

RAPPORT MA 14-15

Annelise Chapman, Pierrick Stévant, Job Schipper,
Øyvind Kråkås, Bjørn Aspøy, Asbjørn Stavland

**MARKEDSVURDERING FOR
BÆREKRAFTIG ALGEDYR KING I
INTEGRERT MULTITROFISK
AKVAKULTUR (IMTA)-ANLEGG**

Tittel	Markedsvurdering for bærekraftig algedyrking i integrert multitrofisk akvakultur (IMTA)-anlegg
Forfatter(e)	Annelise Chapman, Pierrick Stévant, Job Schipper, Øystein Kråkås, Bjørn Aspøy, Asbjørn Stavland
Rapport nr.	MA 14/15.
Antall sider	33
Prosjektnummer	54747
Prosjektets tittel	IMTA markedsvurdering
Oppdragsgiver	Hordaland Fylkeskommune, Agnes Mowinckels gate 5, 5008 Bergen
Referanse oppdragsgiver	Kontaktperson Siri Hanson, Regionalavdelinga / Næringsseksjonen
ISSN	0804-5380
Distribusjon	Åpen
Nøkkelord	IMTA, integrert akvakultur, oppdrett, makroalger, tare dyrking, bærekraft, havbruk, miljøtjeneste, marked
Godkjent av	Agnes Gundersen, forskningssjef, Møreforsking Marin
Godkjent dato	04.08.2014

Sammendrag

Utredningen fremhever muligheter, utfordringer og videre forskningsbehov tilknyttet makroalgedyrking i integrert multi-trofisk akvakultur (IMTA)-anlegg fra pilotskala til bærekraftig industri, og med spesiell fokus på Hordaland fylke. Prosjektet samler relevant bakgrunns litteratur fra forsknings- og utviklingsarbeid rundt IMTA internasjonalt. Basert på erfaringen fra Hortimare AS sitt algedyrkingsanlegg i Solund kommune, presenteres det en modell for dyrkingsaktivitet i IMTA-anlegg. Modellen inkluderer alle elementer som er relevante i utviklingsprosessen til en ny næring, t.d. biologiske kvalitetskrav til produktet, tekniske og økonomiske aspekter samt forhold tilknyttet konsesjonsregelverk og arealforvaltning i kystsonen. Brunalger som sukkertare (*Saccharina latissima*) kan produseres i store mengder og er velegnet til dyrking i IMTA-anlegg. Forskningsbehov og utviklingspotensial er størst for prosesser rundt avling og mekanisering i alle ledd i dyrkingen, inkludert utplassering, vedlikeholdt og høsting av biomasse. Slik effektivisering og dermed reduksjon av produksjonskostnader vil muliggjøre makroalgedyrking på større skala, en forutsetning for økonomisk bærekraftig drift. I et hovedprosjekt skal det belyses fiskehelse-, miljø-, tekniske og økonomiske effekter tilknyttede tare dyrking i IMTA-anlegg, basert på feltforskning innenfor IMTA-anlegg, knyttet til flere FoU-lakseoppdretts-konsesjoner.

© Forfatter/Møreforsking Marin

Forskriftene i åndsverksloven gjelder for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller i fremstille eksemplar til privat bruk. Uten spesielle avtaler med forfatter/Møreforsking Marin er all annen eksemplar fremstilling og tilgjengelighetsgjøring bare tillatt så lenge det har hjemmel i lov eller avtale med Kopinor, interesseorgan for rettshavere til åndsverk.

FORORD

Interessen for algedyrking i Norge er økende, og på verdensbasis blir det i dag produsert over 15 millioner tonn tang og tare (makroalger). Algedyrking har potensial til å kunne bli ei ny kystnæring i Norge, og miljøutfordringer i oppdrettsnæringen, kan bli en ressurs i integrert multitrofisk akvakultur (IMTA). I IMTA-anlegg vil alger kunne ta opp næringssalter og ressursene som blir tilført ved utslipp fra fiskeoppdrett, kan bli brukt til ny verdiskaping ved oppdrettslokaliteten.

For å vurdere om produksjonen i IMTA-anlegg kan bli lønnsom, trengs det kunnskap om hele verdikjeden for algedyrking, blant annet teknologi for dyrking og markedskunnskap om hva algebiomassen kan brukes til. Målet for forprosjektet var å kartlegge og samle kunnskap som finnes, og få fram ny kunnskap om hva som må til for at IMTA-anlegg skal kunne utvikle seg videre fra forsøk til lønnsom industriell produksjon av havbruk og algebiomasse.

Prosjektet har hatt fokus på markedsvurderinger og kartlagt mulige algearter og dyrkingsteknologi for en bærekraftig algedyrking i IMTA-anlegg.

Det langsiktige hovedmålet for prosjektet er å kunne medvirke til bærekraftig algedyrking i kystnære anlegg på Vestlandet, og på sikt i et hovedprosjekt utvikle en modell for dyrking i IMTA-anlegg.

Prosjektet kom i stand ved at Norges Vel tok initiativet til å samle forskning og næringen i en prosjektgruppe. Møreforskning, Salmon Group, Hortimare, Engesund Fiskeoppdrett og Smart Farm har vært deltakere i prosjektet og Norges Vel har ledet prosjektet. Prosjektet vil spesielt takke Hordaland fylkeskommune for den økonomiske støtten til gjennomføringen av prosjektet.

Asbjørn Stavland, Norges Vel, 11. august, 2014

INNHold

OPPSUMMERING	5
SUMMARY	6
1 ALGEDYR KING I INTEGRERT MULTITROFISK AKVAKULTUR (IMTA)-ANLEGG	8
2 MAKROALGEARTER OG DRIFTSFORMER – FOKUS HORDALAND	10
2.1 Arter	10
2.2 Driftsformer	11
3 KOSTNADER OG MARKEDSPRISER FOR PRODUSERT BIOMASSE	15
4 KOSTNADER TIL AVLING OG DYR KING AV SUKKERTARE (<i>SACCHARINA LATISSIMA</i>)	17
5 AREALBEHOV	19
6 SYSSELSETTING SOM FØLGE AV INTEGRERT TAREDYR KING I HORDALAND	21
7 RAMMEVILKÅR OG REGELVERK FOR ALGEPRODUKSJON I IMTA-ANLEGG	22
7.1 Status konsesjoner for dyrking av alger	22
7.2 Status konsesjoner for polykulturer, IMTA-anlegg	22
7.3 Tang og tare flere arter	22
7.4 Tang og tare flere arter og FoU-tillatelse for laks	22
7.5 Tidsfrister for saksbehandling	23
7.6 IMTA-søknader	23
7.7 IMTA med fisk, eksisterende tillatelse for laks	24
7.8 Stedegne arter og flytting av arter	24
7.9 FoU søknader	24
7.10 Søknad om forsøks- og forskningstillatelse	24
7.11 Vedlegg: Marius Dalen, FKD (2013)	25
8 FORSKNINGSELEMENT I ET IMTA-HOVEDPROSJEKT	27
8.1 Søknad om forsøks- og forskningstillatelse (FoU-konsesjon)	27
8.2 Forskningsprogram – skissert for FoU-konsesjonssøknad	28
9 REFERANSER	32

OPPSUMMERING

IMTA (integrrert multitrofisk akvakultur) betyr sam-kultivering av arter på ulik trofisk nivå, dvs. hvor ressuroverskudd fra én art (inkludert avføring) blir utnyttet som ressurs til den eller de andre. Norge er verdens største lakseprodusent og oppdrettsnæringen mister store mengder ubrukt nærings salt med konsekvenser på miljø og vannkvalitet. Norge har derfor et stort potensiale for algedyrking i nærheten av lakseoppdrettsanlegg og ved bruk av næringsstoffer til algevekst. I tillegg til miljøgevinsten (vann-rensende kvaliteter av makroalger), kan alge-biomassen foredles til ulike type sluttprodukt, f. eks. mat eller føringrediens. Denne rapporten belyser hva som må til for at tare dyrking i IMTA-anlegg kan løftes fra forsøksskala til lønnsom industri.

