, 7 og 8) viser relevante faktorer som har vært diskutert i IMTA-miljøer rundt om i verden, der det mangler kunnskap og hvilke bekymringer man må ta hensyn til. Slik kan SWOT-analysen brukes av næringslivet for å vurdere styrker opp mot svakheter.

Oppsummering av SWOT-analysen (Tabell 6, 7, og 8) viser at de høyeste poengsummene representerte styrken med resirkulering av næringsstoffer, og svakhet med mangel på økologisk kunnskap. Det er bekymringer for at det vil bli lavere lønnsomhet på kort sikt med IMTA sammenlignet med dagens akvakultur, og mangel på offentlig finansiering til å utvikle et nettverk av pilotforsøk og forskning. Det er per i dag ikke utviklet effektive teknologiske løsninger for IMTA-storskalaproduksjon. Det er da en realistisk tankegang at lønnsomheten vil være større i monokulturer fordi teknologiløsning for IMTA ennå ikke er utviklet. På en annen side vil ikke teknologi utvikles for IMTA-storskalaproduksjon uten at det først utvikles løsninger for småskala produksjon.

Andre svakheter med IMTA fra SWOT-analysen synes å være sentrert rundt kompleksiteten på ulike nivåer. For eksempel ble det vurdert som vanskelig å formidle de tekniske aspektene til samfunnet og myndigheter. Andre utfordringer ligger i det operasjonelle, samt kostnadene for oppsett og vedlikehold. Mange av svakhetene bunner i mangel på kunnskap.

Havbruksnæringen i Norge skaper ofte sterke følelsesmessige reaksjoner hos mange. Det som skjer både økologisk og økonomisk i havbruksnæringen kommuniseres ut i samfunnet, kanskje ofte i større grad de negative aspekter enn de positive. Det var derfor overraskende å se den generelle lave poengsum om samfunnspåvirkninger i SWOT-analysen. For eksempel fikk arealkonflikt lav poengsum under svakheter på sosiale påvirkninger. Denne poengsummen hadde muligens blitt høyere under norske forhold hvor arealdisponeringer i havbruk fortsatt er i konflikt med andre brukere av kystområdene.

Den største trusselen er frykten for at IMTA-konseptet blir feil kommunisert ut i samfunnet. Denne bekymringen bør ikke undervurderes. En feil eller mislykket IMTA-praksis kan fort ødelegge for videre utvikling med negativ mediedekning. I en prosess hvor man utvikler nye

innovative konsepter må det være rom for en utvikling hvor man har lov til å prøve og feile innenfor akseptable grenser.

At IMTA kan bidra med en helt ny innsikt i akvakulturpraksis, med forbedret miljøhensyn ved å resirkulere næringsstoffer, ble oppfattet som den største styrken. Det ble også vurdert som en styrke at det er økonomiske fordeler med produkter som kan bli solgt innenfor nye markedsområder og nye nisjer. Bærekraftig "image" kan ha stor positiv effekt på økonomien for næringen.

SWOT-analysen kan være nyttig for å se på hva andre land har tenkt og hvilke problemstillinger man bør ta hensyn til. Det er allikevel nødvendig å analysere alle aspektene i økologi-, økonomi- og samfunnspåvirkninger i forhold til hverandre og sette dette i en mer utredende sammenheng i stedet for analyser av dette hver for seg, som ble gjort i denne analysen.

Tabell 6. SWOT-analyse for økologiske påvirkninger. Poengsummen er markert med rødt.

IMTA økologisk påvirkning	
Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Resirkulering av næringsstoffer (32) • Redusert etterspørsel etter fôr fra pelagiske marine fiskerier og terrestriske avlinger (23) • Øker produktiviteten (20) • Øker diversiteten (17) • Større vekt på å kvantifisere økologiske effekter (15) • Kan benyttes i mange applikasjoner for eksempel ferskvann, saltvann, lukket og åpent system (13) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kunnskapshull om økologiske påvirkninger (32) • Fokuserer på høyverdi produkter som med stor sannsynlighet ikke vil bidra til verdens matbehov (bortsett fra tare) (31) • Konverterer mer robuste næringskjeder til mer sårbare næringskjeder (21) • Sirkulerte næringsstoffer renner ut i miljøet og reduserer naturlig produksjon (18)
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none"> • Renovasjonsvirksomhet av menneskeskapte eutrofiering (21) • Hvis IMTA øker innlandsproduksjonen, kan man redusere miljøkostnader (f.eks transport) av importert sjømat (18) • Produserer produkter (slik som tang-baserte biodrivstoff) som vil redusere miljøkonsekvensene av fossilt brensel (17) • Større beslutningsmuligheter for akvakulturnæringen (14) • Potensielt større lønnsomhet i forhold til eksisterende havbruk (14) • Styrker samarbeidsmuligheter mellom ulike aktører (12) • Akvakultur forskningsplattform (8) • Spesialiserte markeder for IMTA-produkter (4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Potensielt lavere lønnsomhet på kort sikt sammenlignet med dagens akvakultur (31) • Mangel på offentlig finansiering (dvs. politisk vilje) til å utvikle et nettverk av pilotforsøk og forskning for å undersøke gjennomførbarheten av IMTA (31) • Storskala applikasjoner kan ha større miljøbelastning og dermed mindre aksept fra samfunnet (28)

Tabell 7. SWOT-analyse for økonomiske påvirkninger. Poengsummen er markert med rødt.

IMTA økonomisk påvirkning	
Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Nytt image: differensiert akvakultursystem (28) • Driftseffektivitet: arbeidskraft, operasjonelle priser, leasing (23) • Markedsføringsfordeler (21) • Effektiv bruk av næringsstoffer og areal (18) • Økosystemtjenester øker inntektsmuligheter (18) • Diversifiserte produkter = risiko produksjon (13) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompleksitet: markedsføring, drift, yngel, forretningsplanlegging (30) • Forskriftskomplekst (26) • Stedsspesifikke kriterier (på grunn av flere arter): saltholdighet, strøm, temperatur (20) • Større kapitalkostnader for oppstart (20) Risiko: strukturelle forhold, sykdom, drift (18)
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none"> • "Bærekraftig" image (31) • Marked: prising, høyverdi produkter, emballasje, nisje muligheter (21) • Bruke IMTA til å lansere en ny nasjonal akvakulturvisjon (20) • Utviklingsplattform: nye produkter, innovasjon, fôr, makroalger, forskning (18) • Økosystemtjenester, potensielle inntekter (16) • Fremskyndet innovasjonspotensiale (11) • Tilpasningsdyktighet (f.eks klimaendringer) (11) • Nye partnere (3) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aksept fra samfunnet, offentlige oppfatninger (25) • Naturlige trusler: sykdom, parasitter, stormer (25) • Større myndighetskrav (25) • Skuffelse av forventninger: en feil kan reflektere dårlig på hele innsatsen (15) • Markedstrusler: overproduksjon, pris-sykluser (11) • Konkurransen fra monokultur (11) • Billig etterligning av IMTA (7) • Nye konkurrerende brukere (1)

Tabell 8. IMTA-SWOT-analyse av samfunnspåvirkning. Poengsummen er markert med rødt.