Erfaring fra ulike IMTA pilotanlegg har vist at brunalger som sukkertare (*Saccharina latissima*), butare (*Alaria esculenta*) og fingertare (*Laminaria digitata*) kan produseres i relative store mengder og har kommersiell interessante innholdsstoffer. Begroingsproblematikken over sommersesongen krever at tarebiomassen må høstes i mai før etablering av epifytter og epifauna som ødelegger kvaliteten. Dyrking over sommeren av andre makroalgearter som ikke er påvirket av disse organismer vil effektivisere IMTA produksjon. Avling av lokale økolyper vil være vesentlig for å optimalisere tarevekst og produsere varianter som blir mindre preget av begroing. Derimot må et regelverk rundt algedyrking på plass for å unngå genetisk forurensing mellom ulike geografiske økolyper.

Effektiv drift og arealkonfigurasjon er meget viktig for å oppnå økonomisk bærekraft i IMTA-anlegg. Ved bruk av egnet substratstype, materiale, plassering og festing kan dyrkingssystemer tilpasses lokale miljøforhold. Oppskalering av algedyrking i IMTA fra pilot- til kommersiell nivå vil kun lykkes ved teknologiutvikling og mekanisering, særlig ved produksjon av kimplanter, utsetting i sjøen og høsting som ellers vil være arbeidskraftkrevende.

Produksjonskostnader samt behov for areal er beregnet ut i fra Hortimare AS sin modell basert på fire års erfaring med tare pilot-dyrking i IMTA-anlegg i Solund kommune og er ekstrapolert også for Hordaland fylke. Det antas at 100 ha dyrkingsareal delt i ca. 10 oppdrettslokaliteter er et nødvendig minimum for å oppnå økonomisk lønnsomhet. Strategisk plassering av IMTA-anlegg vil medføre effektiv utnyttelse av nærings salt fra oppdrettsanlegg og bedre biomasseutbytte, og samtidig begrense konflikt med andre brukere i kystsonen.

I samarbeid med Hortimare AS har Salmon Group – et konsortium av små lakseoppdrettere - utarbeidet en driftsmodell som fremhever behov fra tareselskapet for tett kooperasjon med oppdrettsanleggene for gjennomføring av det daglige tilsynet ved algeanlegg og dermed reduserer behov for arbeidskraft. Andre oppgaver tilknyttet produksjon og prosessering vil utføres av spesialisert mannskap. Det regnes at hver næringsaktør innen makroalgedyrking vil kunne sysselsette 4 til 7 årsverk i regionen.

For at det skal etableres en næring basert på algedyrking i IMTA-anlegg må et tilpasset regelverk iverksettes fra relevante myndighetene. Per i dag er det Nærings- og fiskeridepartement (NFD) som delvis behandler søknader for konsesjon til dyrking av tang og tare og har ansvar for å få regelverk på plass om tildeling av egne IMTA konsesjoner. Som en del av dette forprosjektet ble det utarbeidet en forskningsskisse for et IMTA hovedprosjekt som skal undersøke gjensidig påvirkning av laks og makroalger i et integrert anlegg. For at problemstilling og usikkerhet rundt IMTA skal besvares vil et slikt hovedprosjekt basere seg på feltobservasjoner på flere FoU konsesjoner for integrert oppdrett.

SUMMARY

IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) refers to the simultaneous culture of species from different trophic levels, so that waste-products from one species become resources for the other(s). Norway has the world's largest salmon production, and loses enormous amounts of nutrients from the salmon farms, with adversary consequences for the environment, compromising water quality. Hence, the country's potential for using excess nutrients from salmon farming for cultivation of seaweeds integrated with salmon farms is significant. Apart from serving in bio-remediation of aquatic environments, seaweed biomass cultivated at salmon farms may be used for a variety of purposes, including as food or in animal feeds. This report investigates research and development needs for seaweed farming in IMTA systems to progress from pilot-scale to a profitable industry in Norway, and specifically in Hordaland County.

Experiences from IMTA pilot systems have shown that brown seaweeds such as sugar kelp (*Saccharina latissima*), dabberlocks (*Alaria esculenta*) and finger kelp (*Laminaria digitata*) may be cultivated in large amounts and have commercially interesting components. Since cultivated biomass has a tendency to become heavily fouled with epiphytes during the summer, significantly compromising its quality, it is necessary to harvest these species in May, before the onset of biofouling. In order to have a functioning IMTA system throughout the whole year, it will be necessary to develop suitable macroalgal crops for the summer season. Breeding of local ecotypes will be an important element in the optimization of seaweed growth parameters and possibly the resistance to biofouling. At the same time, it is essential to create a management framework for seaweed cultivation in order to regulate spatial demands and prevent unwanted ecological impacts associated with movement of novel species, eco- og genotypes of cultured organisms.

Efficient operation and spatial configuration are important criteria for economic sustainability of an IMTA system. Cultivation substrata, materials, location placement and seaweed farm attachment methods must be adapted to local environmental conditions. Expanding operations of IMTA systems from pilot- to commercial scales requires additional technology development and mechanization. Especially in the context of (i) seedling production, (ii) transfer to open sea and (iii) harvesting, mechanization is crucial as these processes are highly labour intensive.

Seaweed production costs and spatial demands for an IMTA seaweed culture system have been calculated based on Hortimare AS's four year experience with a pilot-scale IMTA cultivation site in Solund municipality. The resulting model has been created with the specific situation of Hordaland County in mind. It is estimated that 100 ha of cultivation area – distributed across 10 localities - is the minimum extension for an IMTA farm to achieve economic viability. Strategic placement of the seaweed culture lines will result in both, effective recycling of nutrients released from salmon farms and hence better biomass production for seaweeds, whilst minimizing conflicting spatial demands from other coastal users.

In collaboration with Hortimare AS, Salmon Group - a Norwegian association of small salmon producers - have developed an IMTA farm management model, emphasizing the necessity of close interactions between seaweed and salmon producers. Operations for seaweed cultivation may be largely coordinated with daily routines at the salmon farm and hence the need for additional labour force might be reduced. However, more specialized manpower will be necessary to add to such a system. It is calculated that each seaweed cultivation (operating within an IMTA system), will give rise to 4-7 full time positions in the region.

In order to establish a new industry based on seaweed cultivation in the area, a regulatory framework needs to be implemented. To date, with an interim management mandate, the Ministry of Trade, Industry and Fisheries (MTIF), assigns seaweed cultivation licenses. Simultaneously, the ministry works towards an integrated regulatory framework, which would include IMTA systems. This project has included a draft research plan for an IMTA system associated with a Research & Development license for salmon farming. It is envisaged that a joint effort of several salmon producers together to test seaweed cultivation in IMTA systems, will give extra benefits with regard to transferability of results and the variety of research questions that may be addressed in such a consortium.

1 ALGEDYR KING I INTEGRERT MULTITROFISK AKVAKULTUR (IMTA)-ANLEGG

Global befolkningsvekst vil medføre økende behov for mat, med større potensiale for ny produksjon fra havet. Stigende sjømat etterspørselen vil kunne tilfredsstilles av akvakultur næringen. Norge er verdens nest største eksportør av sjømat og har naturgitte forutsetninger og muligheter for å øke produksjonen av sjømat gjennom havbruk. I 2012 ble det produsert over 1,3 million tonn laks og ørret i Norge ([1]) og det er spådd at 5,0 million tonn vil oppnås i 2050 ved en produksjonsøkning mellom 3 og 5 % per år ([2]). En av regjeringens målsetninger er at Norge skal bli «verdens fremste sjømatnasjon» ([3]). Dette forutsetter bærekraftig utvikling i havbruksnæringen.