IMTA samfunnspåvirkning	
Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none"> • Sterk merkevare / grønne forretninger (14) • Ordlyden av økologisk oppdrett (17) • Ung industri-ny modell (11) • Handel / stillinger / lønninger (11) • Givende virksomhet (11) • Skalerbar drift (10) • Sunn mat (protein, omega 3) (10) • Forbedre miljøtilstanden (9) • Produksjon året rundt med flere arter (8) • Utdanningsmuligheter (8) • Større artsmangfold (7) • Muligheter for næringsutvikling (nisje) (7) • Bevarer kystaktiviteter (7) • Gir økosystemtjenester (5) • God forvaltning (5) • Visuell oppfatning av akvakulturvirksomheter (4) • Vitenskapelige funn (3) • Leieinntekter (1) • 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompleks (26) • Visuell oppfatning av akvakulturvirksomheter (18) • Frykt for det ukjente (18) • Kapitalintensitet-skala (16) • Økonomisk levedyktighet (15) • Større påvirkning på dyreliv og den offentlige oppfatningen av dette (15) • Potensial til å nedgradere monokultur (10) • Dårlige eksempler og feil kan farge den generelle oppfatningen (9) • Mangel på kritisk masse (8) • Arealkonflikt (6) • Ung næring (5) • Kanskje større privatisering av offentlige ressurser (3)
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none"> • Mulighet til kultur av nye økologiske arter (17) • Arbeidsplasser (17) • Sosial bevissthet (13) • Øko-mat turisme (12) • Nisjer (11) • Optimalisere næringsstoffer til bruk (10) • Økt sunn matforsyning (8) • Lokale kjøp (7) • Kontroll av miljøet (omsetning) (7) • Utdanningsmuligheter (6) • Iverksette partnerskap (5) • Forbedre teknologi (5) • Forskriftsutforming (2) 	<ul style="list-style-type: none"> • Feilinformasjon (30) • Finansiering (16) • Negativt respons på etiketten, "oppdrett" (12) • Ukontrollerte meldinger (f.eks, på internett) (10) • Utvikling i strandlinjen (10) • Mangel på marin arealplanlegging (8) • Brukerkonflikt om plass (7) • Konkurransen i markedet (5) • Miljøødeleggelser (2)

3.10 IMTA i verden

Det er mange IMTA-prosjekter i verden og interessen øker både hos næringsaktører og forskningsinstanser (Soto et al. 2009). Noen land har drevet etter IMTA-konseptet i flere generasjoner, og enkelte har kommet så langt i prosessen at kommersiell produksjon er satt i gang. Norge, Sverige og Danmark er fortsatt på pilotstadiet. Det er ikke mulig å beskrive alle de mange IMTA-prosjekter i verden på grunn av mangelfull informasjon. Resultater fra flere forskningsprosjekter er fortsatt ikke publisert og næringsaktørene holder kortene sine tett inntil brystet. Det er også mange land som har drevet kommersielt etter IMTA-konseptet i lang tid, men som ikke har publisert resultater.

3.10.1 Asia

Integrert havbruk er ikke et nytt konsept i Asia. De asiatiske landene har praktisert polykultivering av akvatiske arter i århundrer i marine, brakkvann og ferskvannsmiljøer (Neori et al. 2004; Ferreira et al. 2012). Asia er størst i verden på IMTA og har en stor kommersiell produksjon med mange ulike arter av fisk, reker, bunndyr, muslinger og alger. Et eksempel fra Kina er Sungo Bay, som ligger øst for Shandong-halvøya. Der dyrkes det kamskjell (*Chlamys farreri*), østers (*Crassostrea gigas*), abalone (*Haliotis discus hannai*) og tare (*Laminaria japonica*) i et område som strekker seg over 8 km med et vanddyb på 20-30 m.

Et annet eksempel er det grunne området (10-40 m) rundt Zhangzidao øya hvor Zhangzidao Fishery Group Co har tillatelse til å dyrke 40000 hektar med artene kamskjell (*Patinopecten yessoensis*), musling (*Scapharca broughtonii*), sjøpølse (*Apostichopus japonicus*) og abalone (*Haliotis discus hannai*). Selskapet har eksistert i 15 år og hadde en totalproduksjon med en verdi på over 60 millioner US dollar i 2005. Selskapet har fått tillatelse til å øke området med 13 300 hektar for å dyrke flere algearter og sette opp kunstige rev.

I Indonesia, er IMTA blitt implementert i flere områder, inkluderer Cirebon og Indramayu, Vest Java, som bruker reker og tang, og Bali som bruker fisk, tang og østers (Wibisono et al. 2011). IMTA på Bali har vist gode resultater på optimalisering av fôrbruk (Wibisono et al. 2011). En viktig del av utviklingsprosessen er å komme med anbefalinger til myndigheter (Astriana 2012).



Algedyrking i Kina (Foto Silje Forbord)

3.10.2 Canada

Canada er langt framme i IMTA-forskning og kommersiell anvendelse i den vestlige verden. Dr. Thierry Chopin og hans forskergruppe i Canada har jobbet med IMTA i mer enn 12 år og flere oppdrettsanlegg har allerede tatt i bruk IMTA-modellen for kommersiell produksjon. Av 96 områder i Sørvest New Brunswick, har fem lokaliteter utviklet IMTA og flere andre områder vil snart starte kommersiell produksjon. Det dyrkes i hovedsak laks, tare og blåskjell, men flere andre arter som kråkeboller, sjøpølser, kamskjell og børstemarkar blir nå evaluert for økologisk funksjon og samfunnsnyttighet.

En IMTA-lokalitet er nylig etablert i Kyuquot Sound (Vancouver Island) som dyrker fisk, tare, musling, kamskjell og sjøpølser (Cross 2007). Canadian Integrated Multi-Trophic Aquaculture Network (CIMTAN) er involvert i flere prosjekter sammen med forskningsinstitusjoner og næringen.



IMTA i Bay of Fundy, New Brunswick, Canada. Laks dyrkes i merd (foran til venstre), blåskjell dyrkes i poser og på tau (foran til høyre) og tare dyrkes på tau (bak til høyre) (Foto Thierry Chopin).

3.10.3 USA

I USA er det allerede flere kommersielle landbaserte IMTA-konsepter i tillegg til forskningsprosjekter. Selskapet Söliv International er en hudpleieprodusent som har utviklet et landbasert IMTA-system i samarbeid med Universitetet i Washington, Seattle (Dr. Robert Waaland). De dyrker rødalgen *Chondracanthus exasperatus* i separate tanker med oppdrettssjøvann som kommer fra kveite (*Hippoglossus stenolepsis*) og svart torsk oppdrettet i andre tanker. Algen vokser under gode forhold og med en maksimal produksjon på 725 kg våtvekt per måned, blir algen brukt i kosmetiske produkter.

På Hawaii dyrkes rødalger og abalone i et landbasert IMTA-system (Soto et al. 2009) og langs kysten av Massachusetts er det undersøkt muligheter med hummeroppdrett og østersproduksjon (Buttner & Leavitt 2003).

Matt Siskey & Ryan Baldwin (2011) fra Universitetet i New Hampshire undersøkte muligheter med å dyrke kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*), havsalat (*Ulva lactuca*) og fisk (*Tautoglabrus adspersus*) i IMTA ved USAs vestkyst. De fant ut at tilstedeværelse av fisk, kråkeboller og havsalat i samme system ga større produksjon uten at de konkurrerte med hverandre om ressursene. Det mest interessante fra prosjektet var at kråkebollen som beitet på fiskeavføring førte til økt vekst og større gonader.