Etter den opprinnelige definisjonen betyr integrert multitrofisk akvakultur (IMTA) samkultivering av arter, som opptar forskjellige nivå i næringskjeden. Eksempelvis kultiveres fisk, makroalger og skalldyr i en kretsløpstilpasset modell, slik at fôrspill og avføring fra fiskeoppdrett blir til en ressurs for å produsere arter fra lavere trofiske nivåer ([4], [5], [6]). I tillegg til miljømessige fordeler (rensing av vann gjennom opptak av næringssalt og partikler), gir IMTA-anlegg flere inntektskilder fra fiskeoppdrettslokaliteter ved å diversifisere produksjonen. Makroalge-råstoff har flerfoldige bruksområder, inkludert som mat, fôrtilsetning, gjødsel, kosmetikk og bioenergi og derfor har et stort markedspotensial ([7]).

Mens algedyrking generelt har en lang tradisjon i Asia og går tilbake i flere hundre år ([25]), har kultivering innen IMTA fått stadig mer fokus også i den vestlige verden, spesielt i løpet av de siste tiårene. Kultivering av ulike algearter har vellykkas i åpne og landbaserte oppdrettssystemer i Canada ([8]), Asia ([9]), Chile ([10]), Europa ([11], [12], [13]) og Midtøsten ([14]), i både forsknings- og kommersiell skala. Til tross for et stort potensial er slike oppdrettssystem lite utviklet i Norge og forblir tilknyttet forskningsmiljøet. Flere fullførte eller pågående prosjekter med pilotanlegg undersøker diverse aspekter av makroalgedyrking i både integrert og monokultur oppsetting.

Fiskeoppdrettsanlegg slipper ut store mengder av næringssalt i både partikulær og oppløst form. Partikulær materiale fra avføring som synker ned kan påvirke biologisk mangfold på havbunn, og oppløste næringssalter blir direkte tilgjengelige til primærproduksjon i vannet. Slik høy konsentrasjon av næringssalt i vann rundt oppdrettsanlegg kan forårsake uønskelige planktonoppblomstringer ([15], [16]). Selv om det ikke påvises overbelastning av norske fjorder og kystøkosystemer med næringssalt eller organisk materiale fra lakseoppdrett ([17]) har næringen fått mye kritikk fra både nasjonale og internasjonale medier. Samtidig er det verdifull råstoff som går tapt for bruk, mens globale næringssalt-ressurser, spesielt fosfor, nærmer seg en utvinningsgrense. Fosfor er et grunnstoff som er nødvendig til vekst og opphold til alle livsformer. Mineral fosfor utvinnes fra gruvedrift og brukes som kunstig gjødsel i matproduksjon. Flere tiår med intensiv landbruk og monokultur har ført til en uttynning av den globale fosforressurs. Fokus har blitt trukket på eutrofiering av hav- og ferskvannmiljøer som direkte påvirkning fra endring av fosforsyklus. Forverring av miljøtilstand har også mange indirekte konsekvenser på samfunn og økonomi ([18]). I dag er det viktig å utvikle teknologi for å gjenvinne fosforressursen og minimere miljøpåvirkning fra både landbruk og havbruk uten reduksjon i matproduksjon ([19]). I lakseoppdrett er fosfor tilført i fiskefôret og skilles ut i miljøet i form av oppløst fosfater som kan gjentas ved dyrking av makroalger.

Norge er verdens størst lakseprodusent og har mange næringsrike arealer i kystsonen som egner seg til algedyrking i integrert (IMTA) system. En studie fra NTNU og SINTEF Fiskeri og Havbruk basert på felldata har estimert potensialet for fjerning av oppløst nitrogen mellom 0,8 og 1,2 tonn fra én hektar makroalger i løpet av et år ([20]). Hordaland er et ledende fylke innen lakseproduksjon i Norge, og i 2012 ble det produsert over 212 000 tonn laks i fylket ([21]). En modell basert på årlig

forbruk av fiskefôr i hvert fylke og utslipp av næringsavfall fra lakseoppdrett viste Hordaland som særtegnet til dyrking av makroalger ([22]).

Nitrogen er som regel den begrensende faktoren for algevekst. Forskere fra SINTEF har påvist positive effekter av oppløst nitrogen og fosfor fra et oppdrettsanlegg i Trøndelag på tarevekst ([13]). Sukkertaren vokst så og så mye mer med høy konsentrasjon av nitrogen og fosfor, sammenlignet med dyrking i monokultur. I Solund (Sogn og Fjordane) har Sulefisk (Salmon Group) sammen med det norsk-nederlandske selskapet Hortimare AS også fått god utbytte av nærings salt fra oppdrettsanlegg, dvs. bedre tarevekst enn når algene ble dyrket i fjorder uten nærings salttilførsel fra oppdrettsanlegg (Job Schipper, pers. komm.). Slike resultater viser at algedyrking kan redusere miljøbelastning fra oppdrettsaktiviteter ved gjenbruk av nærings salter og samtidig forbedre effektivitet av biologisk produksjon i lokaliteten. Før utsetting av makroalger i sjøen bør det tas hensyn til lokaliteten sin strømforhold. Tidligere modelleringsresultater fra NTNU anslått at 48 % av karbon tilførsel til lakseproduksjon ved føring slippes ut i form av CO₂ samt 45 % av nitrogen og 18 % av fosfor skiller ut i oppløst form. Økt kunnskap om spredning av nærings salter fra oppdrettsmerder til plassering av dyrkingstauer vil derfor gi bedre utbytte i algebiomass samt effektivisere integrert oppdretts systemet sin rensefunksjon. Pågående forskningsprosjekt fra SINTEF i samarbeid med Bellona, NTNU og Havforskningsinstituttet studerer spredningsmekanismer av nærings salter fra oppdrettsanlegg for å kunne effektivisere produktivitet i integrert oppdrett.

I tillegg til nærings salter binder makroalger karbondioksid under produksjonen (vekst), dvs. med tilgang på sollys. Dyrking av makroalger i større skala anses til å bidra i CO₂-fangsten i betydelig grad ([23], [24]). Forskere fra Danmark og Norge har estimert årlig karbon binding fra naturlige tareskogene i ytre Møre & Romsdal mellom 560 og 1000 g C*m⁻² ([25]). En rapport fra Havforskningsinstituttet understreker potensialet for karbonlagring ved å dyrke tare i tillegg til naturlige bestander ([26]).

Tareskogen spiller en avgjørende rolle i marine økosystemer da det virker som et 3-dimensjonalt habitat hvor mange arter fra fisk til planktoniske organismer oppholder seg og gjennomgår en del av livssyklusen sin ([27]). Kultivering av makroalger i sjøen vil skape et kunstig habitat med mulige positive økosystemkvaliteter lignende naturlige makroalgebestander. Selv om slike effekter er lite kjent, kan en forvente eksempelvis at biologisk mangfold økes lokalt. Fiskearter som leppefisk og rognkjeks har blitt observert til å oppholde seg blant dyrkede sukkertare på pilotanlegg i Solund (J. Schipper, pers. komm.). Begge fiskearter brukes i lakseproduksjon som rensefisk for lakselus og som et alternativ til kjemiske behandlinger. Mens presset med høsting av naturlige bestander av rensefisk blir stadig større, kan slike sekundær-effekter av IMTA alge-dyrking gi mulighet til kretsløps- og økosystembasert produksjon, som bidrar til økonomisk, økologisk og samfunnsmessig bærekraft i næringen i alle ledd.

2 MAKROALGEARTER OG DRIFTSFORMER – FOKUS HORDALAND*

*Tekstbidrag fra Job Schipper, Hortimare (original på engelsk) og Bjørn Aspøy, Smart Farm

2.1 Arter

Med hensikt til kultivering i IMTA må utvalgte algearter oppfylle spesifikke krav, inkludert (i) kunne danne en helårig avling, (ii) ta opp næringsalter fra oppdrettsanlegg og (iii) produsere signifikant biomasse med verdifulle stoffkomponenter i tilstrekkelig mengde, fortrinnsvis med høy proteininnhold. For å være kostnadseffektiv er man avhengig av dyrkingsteknologi som vil muliggjøre makroalgeproduksjon i storskala. Dette innebærer mekanisering i alle ledd, særlig ved planting/høsting som ellers blir ressurs- (arbeids)krevende. Videre prosessering etter høsting (inkludert skylling og/eller tørking) og tilhørende kostnader, samt andre kriterier må tas hensyn til ved vurdering av hvilke makroalgearter er aktuelle for dyrking i IMTA-anlegg i Norge (tab. 2.1).

Flere kriterier for makroalgedyrking i IMTA-anlegg i Norge – t.d. vekst, biomasse utbytte eller egnethet for høsting - viser sukkertare (*Saccharina latissima*) som veldig godt egnet i slike tilfelle. Biomasse-stabilitet, dvs. algens evne til å tåle bølger og takle begroing med bl. a. mosdyr, er en meget viktig aspekt i vurderingen. Fingertare (*Laminaria digitata*) gir bedre ytelse i denne forbindelse. Butare (*Alaria esculenta*) har interessante egenskaper når det gjelder stoffinnhold, som er særlig relevante for bruksområder som mat eller fôr. På grunn av sin ettårige livssyklus er dyrking av butare tidsbegrenset: bladet begynner å tape seg med naturlige stressfaktorer (f. eks. bølgedrag) fra tidlig på sommeren.

Sommersesongen er preget av høy nivå av næringsalter i vannet, som danner grunnlag for oppblomstring av epifytter og annen begroing på tare-arter. Både småalger (spesielt hurtigvoksende trådalger) og små virvelløse dyr bruker makroalger som substrat og dermed reduserer kvalitet til den høstete biomassen. Brunalger med stor bladoverflate som sukkertare, fingertare eller stortare er spesielt sårbare til slik begroing. Det er derfor vesentlig å høste biomassen i mai, før signifikant etablering av epifytt- og epifauna-organismer.

Samtidig er det i sommersesongen at en finner maksimal konsentrasjon av næringsalter fra fiskeoppdrett i vannet på grunn av høye fôringsregimer. Det er derfor en sentral utfordring for optimalisering av IMTA-drift å kunne utnytte næringsalterne spesielt i denne perioden. Å finne makroalger som kan dyrkes i sommerperioden vil bidra til effektivisering av IMTA-anlegget. Grønnalgen havsalat (*Ulva lactuca*) er relevant som «bro-art» om sommeren, siden den er hurtigvoksende under næringsrike regimer og akkumulerer biomasse fortere enn at påvekst av epifytt-organismer blir til et problem.

Blant rødalgene anses kun søl (*Palmaria palmata*) som relevant for dyrking i Norge. Til tross for at søl ikke produserer like mye biomasse som de store brunalgene, inneholder arten signifikante andeler av høyverdige stoffkomponenter (t.d. proteiner og pigmenter) og er derfor absolutt av kommersiell interesse. Likevel er søl mindre relevant for dyrking i IMTA-anlegg på grunn av begrenset kapasitet for næringsalteropptak.

Vurdering av ulike makroalger i dette prosjektet kun omfatter arter som har naturlige bestander i Hordaland. Selv om det ikke finnes noe regelverk rundt algedyrking i Norge per i dag, anses bl. a.

bruk av lokal tilgjengelige algemateriale til avling som viktig for å unngå genetisk forurensing og blanding mellom ulike geografiske økolyper. For å sikre bærekraft til en lokal ressurs også i framtida, er det ekstremt viktig å ta i bruk føre-var-prinsippet i alle ledd under utvikling av en ny algenæring i Norge. Dette gjelder særlig i en periode før et sær-tilpasset forvaltningsregime er på plass.

Tab. 2.1. Vurdering av makroalge-arter for IMTA-dyrking i Hordaland: diverse aspekt relatert til kultivering og prosessering. Kategorisk bedømmelse (++ veldig bra, + bra, ± nøytral, - dårlig, -- veldig dårlig). Modifisert fra Job Schipper, 2013.

Makroalger		Sukkertare (<i>Saccharina latissima</i>)	Fingertare (<i>Laminaria digitata</i>)	Stortare (<i>Laminaria hyperborea</i>)	Butare (<i>Alaria esculenta</i>)	Havsalat (<i>Ulva lactuca</i>)	Søl (<i>Palmaria palmata</i>)
Dyrkingskriterier							
Algegruppe		Brunalger	Brunalger	Brunalger	Brunalger	Grønalgler	Rødalger
Naturlig bestand for avl-høsting		Hordaland	Hordaland	Hordaland	Hordaland	Hordaland	Hordaland
Forplanting		++	++	++	++	-	--
Evne til å feste på substrat		++	++	++	++	±	+
Vekst		++	+	±	++	++	±
Opptak av næringsalter		++	+	±	++	++	±
Biomasse-stabilitet		+	++	+	±	-	±
Dyrkingsperiode		Okt-Mai	Okt-Mai	Helåret	Okt-Mai	Jun-Sept	Jan-Des
Utbytte/m² i vekstsesongen (kg tørr vekt)		1,5	1,0	0,7	1,2	1,0	0,2
Egnethet for innhøsting		++	++	++	++	±	++
Miljørenningskapasitet		++	++	±	+	±	±
Stoffinnhold	protein	+	±	±	++	++	++
	karbohydr.	++	+	+	+	±	±
	alginat	+	+	++	±	--	--
	mannitol	++	+	+	+	--	--
	pigmenter	++	++	++	+	-	++
	andre	++	++	++	+	++	++
Kapitalkostnader	(+ = høy)	+	+	+	+	++	++
Kostnader knyttet til arbeidskraft	(+ = høy)	++	+	±	++	++	++

2.2 Driftsformer

Den første fasen for makroalge-kultivering skjer i laboratoriet, der sjøvannkvalitet og eventuelt temperatur kontrolleres. Med utgangspunkt i fertil makroalgemateriale fra lokaliteter rundt dyrkings-stedet, stimuleres det spore-«slipp» i tanken. De mikroskopiske sporene vil deretter feste seg på et kultiveringssubstrat og utvikle en kimplante. Etter at kimplantene er godt etablert på

substratet, overføres disse til sjøen. I denne rapporten fokuseres det på beskrivelsen av IMTA drift i sjøen.

Makroalger kan dyrkes på tau, -nøtter eller flak-formede substrat som vanligvis er laget av syntetiske polymerere. Det finnes også biologisk nedbrytbar materiale (PLA) som egner seg som festeflaten. Valg av substratmateriale er et vesentlig element for kultivering: den må gi kimplantene gode festeforhold, må ikke påvirke biomassevekst negativ, og må være økonomisk i bruk. Etter at algene har vokst noen få centimeter kan de settes ut i sjøen.

På sjøbaserte anlegg er dyrkingstauene (eller annen substrat) festet til bøyer som holder algene på omtrent 1m under vannoverflaten (fig. 2. 1). Polypropylen (PP) eller polyetylen (PE) bøyer som brukes i blåskjeloppdrett er velegnet til dette. Mer kostnadseffektive materialer til oppdrift er foreløpig under vurdering.