3.10.4 Sør-Amerika

Chile er en av de største eksportørene av laksefisk i verden, og IMTA-potensialet er stort (Soto 2009). Det er flere algearter som dyrkes og høstes i liten skala, men det er bare *Gracilaria chilensis* som dyrkes i storskala kommersielt (Buschmann et al. 2005; 2006). IMTA har eksistert i Chile siden 80-tallet, men i veldig liten skala (Soto 2009). I hovedsak har det blitt dyrket ørret, (*Oncorhynchus mykiss*), østers (*Crassostrea gigas*) og den agarproduserende algen *Gracilaria chilensis*. I flere av disse erfaringene har det blitt demonstrert bedre kvalitet på produktene, renere vann og raskere vekst. IMTA-utviklingen har allikevel vært begrenset på grunn av den eksplosive økningen av tradisjonell produksjon (monokulturer) som har gitt IMTA liten mulighet til å vokse og etablere seg (Soto 2009). Derimot har holdningen til IMTA begynt å forandre seg på grunn av konflikten mellom stort press på miljøet, og ønske om større produksjon. Alejandro Buschmann ved universitetet i Los Lagos arbeider med prosjekter for å forbedre dokumentasjon på reduserte miljøpåvirkningen av laksefisk i oppdrettsanlegg. Målet er å forske mer på IMTA med ørret, østers og tang for å se på fremtidig muligheter for bærekraftig havbruk. Den største utfordringen ligger i å få med seg de største næringsaktørene.

3.10.5 Sør-Afrika

Abalone (*Haliotis midae*), østers (*Crassostrea gigas*), musling (*Mytilus galloprovincialis*) og tare (*Ecklonia maxima*) er storindustri i Sør Afrika og dyrkes kommersielt sammen flere steder. Taren tar opp overskuddsnæring fra abalonen (og eventuelt andre arter) og holder vannet rent. Taren som har et høyt innhold av næring og proteiner blir brukt til å føre abalone.

3.10.6 Australia og New Zealand

I et treårig prosjekt utenfor den sør-australske kyst blir næringsavfall fra tunfisk og yellowtail kingfish brukt til å dyrke tang. Prosjektet er et samarbeid mellom The South Australian Research and Development Institute (SARDI), Universitetet i Adelaide, myndigheter og kommersielle aktører.

The National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA) (2010) har utviklet en økologisk IMTA-modell for å designe optimal tetthet mellom arter og estimere produkter. Modellen har et dynamisk energibudsjett på ulike trofiske nivåer i en økosystemmodell. New Zealand har samarbeidet med Kina på IMTA-forskning siden 2006 med fokus på økologisk energibudsjetter, vekst og økologisk fotavtrykk for flere arter.

3.10.7 Midtøsten

I Israel er det minst tre ulike IMTA-prosjekter. SeaOr Marine Enterprises Ltd dyrker Gilthead Seabream, tang og japansk abalone. Avfallsprodukter fra fisk blir benyttet til å dyrke alger og alger blir benyttet til å mate abaloneskjell. Næringsstoffer blir resirkulert og vannet blir effektivt rensset.

PGP Ltd er en liten oppdrettsfarm i Sør-Israel som dyrker marin fisk, mikroalger, skjell og saltreken *Artemia*. Utslipp fra seabream og seabass filtreres av muslinger, *Artemia* og mikroalger fra vannet. Farmen selger fisk, skjell og *Artemia*.

3.10.8 Europa

Loch Duart i Skottland dyrker kråkeboller og tang sammen med laks. Loch Duart har fått flere priser for den bærekraftige virksomheten og er blant annet vinneren av Gold Award for Best Food på "Taste of Britain Awards" og vinner av "Vision in Business for Environment award (VIBES)".

Flere IMTA-forsknings- og pilotforsøk er satt i gang flere steder i Spania. På Kanariøyene dyrkes det fisk, musling, kråkebolle og tare. I Galicia, Katalonia og Andalusia undersøkes muligheter for fisk, musling og havsalat. I Murcia dyrkes det fisk, musling og kråkebolle, mens i Balearic-området testes det ut samdyrking av fisk, musling, alger og bunndyr. Flere av disse prosjektene samarbeider med ulike forskningsinstanser, næringen og myndigheter. Forsøk i Galicia har vist at en kilo havsalat dekker daglig oksygenkrav til to kilo fisk i et resirkuleringssystem. Forskere fra Galicia har utarbeidet kriterier for hvordan man skal velge riktige arter i et IMTA-system. I hovedsak er valget av riktig art basert på vekstmuligheter, livssyklus, motstandsdyktighet mot sykdommer, økologisk funksjon sammen med de andre artene i IMTA-systemet, lokale arter, biofilteregenskaper og kommersiell verdi. Gjennom flere år har de utviklet god design for IMTA med ulike arter og evaluert de mest egnede arter i samkultur.

3.11 IMTA-prosjekter i Norge

Norge har fortsatt en vei å gå før IMTA kan komme opp på et kommersielt plan. Til tross for at Norge er verdens største lakseeksportør, ligger vi langt tilbake i IMTA-utviklingen (Soto 2009). Oppdrett av flere ulike arter sammen i norsk havbruk har vært møtt med skepsis på grunn av frykt for økt risiko for sykdomssmitte. De senere år har imidlertid flere forskningsmiljøer lansert IMTA med utgangspunkt i problemstillinger rundt gjenbruk av avfall fra fiskeoppdrett. Interessen hos forskningsinstitusjoner er stor og det første pilotforsøket med blåskjell, tare og laks (INTEGRATE) har vært testet ut i småskala med tilhørende utvikling av IMTA-modeller ved SINTEF og NTNU. Forskningen er basert på ny kunnskap og teknologi. Det er imidlertid noen viktige problemstillinger som ennå ikke er studert, for eksempel produksjonskapasitet, sykdomsrisiko, fiskevelferd, rømming, drift, designkostnader og miljøpåvirkning.

Havforskningsinstituttet, NIVA og Uni-Research AS har hatt et treårig prosjekt som ble avsluttet i 2012 hvor IMTA og næringsopptak ble studert. Formålet var å undersøke økosystemers respons til induisert stress og evaluere næringsopptak fra makroalger.

3.11.1 EXPLOIT

Bellona har inngått et samarbeid med SINTEF (prosjektleder), NTNU og Havforskningsinstituttet om et nytt og spennende treårig forskningsprosjekt (EXPLOIT) om integrert havbruk støttet av Norges Forskningsråd. Målet med prosjektet er å kartlegge spredning av næringsstoffer som kommer fra lakseoppdrettsanlegg og se på hvilke muligheter blåskjell, kamskjell og alger har for å oppta disse næringsstoffene. Resultater fra prosjektet vil forhåpentligvis øke vår kunnskap om spredningsmekanismer av næringsstoffer og produktproduktivitet i integrert havbruk. Prosjektet er en videreføring av prosjektet INTEGRATE.



Sukkertare fra EXPLOIT prosjektet i tidlig vekstfase (Foto Annelise Leonczek)

3.11.2 DYMALYS

I Lysefjorden i Rogaland gjennomføres prosjektet DYMALYS – Dyrking av Makroalger i Lysefjorden. Prosjektets hovedmål er å utvikle en optimal produksjonsteknologi tilpasset norske forhold for høykvalitets makroalger, gjennom en vinterproduksjon av artene *Saccharina latissima*, *Laminaria digitata*, *Alaria esculenta* og *Porphyra* spp. Sluttproduktene (algene) skal anvendes til human konsum, ingrediens og fôrråvare, til opptak av næringsalter fra blant annet oppdrettsnæringen og CO₂ fra annen næringsaktivitet, til bioenergi og i gjødselprodukter. Prosjektet ble etablert i 2011 og har gjennom to sesonger produsert makroalger av høy kvalitet. Per 2013 har *Saccharina latissima*, sukkertare, blitt testet ut i restaurantmarkedet, til biogassproduksjon og i forhold til opptak av næringsalter, med meget gode resultater. Testing av alger som en råvare eller ingrediens i fiskefôr gjenstår.