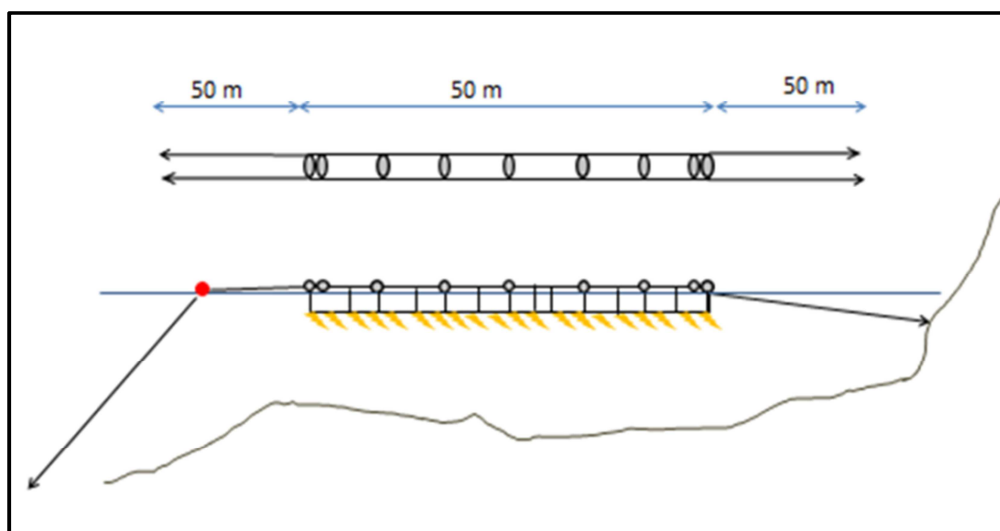


Fig. 2.1. Skjematisert konfigurasjon for et algedyrkings-anlegg (etter situasjon på Sulefisk, Solund). Topperspektiv oppe og sideperspektiv nede. Fra Job Schipper, 2013.

Slike systemer kan festes både i grunt vann (maks. 50 m dybde) med bunnankere, og i dypere områder med bergbolter. Et slikt oppsett muliggjør tilkomst til vekst-substrat med tilpassede maskiner til planting og høsting, slik at disse ellers arbeidsintensive prosesser kan bli mekanisert. For at algedyrking skal overføres til et kommersielt nivå fra dagens pilotskala-testing må teknologien optimaliseres. Dette gjelder alle ledd av makroalgeproduksjon fra forankring av dyrkingseenheter til håndtering, lagring og transport av biomasse. Kultiveringssystemer må være enkelt å montere, anvende og ha minimum behov for vedlikehold for å unngå store kostnader tilknyttet arbeidskraft. Sjødyktighet er også en meget viktig aspekt. Materiale må ha lang levetid i sjøen og være i stand til å tåle dårlige værforhold. Smart Farm har utviklet et system basert på flytende rør hvor dyrkingssubstratet med kimplanter settes på (fig. 2.2). Sammenlignet med bøyer som brukes til blåskjeloppdrett har rørene mindre oppdrift og har derfor bedre bølgedempende effekt. I tillegg kan de brukes som føringssskinne til driftsmaskiner.



Fig. 2.2.: Driftssystem (rør-design) til algedyrkingsanlegg fra Smart Farm. Foto: Smart Farm.

Arealkonfigurasjon i et IMTA anlegg må planlegges nøye for å oppnå optimal algevekst / biomasseproduksjon og arealutnyttelse ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$). I tillegg skal det unngås konflikt med driftsrutiner tilknyttet fiskeoppdrettet. Fig. 2.3. gir et eksempel på arealplassering på Fureholmen, Solund kommune.

Et 100 m fri-areal rundt oppdrettsanlegget vil tillate manøvrering. Algene skal helst plasseres både opp- og nedstrøm for å oppnå (i) maksimal utnyttelse av næringssalter fra fiskeoppdrett til algevekst og (ii) oksygensupplering fra algenes fotosyntese til fisken i merdene, slik at det kompenserer oksygenforbruk fra alger om natten.

Første observasjoner tyder på at lokale vannforhold i algeanlegget gir flere positive effekter, men her trengs det mer forskning for å øke forståelsen av forholdene: Algeinstallasjoner vil kun påvirke strømhastighet i øverste vannlaget (til ca. 5 m), og skape turbulens. Slik turbulens vil bidra til omrøring og bedre blanding under vannoverflaten, slik at næringsstoffer og drivende plankton transporteres oppover og oksygen nedover. I denne sammenheng bør fordeler og ulemper med algeplassering i enten parallell eller vinkelrett konfigurasjon i forhold til strømreretning undersøkes videre (fig. 2.4). Bedre opptak av næringssalter og lyseksponering har blitt observert ved oppsetting av alger vinkelrett mot strømmen, men her mangles det systematisk data.

Resultater fra pilotdyrking av sukkertare ved Hortimare i 2014 viste at plassering av dyrkingssubstrat i vinkelrett konfigurasjon mot strømmen ga høyere biomasse-utbytte på grunn av mindre overlapp og dermed mindre lys-tap mellom plantene. Samtidig er plassering av dyrkingstau i parallell konfigurasjonen bedre i forhold til mindre slitasje av plantene fra strøm og dragekrefter. En nytte-kostnadsanalyse er nødvendig for en helhetlig vurdering og det optimale valg av konfigurasjon.

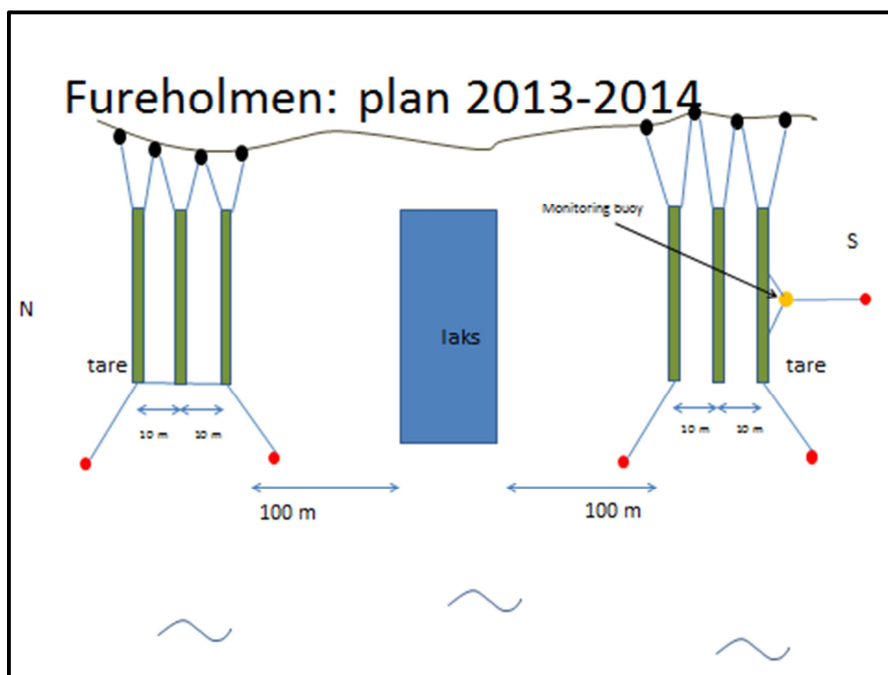


Fig. 2.3: Eksempel av IMTA-anlegg arealkonfigurasjon med algedyrkingstau plassert vinkelrett mot strømmen (luft-perspektiv). Fra Fureholmen, Solund. På toppen av bildet kystlinje, nede fjordsida. Fra Job Schipper.