Prosjektet er et samarbeidsprosjekt mellom Lerøy Seafood Group, Biotec, Lysefjorden forskningsstasjon, EWOS Innovation, Bellona, Sylter Algenfarm og IVAR. Prosjektet delfinansieres gjennom regionalt utviklingsprogram i Rogaland Fylkeskommune og Blue Planet er prosjektleder.



Sukkertaren *Saccharina latissima* i en forrett laget av Gastronomisk Institutt. Algen er dyrket gjennom DYMALYS (Kilde Lerøy Seafood Group)

3.11.3 Hortimare og Salmon Group

Salmon Group AS og Sulefisk AS startet integrert oppdrett i 2010 i samarbeid med det nederlandske selskapet Hortimare. Laksen er oppdrettet sammen med tre forskjellige typer tare (ikke blåskjell) nær oppdrettsanlegget slik at taren vokser raskere. Tanken bak prosjektet er å benytte tare som vegetabilsk kilde til fiskefôr. Resultater viser at det er mulig å produsere seks kg per kvadratmeter med et ytterligere potensial for å produsere 12–16 kg under optimale forhold. Ved et slikt oppnådd volum, kan produksjonen blir økonomisk lønnsomt. Foreløpig skjer innhøstingen av tare manuelt og aktørene bak utviklingsprosjektet venter på at det skal utvikles et regelverk for integrert havbruk, slik at storskaladyrking kan bli mulig.

Salmon Group AS ser på taresatsning som en viktig del av en bærekraftig satsning på nye råvarer til fiskefôrproduksjon. Salmon Group AS er en del av nettverket i prosjektet CO₂BIO AS på Mongstad der det utvikles fullskaladyrking av omega 3 fra mikroalger, med CO₂ fra rensanlegg som innsatsfaktor.

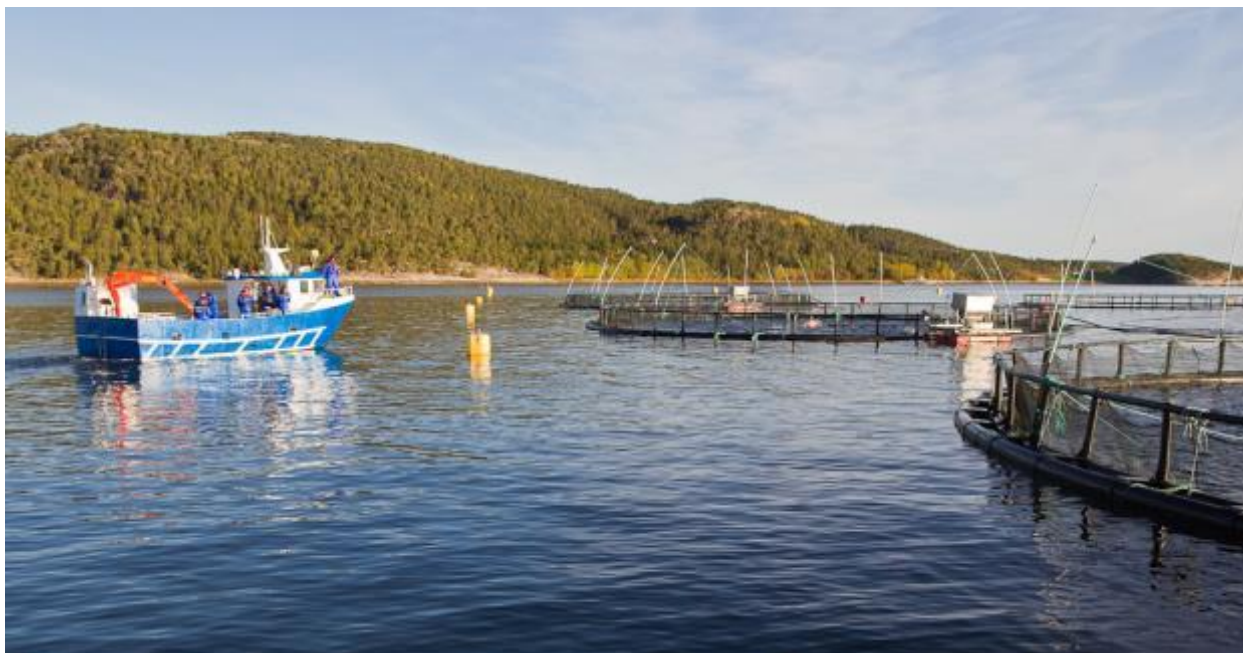


Høsting av sukkertare (Foto Øyvind Kråkås)

3.11.4 Val algeprosjekt

Kunnskapsutvikling er viktig for å få til en bærekraftig fremtidig akvakulturnæring. I den forbindelse har Val videregående skole, Norges Vel, Bioforsk og Bellona gått sammen om et pilotprosjekt om algedyrking. Val videregående skole har undervisning innen akvakultur som valgfag. Skolen eier og driver eget matfiskanlegg for laks, i tillegg til å være hovedaksjonær i selskapet Follaskjell AS, som driver med blåskjell dyrking. Dette gir skolen en unik mulighet til å formidle kunnskap innen sjømatnæringen til kommende aktører, gjennom en kombinasjon av teoretisk kunnskap og praktiske øvinger i eget anlegg. Kommende skoleår er det ca 40 elever som har valgt akvakultur på Val. Val videregående har som en privat skole elever fra hele landet, og er dermed med på å bygge akvakulturfaglig kompetanse.

Det er i dag mangel på kunnskap om dyrking av alger i Norge, og skal man kunne utvikle dette til en livskraftig næring langs kysten av Norge, kreves det et målrettet arbeid innen både FoU og kunnskapsformidling. Her vil etablering av et pilotanlegg i tilknytning til Val videregående skole være et sentralt virkemiddel, med kort vei fra utprøving og påfølgende resultater til formidling.



Matfiskanlegg på Val (Foto Halvor Mortensen)

3.11.5 IDREEM

Bioforsk og GIFAS AS samarbeider om et spennende fireårig forskningsprosjekt, IDREEM (Increasing Industrial Resource Efficiency in European Mariculture). Prosjektet involverer 14 prosjektpartnerne fra akvakultur og forskningsmiljøer i syv forskjellige land og koordineres av Scottish Association for Marine Sciences (SAMS) i Scotland (UK). Prosjektpartnerne skal bidra med å sikre fremtiden for IMTA i Europa. Prosjektet gjennomføres i flere faser, som pilotprosjekt, feltforsøk og modellering. Tverrfaglig forskning innen IDREEM vil ta for seg hindringer og utfordringer knyttet til IMTA, og på bakgrunn av dette utvikle løsninger om de er av økonomisk-, miljø-, teknisk-, sosial eller juridisk kategori. IDREEM vil gi verktøy og bevisgrunnlag for å støtte opp under tilpasning til IMTA i akvakulturindustrien, og bidra til å gi flere arbeidsplasser og videreutvikle en markedsnisje for IMTA dyrket sjømatprodukter.

3.12 IMTA-prosessen videre

For å komme videre i IMTA-utviklingen i Norge fra pilot- og forskningsnivå til et kommersielt levedyktig nivå, kreves det flere utviklingstrinn innenfor ulike kategorier. Aksept fra samfunnet, næringen og politikere er en viktig del av utviklingen. Klare regler, strategier og økonomiske modeller må utvikles. Her kan vi lære av andre land som har kommet lengre. Canada har kommet langt med å utvikle disse prosessene, og har foreslått strategier for å utvikle gode infrastrukturer og modeller for IMTA-systemer (Barrington et al. 2009).

3.12.1 Etablere økonomiske modeller

Det er tilstrekkelig med data fra ulike IMTA-prosjekter rundt om i verden til å fastslå at IMTA-konseptet har gode framtidsutsikter. Et viktig skritt før en storskalaproduksjon er å etablere gode økonomiske modeller basert artsvalg og hvilke samfunnsmessige fordeler det har for Norge.

IMTA-oppdrett bør planlegges godt og konstrueres som komplette systemer. Økonomiske analyser må integreres i den generelle modellering av IMTA-systemet slik at man får en bedre forståelse av de økonomiske virkningene på lokalsamfunnet langs kysten. Det vil da være mulig å sammenligne lønnsomhet og økonomiske konsekvenser.

Disse modellene må være sensitive for ulike forutsetninger, og ha en innebygd fleksibilitet som er tilpasset de miljømessige, økonomiske og sosiale opplysninger der IMTA-systemet skal installeres.

Det finnes mange referanser på gode modeller med hensyn til biomasseproduksjon og miljøpåvirkning fra monokulturer (Corner et al. 2006; Cromey et al. 2002; Skogen et al. 2009; Stigebrandt et al. 2004) men det er ytterst få som har laget IMTA-modeller. Ferreira et al. (2012) har laget en modell hvor de sammenligner monokultur av brosme og integrert havbruk med brosme og østers. Formålet med modellen er å undersøke produksjonskapasiteten, miljøeffekter og økonomisk potensial. Modellen skal være til hjelp når man skal velge gode lokaliteter for å maksimere utbytte og minimere miljøpåvirkning.

Ren et al. (2012) har utviklet en økosystemmodell basert på hvilke arters funksjoner som passer best for optimal vekst. Modellen er et verktøy for å sammenligne monokultur med IMTA-system, og kan gi økt forståelse for artenes funksjoner i forhold til hverandre, samt gode estimater på produksjonskapasitet og biofiltreringsegenskaper.

3.12.2 Egnede arter i IMTA

Det er viktig at organismer i IMTA-systemet velges på bakgrunn av hvilke funksjonene de har i økosystemet, økonomisk potensial, og deres aksept hos forbrukerne. Kriterier for å velge riktige arter er (Barrington et al. 2009):

- Regel nummer en er at man må bruke lokale arter som allerede eksisterer i området. Dette vil bidra til å forebygge risikoen for å introdusere arter som kan forårsake skader på økosystemet.
- Bruk arter som vil utfylle hverandre på ulike trofiske nivåer, for eksempel ved at de utnytter hverandres ressurser. En arts avføring kan være næringskilde for en annen arts vekst. Ikke alle arter kan dyrkes effektivt sammen. Man må derfor kjenne godt til artenes syklus.
- Velg arter som vokser raskt og hvor utbyttet i biomasse er stort, eventuelt arter med høy markedsverdi per kilo utbytte, eller med stort potensial til verdikjedeutvikling. Markedsundersøkelser og kunder bør kartlegges før investeringer gjøres.
- Bruk arter som gjør det lettere for både myndigheter og næringsaktører å legge til rette for verdikjedeutvikling.

3.12.3 Forståelse av økosystemet og de lokale forhold

Hver oppdrettslokalitet har sine egne unike oseaniske og biologiske egenskaper. Disse faktorene vil påvirke artene som dyrkes. Området bør kartlegges for naturlig planktonsamfunn, habitat, strøm- og bunnforhold, naturlige variasjoner i næringsstoffer, oksygenforhold, isdannelse, dybde og temperaturer gjennom året, for å maksimere suksessgraden på IMTA-strukturen.

3.12.4 Retningslinjer, rammeverk, forskrifter og kriterier

Per i dag er det ikke utviklet hverken retningslinjer, rammeverk, forskrifter eller kriterier for IMTA i Norge. For at man skal kunne utvikle og utnytte kommersielle produkter fra IMTA-systemer må dette på plass. Dette er myndighetenes ansvarsområde. Myndighetene har store fremtidige ambisjoner for Norge som sjømatnasjon, men veksten begrenser seg selv med metodene som benyttes i dag, samt med nye miljøinnstramminger havbruksnæringen har blitt pålagt å følge. IMTA krever en ny tankegang. En rekke omstillinger må på plass dersom Norge skal konkurrere med andre land som praktiserer IMTA.

3.12.5 Behov for større areal

Arealbruken i kystsonen reguleres gjennom den kommunale planleggingen etter plan- og bygningsloven. Det debatteres hvorvidt arealer i forbindelse med oppdrettsnæringen skal reduseres, økes eller settes til nullvekst. Økt bruk av kystsonen og flere aktører kan føre til interessekonflikter. I 2011 kom det en stor rapport fra Arealutvalget (Gullestad et al. 2011) som adresserer bruk av areal i kystsonen. Arealutvalget fremmer forslag til ulike tiltak for å etablere en ny arealstruktur i havbruksnæringen. Det legges vekt på at næringen må sikres tilstrekkelig tilgang til areal og at arealet må utnyttes på en effektiv måte med minst mulige miljøpåvirkninger. Det er foreslått å dele kysten inn i egne produksjonsområder og at den enkelte konsesjon skal tilhøre kun ett produksjonsområde, samtidig at det etableres oppdrettsfrie områder. Det enkelte produksjonsområdet vil bli delt inn i soner med koordinerte utsett og koordinert brakklegging.

Hvis verdiskapingspotensialet til alger skal realiseres, må arealbehovet sikres. Norge har et stort potensial til å være en av de største i verden på havbruk. Det er viktig å forstå at arealet har ingenting med bærekraftighet å gjøre. Arealet kan være lite og ikke bærekraftig. Det kan også være stort og bærekraftig. Oppdrettsnæringen i dag bruker bare 0,5 % av kysten vår. Så lenge arealet drives bærekraftig og forvaltes riktig, bør det ikke være et problem å øke denne andelen.

3.13 Konklusjon

Mulighetene med IMTA er store. Hvordan skal man skaffe seg kompetanse? Hva med myndigheter, lovverk, forskning, verdikjedeutvikling og økonomi? Den vanlige lineære tankegangen er at det først må forskes, så kommer politiske beslutninger og investeringer etter hvert. En slik tankegang henger fortsatt igjen i Norge. De fleste som driver med oppdrettsfisk vet ikke hvordan det er å dyrke alger eller blåskjell. Ulike aktører sitter på ulike kompetanser. Det er avgjørende å sette dette inn i et system som fungerer effektivt. Et effektivt samarbeid mellom industri, næring, forskning, og politikere, er nødvendig for å få en effektiv utvikling av

bærekraftig havbruk. Et slikt samarbeid bør skje samtidig for både pilotprosjekter og industrialisering.

Det er fortsatt en vei å gå før man kan etablere storskalaproduksjon og oppnå den store økonomiske lønnsomheten. Den veien trenger imidlertid ikke å være lang hvis det settes av nok ressurser. Teknologien må utvikles, og her er det ingen annen muligheter enn å prøve og feile.

Fokuset bør være det overordnede potensialet. Bellona mener at integrert havbruk er fremtidens oppdrett, og det er fullt mulig å øke både areal og produksjon gjennom en slik praksis. Gode innovasjonskonsepter må skapes. Vi bør tenke over hva vi vil med våre verdifulle kystområder. Uansett hva mennesker gjør så etterlater vi oss spor. Det er nødvendig å finne løsninger for å gjøre dette avtrykket minst mulig. Vi bør utvikle en helhetlig forståelse og arbeide fram helhetlige løsninger som spiller på lag med, og ikke motarbeider økosystemet.