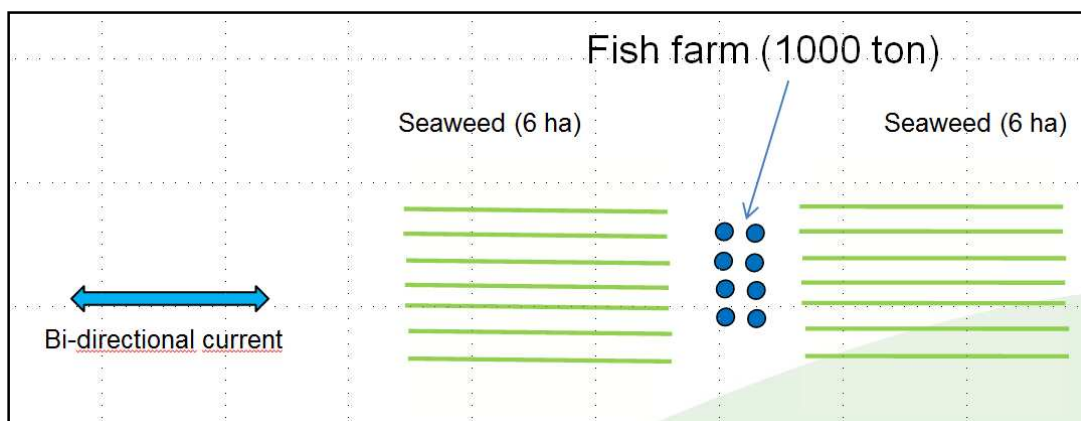


Fig. 2.4: Eksempel av IMTA-anlegg arealkonfigurasjon med algedyrkingstau plassert parallell til strømmen (luft-perspektiv). Fra Job Schipper.

Hvordan en kan mekanisere utsetting av kimplanter og høsting vil være avhengig av substratstype og arealkonfigurasjon. I en oppskalert produksjon bør maskiner ha kapasitet til å utsette/høste én hektar (10 000 m dyrkingstau) innen to timer for å oppnå lønnsomhet i forretningen. Hastighet ved høsting blir da $5 \text{ km} \cdot \text{tonn}^{-1}$, inkludert manøvreringstid. På grunn av et kort tidsvindu for høstingen (ca. fire uker i mai), før begroingsorganismer ødelegger kvaliteten til algebiomassen, er det viktig å nå denne kapasiteten.

3 KOSTNADER OG MARKEDSPRISER FOR PRODUSERT BIOMASSE*

*Tekstbidrag fra Job Schipper, Hortimare (original på engelsk) og Bjørn Aspøy, Smart Farm

I en detaljert beregning av driftskostnader for et IMTA-anlegg er produksjonskost estimert. Beregningene er baserte på Smart Farm sine erfaringer fra investeringer og drift av blåskjell anlegg, som ikke er så langt fra dyrking av tare. Begge arter dyrkes uten tilsetning av fôr.

Hvis en økonomisk vurdering skal gi et realistisk bilde må alle omkostninger være med. De beregningene som er bakgrunn for dette inkluderer:

- Investering i anlegget (dyrkings strekk, fortøyninger, avmerking mm).
- Investering i infrastruktur (Arbeidsbåt, røkte- og høsteutstyr, høyeffektivt losseutstyr).
- Løpende omkostninger til driften (arbeidslønn, forsikringer, vedlikehold på anlegg og båter, drivstoff osv.)
- Administrasjonsomkostninger, avskrivninger.

Ved en storskala produksjon (>100 ha) ligger produksjonskostnaden i dag på omkring 100 EURO per tonn våt vekt makroalger, inklusiv avskrivninger med en nyutviklet teknologi fra Smart Farm eller Hortimare.

Globalt er produksjonen av dyrket tare stor. I 2008 var den totale produksjon 16,8 mill. tonn. Av dette var 15,8 mill. tonn i Sørøst Asia (=99,6 %). Kina alene stod for 63 % av verdens produksjon ([28]). Det er altså områder med lave lønninger. Hvis vi i den vestlige verden skal konkurrere med dette er en optimalisert teknologi nødvendig.

Verdien av verdens makroalgeproduksjon i 2008 var 7,4 mill. USD, dvs. 470 USD per tonn ([28]). Her er det en stor spredning, avhengig om anvendelsen er farmasøytisk produkt eller energi (fig. 3.1, tab. 3.1).

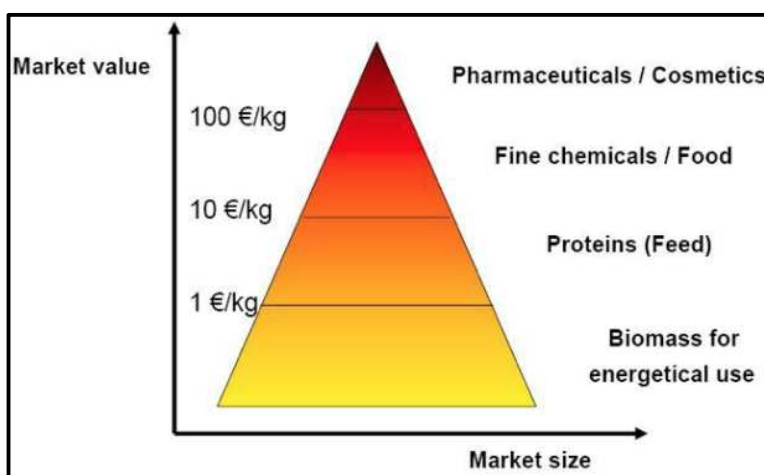


Fig. 3.1: Konseptmodell for sammenheng mellom markedsverdi og markedspotensial for forskjellige typer makroalgeprodukt. Etter Dansk Teknologisk Institut [28].

Det kan derfor være vanskelig å si noe om en markedspris som kan brukes til en økonomisk vurdering av en forretningsplan i vesten, hvis de globale tall legges til grunde. Vestlige kilder har indikert en markedspris på mellom 220 – 500 € per tonn våt vekt. Samtidig oppleves det som det et udekket behov fra flere sider. Situasjonen kan være gunstig for investorer, men der er naturligvis en

vis usikkerhet da dette er et nytt område innen for akvakultur som skal utvikles og finne sin rette form.

Tab 3.1: Komponenter fra brunalger som *Saccharina latissima* og *Laminaria digitata* og resulterende markedsverdi etter bio-raffineri [7].

Component	Application	Market value/ton (€)	% in kelp dw	Value /ton dry seaweed raw (€)
Protein	Fish feed	1 400	15	210
Mannitol	Food	1 500	12	180
Phycocolloids	Food	3 000	23	690
other carbohydr.	biofuel	100	15	15
Minerals	Fertilizer	350	10	35
Laminarin	Food, pharma	350	14	49
Fatty Acids (PUFA)	Food	1 250	4	50
Polyfenols	Anti-oxydant	20 000	0.5	100
Iodine	Food, pharma	25 000	0.4	100
Fucoxanthine	Pigment, anti-oxydant	200 000	0.05	100
Fucoidan	Pharmacy	8 000	5	400

4 KOSTNADER TIL AVLING OG DYRKING AV SUKKERTARE (*SACCHARINA LATISSIMA*)**

***Tekstbidrag fra Job Schipper (original på engelsk), med tall og forretningsmodeller fra Hortimare AS*

Kostnadsberegninger er basert på Hortimare AS sin erfaring med pilotdyrking av sukkertare i perioden 2011 til 2014. Prognosen for 2018 forutsetter/inkluderer forbedring innen teknologi, logistikk og drift. Parameterne og kostfaktorer estimeres ut i fra et gjennomsnittlig driftsareal av ca. 100 ha, delt på 5-6 lokaliteter.

Kostnader beregnes per kvadratmeter av en «nettohektar», dvs. én hektar fullstendig dekket av sukkertare med 1 meter som gjennomsnittlig tarelengde over hele dyrkingsperioden. Maksimal utbytte i dette tilfelle ligger mellom 8 og 12 kg fersk materiale per meter tau (tilsvarende 1,5-2,0 kg tørrvekt) hvor overlapp og kontakt mellom plantene er relativt lav. Siden dyrkingsperioden for sukkertare varer maksimalt åtte måneder er kostnadene avskrevet over dette tidsrommet.