4. Litteratur

Allison AS, Smith VH (2012) Genetically Engineered Algae for Biofuels: A Key Role for Ecologists. *BioScience* 62:8, 765–768

Anon (2012) Status for norske laksebestander i 2012. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 4, pp. 103

Astriana BH (2012) Evaluation of the Potential of Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA) using Oyster (*Crassostrea* sp.) and Seaweed (*Gracilaria* sp.) for Shrimp (*Penaeus monodon*) Farms to Reduce Negative Impacts on Environment and to Improve Coastal Economy in Nusa Tenggara Barat, Indonesia. College of Earth, Oceanic, and Atmospheric Sciences Oregon State University. Master thesis, pp. 83

Bakketeig IE, Gjørøster H, Hauge M, Loeng H, Sunnset BH, Toft KØ (2013) Havforskningsrapporten 2013. Fisken og havet, særnummer 1

Balat M & Balat H (2009) Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy* 86, 2273–2282

Barghini, A., Ilieva, V.I., Imam, S.H., Chiellini, E. (2010) PCL and PHB blends containing seaweed fibers: Morphology and Thermal-Mechanical Properties", *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* 48, 23

Barrington K, Chopin T, Robinson S (2009) Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In D. Soto (ed.). *Integrated mariculture: a global review*

Bellona report (2003) *The Environmental Status of Norwegian Aquaculture.*

Borowitzka MA (1995) Microalgae as sources of pharmaceuticals and other biologically active compounds. *Journal of Applied Phycology* 7, 3–15

Broch OJ, Ellingsen I, Forbord S, Wang X, Volent Z, Alver MO, Handå A, Andresen K, Slagstad D, Reitan KIR, Olsen Y, Skjermo J (2013) Modelling the cultivation and bioremediation potential of the kelp *Saccharina latissima* in close proximity to an exposed salmon farm in Norway. *Aquaculture Environment Interactions*. Conditionally accepted manuscript

Brun E, Poppe T, Skrudland A, Jarp J (2003) Cardiomyopathy syndrome in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*: occurrence and direct financial losses for Norwegian aquaculture. *Diseases of Aquatic Organisms* 56, 241–247

Buschmann AH, López D, González M (2000) Cultivo integrado de moluscos y macroalgas en líneas flotantes y en estanques. In: Faranda, F.M., Albertini, R., Correa, JA (Eds.), *Manejo Sustentable de los Recursos Marinos Bentónicos en Chile Centro-Sur: Segundo Informe de Avance*. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, pp. 7–16

Buschmann AH, Hernández-González M.C., Astudillo C, de la Fuente L, Gutierrez A, Aroca G (2005) Seaweed cultivation, product development and integrated aquaculture studies in Chile. *World Aquaculture* 36, 51–53

Buschmann AH, Riquelme VA, Hernández-González MC, Varela D, Jiménez JE, Henríquez LA, Vergara PA, Guíñez R, Filún L (2006) A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63, 1338–1345

Buttner J, Leavitt D (2003) Augmenting the lobster catch: Oyster aquaculture in modified lobster traps. *Journal of Shellfish Research* 22, 290–291

Chao KP, Su YC, Chen CS (1999) Chemical composition and potential for utilization of the marine alga *Rhizoclonium* sp. *Journal of Applied Phycology* 11: 6, 525–533

Chao KP, Su YC, Chen CS (2000) Feasibility of utilizing *Rhizoclonium* in pulping and papermaking. *Journal of Applied Phycology* 12: 1, 53–62

Chiellini E, Cinelli P, Ilieva VI, Martera M (2008) Biodegradable Thermoplastic Composites Based on Polyvinyl Alcohol and Algae. *Biomacromolecules* 9:3, 1007–1013

Chopin T, Buschmann AH, Halling C, Troell M, Kautsky N, Neori A, Kraemer GP, Zertuche-Gonzalez JA, Yarish C, Neefus C (2001) Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *Journal of Phycology* 37, 975–986

Chopin T (2006) Integrated multi-trophic aquaculture. What it is and why you should care and don't confuse it with polyculture. *Northern Aquaculture* 12, 4

Corner, RA, Brooker AJ, Telfer TC, Ross LG (2006) A fully integrated GIS-based model of particulate—waste distribution from marine fish-cage sites. *Aquaculture* 258, 299–311

Cromey CJ, Nickell TD, Black KD (2002) DEPOMOD—modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture* 214: (1–4), 211–239

Cross S (2007) Making the case: quantifying the benefits of integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *World Aquaculture Society. Aquaculture 2007 conference proceedings*, pp. 209

Doney SC, Fabry VJ, Feely RA, Kleypas JA (2009) Ocean Acidification: The Other CO₂ Problem. *Annual Review of Marine Science* 1, 169–92

FAO (2006) *State of World Aquaculture*, FAO Fisheries Technical Paper. No. 500. FAO, Rome, pp. 134

FAO (2012) *State of World Aquaculture 2012*, FAO Fisheries Technical Paper. FAO, Rome, pp. 209

FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 529. FAO, Rome, pp. 7–46

Ferreira JG, Saurel C, Ferreira JM (2012) Cultivation of gilthead bream in monoculture and integrated multi-trophic aquaculture. Analysis of production and environmental effects by means of the FARM model. *Aquaculture* 358–359: 23–34

Fisken og havet (2010) Risikovurdering – miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett. Rapport, særnummer 3, pp. 97

Fisken og havet (2012) Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2012. Havforskningsinstituttet. Rapport, Særnummer 2, pp. 129

Fiskeri- og Kystdepartementet (2010) Strategi for en miljømessig bærekraftig havbruksnæring. Rapport, pp. 34

Forbord S, Skjermo J, Arff J, Handå A, Reitan KI, Bjerregaard R, Lüning K (2012) Development of *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) kelp hatcheries with year-round production of zoospores and juvenile sporophytes on culture ropes for kelp aquaculture. *Journal of Applied Phycology* 24:3, 393–399

Gregory JA, Li F, Tomosada LM, Cox CJ, Topol AB (2012) Algae-Produced Pfs25 Elicits Antibodies That Inhibit Malaria Transmission. *PLoS ONE*, 2012 DOI: 10.1371/journal.pone.0037179

Guerin M, Huntley ME, Olaizola M (2003) Haematococcus astaxanthin: applications for human health and nutrition. *Trends in Biotechnology* 21, 210–216

Habib MAB, Parvin M, Huntington TC, Hasan MR (2008) A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*. No. 1034. Rome, FAO. 2008, pp. 33

Haamer J (1996). Improving Water Quality in a Eutrophied Fjord System with Mussel Farming. *Ambio* Vol. 25 No. 5

Handa A, Min H, Wang X, Broch OJ, Reitan KI, Reinertsen H, Olsen Y (2012a) Incorporation of fish feed and growth of blue mussels (*Mytilus edulis*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture: Implications for integrated multi-trophic aquaculture in Norwegian coastal waters. *Aquaculture* 356–357: 328 – 341

Handå A, Ranheim A, Olsen AJ, Altin D, Reitan KI, Olsen Y, Reinertsen H (2012b) Incorporation of salmon fish feed and faeces components in mussels (*Mytilus edulis*): implications for integrated multi-trophic aquaculture in cool-temperate North Atlantic waters. *Aquaculture* 370-371: 40 – 53

Handå A, McClimans TA, Reitan KI, Knutsen Ø, Tangen K, Olsen Y (2013a) Artificial upwelling to stimulate growth of non-toxic algae in a habitat for mussel farming. *Aquaculture Research* doi: 10.1111/are.12127

Handå A., Forbord S, Wang X, Broch OJB, Dahle SW, Størseth RR, Reitan KIR., Olsen Y, Skjermo J (2013b) Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. Submitted

Hansen PK, Husa V, Bannister (2012) Fiskeoppdrett påvirker hardbunnsamfunn. *Havforskningsrapporten 2012*, 28–30

Haya K, Sephton DH, Martin JL, Chopin T (2004) Monitoring of therapeutants and phycotoxins in kelps and mussels co-cultured with Atlantic salmon in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 104: 3, 29–34

Hjortaas MJ, Skjelstad HR, Taksdal T, Olsen AB, Johansen R, Bang-Jensen B, Orpetveit I, Sindre H (2013) The first detections of subtype 2-related salmonid alphavirus (SAV2) in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway. *Journal of Fish Disease* 36, 71–4

Higashi-Okai K, Otani S, Okai Y, Higashi Okai K (2000) Potent suppressive effect of a Japanese edible seaweed, *Enteromorpha prolifera* (Sujiao-nori) on initiation and promotion phases of chemically induced mouse skin tumorigenesis. *Cancer Letters* 148: 1, 111

Johansen R (2012) Fiskehelse rapporten Oslo: Veterinærinstituttet 2013, pp. 46

Jones TO, Iwama GK (1991) Polyculture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* (Thurnberg) with chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*. *Aquaculture* 92, 313–322

Karlsson S, Moen T, Lien S, Glover KA, Hindar K (2011) Diagnostic SNPs for the identification of farmed and wild Atlantic salmon. *Molecular Ecology Resources* 11, 247–253

Klima- og forurensningsdirektoratet (2011) Vurdering av tiltak mot bortfall av sukkertare. Rapport, pp. 96

Klima- og forurensningsdirektoratet (2010) Vurdering av nye tekniske løsninger for å redusere utslippene fra fiskeoppdrett i sjø. Rapport, pp. 45

Kleis R (2010) Growing seaweed can solve acidification

<http://oceanacidification.wordpress.com/>

Knapp G (2010) Economic Perspectives on Integrated Multi-Trophic Aquaculture Gunnar Knapp Institute of Social and Economic Research, University of Alaska Anchorage. Workshop on Integrated Multi Trophic Aquaculture, September 14–15, 2010 Peninsula College, Port Angeles, Washington

Kristiansen TS, Skilbrei O, Skaala Ø (2012) Evaluering av fettfinneklipping av all oppdrettslaks for lettere identifikasjon ved utfisking av rømt laks i lakseelvene. Rapport fra Mattilsynet, pp. 16

Lander TR, Barrington KA, Robinson SMC, MacDonald BA, Martin JD (2004) Dynamics of the blue mussel as an extractive organism in an integrated multi-trophic aquaculture system. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 104: 3, 19–28

Lefebvre S, Barille L, Clerc M (2000) Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. *Aquaculture* 187, 185–198

MacDonald BA, Robinson SMC, Barrington KA (2011) Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an Integrated Multi Trophic Aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. *Aquaculture* 3:14, 244–255

McClimans TA, Handå A, Fredheim A, Lien E, Reitan KI (2010) Artificial upwelling to combat toxic algae. *Aquaculture Engineering* 42, 140–147

McVicar AH (1987) Pancreas disease of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Scotland: Epidemiology and early pathology. *Aquaculture*. Vol. 67, no. 1–2, 71–78

Miller EL (2002) Protein nutrition requirements of farmed livestock and dietary supply: Protein sources for the animal feed industry. Expert Consultation and Workshop Bangkok, 29 April - 3 May 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2004, pp. 349

Ministry of Fisheries and Coastal Affairs, Gullestadutvalget (2011) Effektiv og bærekraftig arealbruk i havbruks-næringen-areal til begjær. Rapport fra et ekspertutvalg oppnevnt av fiskeri- Og kystdepartementet, pp. 187

Molloy SD, Pietrak MR, Bouchard DA, Bricknell (2011) Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*. *Aquaculture* 311, 61–64

Mortensen S, Duinker A, Fredrik Hall F (2004) Sjømat fra fjæra, ISBN 82 92496 130

Murray AG, Smith RJ, Stagg RM (2002) Shipping and the Spread of Infectious Salmon Anemia in Scottish Aquaculture. *Emerging Infectious Diseases* 8: 1, 1–5

Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M, Yarish C (2004) Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231, 361–391

NIVA (2010) Utredning om CO₂ opptak i marine naturtyper. Rapport LNR 6070-2010. NIVA rapport med oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning, pp 25

NIVA (2011) Økosystemtjenester i Nordsjøen – regulerende og støttende økosystemtjenester diskutert gjennom tre naturtyper. NIVA rapport med oppdrag fra KLIF 2011, pp. 9

Nøstbakken OJ, Hove HT, Lunestad BT, Holmelid B, Torstensen BE (2012) Monitoring program for pharmaceuticals, illegal substances, and contaminants in farmed fish. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning (NIFES). Årsrapport for 2011, pp. 40

Oilgae (2010) Capture of CO₂ emission using algae. A research document by Oilgae. http://www.oilgae.com/ref/downloads/Analysis_of_CO2_Capture_Using_Algae.pdf

Okai Y, Higashi-Okai K (1997) Potent antiinflammatory activity of pheophytin-a derived from edible green algae *Enteromorpha prolifera* (sujiao-nori). *International Immunopharmacology* 19, 355–358

Orr JC, Fabry VJ, Aumont O, Bopp L, Doney SC (2005) Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature* 437, 681–86

Pdfri (2008) Generalplan for bekjempelse av Pancreas Disease (PD) for havbruksnæringa på Vestlandet. Rapport, pp. 70

Pietrak M, Molloy S, Deborah, Bouchard A, Singer JT, Bricknell I (2012) Potential role of *Mytilus edulis* in modulating the infectious pressure of *Vibrio anguillarum* on an integrated multi-trophic aquaculture farm. *Aquaculture* 326–329, 36–39

Pietrak M, Molloy S, Bouchard D, Bricknell I (2010) Potential disease risks and benefits on a cold water IMTA farm. Aquaculture Research Institute, University of Maine. Workshop on Integrated Multi Trophic Aquaculture, September 14–15, 2010 Peninsula College, Port Angeles, Washington.

Plastics – the Facts (2010) An analysis of European plastics production, demand and recovery for 2009, pp. 30

Reid GK, Liutkus M, Bennet A, Robinson SMC, MacDonald B, Page F (2010) Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal particulates: Implications for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture* 299, 165–169

Reimchen TE, Temple NF (2004) Hydro-dynamic and phylogenetic aspects of the adipose fin in fishes. *Canadian Journal of Zoology* 82, 910–916

Ren JS, Stenton-Dozey J, Plew DR, Fang J, Gall M (2012) An ecosystem model for optimising production in integrated Multitrophic aquaculture systems. *Ecological Modelling* 246, 34–46

Ridler N, Robinson B, Chopin T, Robinson S, Page F (2006) Development of integrated multi-trophic aquaculture in the Bay of Fundy, Canada: a socioeconomic case study. *World Aquaculture* 37, 43–48

Ridler N, Barrington K, Robinson B, Wowchuk M, Chopin T, Robinson S, Page F, Reid G, Szemerda M, Sewuster J, Boyne-Travis S (2007a) Integrated multitrophic aquaculture. Canadian project combines salmon, mussels, kelps. *Global Aquaculture Advocate* 10, 52–55

Ridler N, Wowchuk M, Robinson B, Barrington K, Chopin T, Robinson S, Page F, Reid G, Szemerda M, Sewuster J, Boyne-Travis S (2007b) Integrated multitrophic aquaculture (IMTA): a potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics & Management* 11, 99–110

Rodger H, Mitchell S (2007) Epidemiological observations of pancreas disease of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. in Ireland. *Journal of Fish Diseases* 30, 157–167