Produksjonsutgifter per meter tau er en standardisert verdi basert på det nåværende dyrkingssystemet med hyssing som forplantingssubstrat. Samtidig jobbes det med utvikling av nye systemer for å få bedre dybdeutnyttelse, slik at det frigjøres horisontal areal. Dette vil redusere substrattetthet fra ett tau per horisontal meter til ett tau per 2,5 meter. I tillegg vil dette gir bedre tilgang til båter og maskiner for gjennomføring av driftsoperasjoner.

I tabell 4.1. nedenfor er utgiftene estimert for 2015 og 2018, og fordelt på «genetikk & avlingsmateriale» som foregår i laboratorium og «dyrking & høsting» i sjøen. Alle oppgitte kostnadsfelter er relevante og direkte beregnet mot produksjonsaktivitet. Tabellen oppsummerer en kostnadsmodell etter 4 års driftserfaring av Hortimare AS og som brukes til bedriftsutvikling.

Dyrkingsskala er helt avgjørende og IMTA konseptet blir lønnsomt kun hvis anleggene når 100 ha arealstørrelse og total markedstilgang for leverandørene vil være minst 500 ha. Slike skalaer er nødvendige for å kunne redusere kostnader relatert til produksjon, samt effektivisere arbeidskraft og logistikk. I tillegg må FoU kostnader tilknyttet forbedring av reproduksjonsmateriale tas i betraktning. Framavling av økolyper med naturlig opprinnelse vil være et viktig element for å kunne optimalisere både biomasse og utbytte av kommersiell relevante komponenter som f. eks. proteiner. Dyrkingsteknologi har allerede blitt bedre og må utvikles videre for å effektivisere tareproduksjonen.

Arbeidskraft er den største kostnaden for tare dyrking, og dette gjelder både land- og sjøbaserte aktiviteter. Effektivisering i alle ledd, dvs (i) framstilling av reproduksjonsmateriale («klekkeri»), (ii) utsetting i sjøen og (iii) høsting er nøkkelen når det gjelder teknologiutvikling. Samtidig vil genetisk forbedring av relevante tarearter være viktig for å øke dyrkingspotensialet. Ville økolyper er svært heterogene og fokus på homogenisering av høstingsbiomassen vil kunne øke produksjonen fra 30 til 50 % i løpet av noen få sesonger.

Utviding av dyrkings sesongen er også meget viktig. Investeringer er nødvendige for å strekke sesongen fra 8 måneder (oktober til mai/juni) til 11, ved å finne andre tarearter som kan dyrkes over sommeren eller med å avle fram varianter som er mindre begrensede.

Konklusjon: oppskalering, mekanisering og avling er avgjørende for å kunne drive en lønnsom forretning basert på tare dyrking. En positiv økonomisk balanse forventes fra 2018 og utover.

Tab. 4.1: Resultat beregning per m² dyrket areal, basert på 8 måneder dyrkingsperiode – Hortimare AS

Euro					
Resultat: genetikk og avlingsmateriale (€)			Resultat: dyrking og høsting (€)		
	2. år 2015	5. år 2018		Year 2 2015	Year 5 2018
Marked størrelse (hektar)	20	600	Marked størrelse (hektar)	20	600
			Utbytte (tørrvekt/m ²)	1,5	2,0
Lønnskostnader produksjon	1,03	0,10	Klekkings-(reproduksjonsmateriale)	0,50	0,60
Overhead ledelse	0,74	0,12	Lønnskostnader produksjon	0,52	0,32
Lønnskostnader tilknyttet FoU	0,67	0,19	Overhead ledelse	1,33	0,23
Sesongbasert arbeidskraft	0,08	0,03	Sesongbasert arbeidskraft (inkl. båt)	0,38	0,19
Laboratorieutstyr	0,22	0,02	Utstyr (inkl. substrater)	0,20	0,12
Klekkeriutstyr (Norge)	0,28	-		-	-
Vedlikehold	0,06	0,01	Vedlikehold	0,10	0,03
Generelle & administrative kostnader	0,14	0,01	Generelle & administrative kostnader	0,15	0,03
Bilkostnader	0,11	0,01	Bilkostnader	0,10	0,03
Forsikring	0,02	0,00	Forsikring	0,10	0,01
Leiekostnader laboratorium (Norge)	0,17	0,01	Leiekostnader laboratorium (Norge)	-	0,01
Leiekostnader lab og kontor (Nederland)	0,20	0,01			
Avskrivning (labutstyr)	0,09	0,02	Avskrivning (maskiner, båt, installasjo)	0,51	0,14
Total	3,79	0,53	Total	3,88	1,72
Total/kg tørrvekt final produkt	2,53	0,27	Total/kg tørrvekt	2,59	0,86
NOK - exchange rate					
	8				
Resultat: genetikk og avlingsmateriale (NOK)			Resultat: dyrking og høsting (NOK)		
	Year 2 2015	Year 5 2018		Year 2 2015	Year 5 2018
Marked størrelse (hektar)	20	600	Marked størrelse (hektar)	20	600
			Utbytte (tørrvekt/m ²)	1,5	2,0
Lønnskostnader produksjon	8,23	0,78	Klekkings-(reproduksjonsmateriale)	4,00	4,80
Overhead ledelse	5,89	0,93	Lønnskostnader produksjon	4,16	2,56
Lønnskostnader tilknyttet FoU	5,33	1,55	Overhead ledelse	10,61	1,87
Sesongbasert arbeidskraft	0,67	0,20	Sesongbasert arbeidskraft (inkl. båt)	3,00	1,53
Laboratorieutstyr	1,78	0,20	Utstyr (inkl. substrater)	1,60	0,96
Klekkeriutstyr (Norge)	2,22	-		-	-
Vedlikehold	0,44	0,10	Vedlikehold	0,80	0,27
Generelle & administrative kostnader	1,11	0,09	Generelle & administrative kostnader	1,20	0,23
Bilkostnader	0,89	0,09	Bilkostnader	0,80	0,26
Forsikring	0,13	0,02	Forsikring	0,80	0,11
Leiekostnader laboratorium (Norge)	1,33	0,04	Leiekostnader laboratorium (Norge)	-	0,07
Leiekostnader lab og kontor (Nederland)	1,60	0,07			
Avskrivning (labutstyr)	0,68	0,18	Avskrivning (maskiner, båt, installasjo)	4,08	1,15
	-	-		-	-
Total	30,32	4,25	Total	31,05	13,79
Total/kg tørrvekt final produkt	20,21	2,12	Total/kg tørrvekt	20,70	6,90

5 AREALBEHOV**

***Tekstbidrag fra Job Schipper (original på engelsk), med tall og forretningsmodeller fra Hortimare AS*

Den maksimale tillatte biomasse (MTB) for en laksekonsesjon på den sørlige halvparten av norske kysten er 780 tonn fisk på ethvert tidspunkt. Oppdretteren optimerer lokalitetens produksjon ved høsting av en del fisk dersom biomasse overstiger grensen. Dette fører til en årlig produksjon av ca. 1000 tonn fisk.

Basert på disse tallene er det beregnet utslipp av 40 tonn nitrogen (N) og 13 tonn fosfor (P) fra oppdrettsanlegget. Med utgangspunkt i det stabile forholdet mellom nitrogeninnhold og proteinandel i organismer, kan forventet tare-biomasse produksjon beregnes. Dette forutsetter at andre elementer (som eksempelvis fosfor) ikke er begrensende for vekst. For makroalge-vekst er 16:1 et optimalt vekt-forhold mellom nitrogen og fosfor. I sammenheng med tare dyrking blir fosfor i praksis tilført rikelig (dvs i overskudd) fra oppdrettsanlegg. I tillegg er mineraler som kalium (K), magnesium (Mg) og jern (Fe) viktige. Disse elementene er under naturlige forhold til stede i tilstrekkelig mengde i kystsonen.