Rosten TW, Ulgenes Y, Henriksen K, Terjesen BF, Biering E, Winther U (2011) Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg – forprosjekt. Utredning for Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond (FHF). Rapport SINTEF Fiskeri og havbruk AS. ISBN 978-82-14-05212, pp. 74

Royal Society (2005) Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. London: The Royal Society, pp. 57

Samuelsen O, Tjensvoll T, Hannisdal R, Agnalt A, Lunestad BT (2013) Flubenzuroner i fiskeoppdrett -miljøaspekter og restkonsentrasjoner i behandlet fisk. Havforskningsinstituttet Rapport, pp. 33

Sanderson JC, Cromey CJ, Dring MJ, Kelly MS (2008) Distribution of nutrients for seaweed cultivation around salmon cage at farm sites in North-west Scotland. *Aquaculture* 278, 60–68

Sandtrø A (2011) IPN-viruset og virulensfaktorer. *Fiskehelse* april 2011, 7

Seo YB, Lee YW, Lee CH, You HC (2010) red algae and their use in papermaking. *Bioresource Technology* 101, 2549–2553

Shields RJ, Lupatsch I (2012) Algae for Aquaculture and Animal Feeds. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 21. Jg., Heft 1, 23–37

SINTEF (2010) Strategi for norsk blåskjellnæring. SINTEF rapport med oppdrag fra FHL, pp. 48

SINTEF (2011) Integrert Multi-Trofisk Akvakultur -teknologi for mer bærekraftig verdiskaping. IMTA-seminar april 2011

Siskey M, Baldwin R (2011) Integrated Multi-trophic Aquaculture. TECH 797, University of New Hampshire. <http://nsgl.gso.uri.edu/nhu/nhut11004.pdf>

Skar CK, Mortensen S (2007) Fate of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in experimentally challenged blue mussels *Mytilus edulis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 74, 1–6

Skogen MD, Eknes M, Asplin LC, Sandvik AD (2009) Modelling the environmental effects of fish farming in a Norwegian fjord. *Aquaculture* 298, 70–75

Soto D (ed.) (2009) Integrated mariculture: a global review. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 529. Rome, FAO. 2009, 183 pp.

Stigebrandt A, Aure J, Ervik A, Hansen PK (2004) Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming III. A model for estimation of the holding capacity in the modelling–ongrowing fish farm–monitoring system. *Aquaculture* 234, 239–261

Thorvaldsen T, Holmen IM, Moe HK (2013) Menneskelige faktorer og rømming fra lakseoppdrettsanlegg. Årsaksanalyser med fokus på menneskets rolle. Rapport, SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Torrissen O, Andersen S, Taranger GL, Jelmert A, Strand HK, Husa V, Hvingel C, Bjørge A (2012) Havet som matkilde og lager for CO₂. Havforskningsrapporten 2012. Fisken og havet, særnummer 1

Troell M, Halling C, Neori A, Buschmann AH, Chopin T, Yarish C, Kautsky N (2003) Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226, 69–90

Troell M, Joyce A, Chopin T, Neori A, Buschmann AH, Fang JG (2009) Ecological engineering in aquaculture — Potential for integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine offshore systems. *Aquaculture* 297, 1–9

Van der Meeren (2013) Villaks og oppdrettslaks i et økosystemperspektiv. Havforskningsinstituttet, Fisken og havet, 5-2013

Venkata Raman B, Rao DN, Radhakrishnan TM (2004) *Enteromorpha compressa* (L.) Greville an edible green alga as a source of antiallergic principle (S). *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 19:1, 105–109

Veterinærinstituttet (2010) Helsen til laksefisk. Rapport, pp 25

Veterinærinstituttet (2011) Fiskehelsen rapporten. Rapport, pp 40

VESO, Veterinærinstituttet (2007) Pancreas Disease (PD) - utredning for Fiskeri- og kystdepartementet, pp 36

Vincent-Lang D (1993) Relative survival of unmarked and fin-clipped coho salmon from Bear Lake, Alaska. *Progressive Fish-Culturist* 55, 141–148

Wallace JF (1980) Growth rates of different populations of the edible mussel, *Mytilus edulis*, in north Norway. *Aquaculture* 19, 303–311

Wang X, Olsen LM, Reitan KI, Olsen Y (2012) Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 2, 267–283

Watanabe F, Takenaka S, Katsura H, Masumder SA, Abe K, Tamura Y, Nakano Y (1999) Dried green and purple lavers (Nori) contain substantial amounts of biologically active vitamin B (12) but less of dietary iodine relative to other edible seaweeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47, 2341

Wibisono RC, Ardhitio V, Chayati TN (2011) Pengembangan IMTA (Integrated Multi Trophic Aquaculture) Berbasis Ekosistem Lokal Melalui Peningkatan Produksi dan Diversifitas yang Ramah Lingkungan di Indonesia. Bogor Agricultural University, Institut Pertanian Bogor

Willumsen L (2001) Fangst av rognkjeks og rognkjeks som lusespiser på laks. Gilseskål Forskningsstasjon AS (GIFAS), pp. 31

Kilder fra internett:

IMTA-workshop 2004:

[http://www.unbsj.ca/sase/biology/chopinlab/imta/regulations/content/Proceedings%20of%20IMTA%20Workshop%20March%202004%20\(complete\).pdf](http://www.unbsj.ca/sase/biology/chopinlab/imta/regulations/content/Proceedings%20of%20IMTA%20Workshop%20March%202004%20(complete).pdf)

IMTA SWOT analyse:

http://www.pacaqua.org/PacAqua_News/wp-content/uploads/2011/05/IMTA-White-Paper-FINAL_14May2011.pdf

Informasjon om IMTA i Spania:

http://www.medioruralemarr.xunta.es/fileadmin/arquivos/publicacions/MAR/2012/Acuicultura/AMTI-Galicia_EN.pdf

Informasjon om IMTA i Canada:

<http://www.unbsj.ca/sase/biology/chopinlab/index.html>

Generell informasjon om tang og tare:

http://www.ntnu.no/c/document_library/get_file?uuid=6df21b3f-6af0-4d28-8a93-e81f89e757fb&groupId=51882

Matoppskrifter tang og tare:

<http://www.fremtidensmat.no/oppskrifter>

Informasjon om plastikk laget av alger:

Algal bioplastic (2010). Oilgae report

http://www.oilgae.com/ref/downloads/algal_bioplastics.pdf

Statistisk sentralbyrå:

<http://www.ssb.no/>

Havforskningsinstituttet:

<http://www.imr.no/nb-no>

Fiskeri- og havbruksnæringens lands-forening (FHL):

<http://www.fhl.no/>

Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF):

<http://www.fhf.no/>

Mattilsynet:

<http://www.mattilsynet.no/>

Veterinærinstituttet:

<http://www.vetinst.no/>

Folkehelseinstituttet:

<http://www.fhi.no/>

Lusedata:

<http://lusedata.no/>

Fiskeridirektoratet:

<http://www.fiskeridir.no/>

Klima og forurensningsdirektoratet:

<http://www.klif.no/>

Norsk institutt for vannforskning:

<http://www.NIVA.no/>

Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning:

<http://www.nifes.no/>

SINTEF fiskeri og havbruk:

<http://www.SINTEF.no/Fiskeri-og-havbruk-AS/>

IDREEM (Increasing Industrial Resource Efficiency in European Mariculture) er et IMTA-prosjekt under EU 7 rammeprogram: <http://www.longline.co.uk/IDREEM/>

Kystlab:

<http://www.kystlab.no/>

BELLONA

www.bellona.no