Proteiner er bygd opp av aminosyrer bestående av ett nitrogen atom og flere karbon-, oksygen- og hydrogen-atomer hver. Et tilnærmet vekt-forhold mellom N-atom på den ene siden og de øvrige atomene i aminosyren er 5:1. Dermed tilsvarer 40 tonn nitrogen potensiell $40 \times 5 = 200$ tonn proteinbiomasse av tare.

Etter mer realistisk antakelse vil ikke 100 %, men ca. 50 % av nitrogen omsettes til tarevekst og dermed produseres 100 tonn protein. Brunalger som sukkertare inneholder 15 % protein (av tørr biomassen) slik at den tilsvarende total-biomassen av tare produsert ved et oppdrettsanlegg på 780 tonn laks, beregnes til ca. 600 tonn tørrvekt.

I helårlig lakseproduksjonssyklus er fiskens vekst og dermed utskilling av næringsalter høyest om sommeren og i høst. Likevel kan vinter og vår sesonger være veldig produktive. For enkelhets skyld er følgende beregning basert på at utslipp av næringsstoffer fra oppdrettsanlegg er likt fordelt over hele året. Per i dag kan det dyrkes tare fra oktober til juni med maksimal tare biomasseproduksjon av 1,2-1,5 kg tørrvekt $\cdot m^{-2}$ dvs. 12-15 tonn $\cdot ha^{-1}$.

Med en vekstperiode av kun 8 måneder, er også kun 8/12 deler av næringsalter tilgjengelige for å produsere 400 tonn tare tørrvekt (600 tonn $\cdot 8/12$). Med en arealutnyttelse av 12 tonn tareproduksjon per hektar (se oppe), trenger man derfor 33 ha for å produsere 400 tonn tare. Disse vil, som sagt, ta opp 50 % av oppløst nitrogen fra oppdrettsanlegget i løp av 8 måneder.

Slik arealbehov er svær og må forventes å komme i konflikt med andre arealkrav, fra eksempelvis skipstrafikk, turisme og fiskeriaktiviteter i kystsonen. Likevel er et stort nok areal til tare dyrking meget viktig for at kultivering av makroalger i nærheten av oppdrettsanlegg skal gi betydelig miljøgevinst og bli økonomisk lønnsom. De fleste oppdrettere har 3-4 konsesjoner, og ofte befinner seg flere oppdrettere i det samme området. Dermed kan man regne med at et strategisk plassert tare-dyrkingsanlegg vil dra nytte av næringsalt-utslipp fra omkring 10 lokaliteter i nærheten. Det er estimert at ca. 100 ha tare-kultiveringsareal er nødvendig for å oppnå økonomisk lønnsomhet i drift, dvs. ca. 10 ha per fiskeoppdrettsanlegg.

Det antas at 15-20 % gjenopptak av næringsalter gjennom dyrket tare utgjør en effektiv miljøttjeneste. Et 10-12 ha dyrkingsareal vil være realistisk for å oppnå et slik resultat. Arealet bør

deles opp slik at 5-6 ha tare kultiveres på hver side av fiske-oppdrettsanlegget, helst i en 100 x 500 m konfigurasjon. Her er 500 m anslått som minimum strekning for å få økologiske effekter av tarebeltet på vannmassene under gjennomstrømning. På de fleste lokaliteter i regionen finnes det en toveis tide-strøm, som man kan utnytte med en slik konfigurasjon. Spesifikke strømningsmønstre bør likevel vurderes nøye for hver situasjon for å tilpasse og optimalisere konfigurasjonen av tare-anlegget.

Alle verdier her er basert på teoretiske «netto hektar», hvor hele arealet er dekket av tare. I praksis er det behov for fri-rom til driftsoperasjoner innenfor kultiveringsarealet. Minstekrav for avstand mellom strukturer og dyrkingstau er avhengig av hvilke dyrkingssystem brukes, men det estimeres at 60 % arealet blir brukt effektivt, dvs. for å dyrke 10-12 «netto hektar» med tare, vil en legge beslag på 20 «brutto hektar» areal i realiteten.

6 SYSSELSETTING SOM FØLGE AV INTEGRERT TAREDYR KING I HORDALAND***

*** *Salmon Group v/ Øyvind Kråkås*

Tare dyrking i nærheten av lakseoppdrett er en næring med et stort miljømessig og produktivt potensiale. Økonomisk ligger potensialet i at en nytter frie næringsalter for å øke veksten til plantene, og et samarbeid med oppdrettsanleggene som reduserer trangen for utstyr og bemanning.

Den arbeidsintensive delen av dyrkingen er ved utsetting og innhøsting. Da må en ta sikte på å nytte egne, spesialiserte mannskap og tilhørende utstyr. Eventuelt kan det være aktuelt å nytte fartøy og båtførere fra lakseanlegget som bistand. 2-3 personer må kunne gjøre disse operasjonene.

Modellen som Salmon Group og Hortimare har jobbet ut i fra, tilsier at selskapet som produserer tare har tilgang på ei rekke integrerte lokaliteter innenfor en region. Servicemanskapet må kunne ambulere mellom anlegga i utsett- og høstingssesongen. Det daglige tilsynet med tareanleggene vil stort sett gå ut på å se etter at de ligger trygt forankret. Her bør en ha avtale om at personell ved lakseanlegget i størst mulig grad fører dette tilsynet, og eventuelt rapporterer avvik til tareselskapet.

Produksjon av tarestiklinger før utsett er en biologisk kunnskapskrevende og spesialisert prosess. I hovedtrekk vil en person kunne gjøre denne jobben for hele regionen, men en kan se for seg at det blir etablert konkurrerende avlsprogram. Dette vil nok også avhenge av tallet på aktører som etablerer seg.

Prosessering av taren vil kunne sysselsette 1-2 personer for hele regionen. Dette vil også i stor grad være spesialiserte oppgaver, og være knyttet mot teknologisk kunnskapskrevende utstyr. Transport av råvare og ferdige produkter vil utløse en viss trang for transportpersonell i perioder.

Etablering, drift og utvikling av kommersiell tare dyrking vil kreve en del administrativt personell. En ser for seg en administrasjon på 1-3 personer som tek seg av daglig drift av selskapet, forretningsførsel, søknader, rapportering, teknologisk utvikling og omsetning.

Som all annen produksjon i Norge vil tare dyrking og foredling være avhengig av mekanisering og effektiv personellbruk. Hver aktør vil sannsynligvis kunne sysselsette 4-7 årsverk i regionen. Tallet på aktører vil avhenge av en rekke forhold, men realistisk vil 1-3 aktører etablere seg i Hordaland de kommende åra. Trangen for volum og knapphet på areal tilsier få aktører.

7 RAMMEVILKÅR OG REGELVERK FOR ALGEPRODUKSJON I IMTA-ANLEGG****

****Norges Vel v/ Asbjørn Stavland

Kilder: Fra referatet til Beth Evensen, Blue Planet fra IMTA-møtet den 27. sep. 2013 i Stavanger, og noe informasjon fra Fiskeridirektoratet (FD)

7.1 Status konsesjoner for dyrking av alger

Under forskrift for tildeling av konsesjoner for andre arter er ikke vannlevende planter nevnt, og forskrifta i dag er ikke vid nok til å omfatte makroalger. Fiskeri- og kystdepartementet (FKD) startet opp et arbeid med å endre på forskriftene der man ønsker å utvide virkeområdet til også å inkludere vannlevende planter. I dag er det Nærings og fiskeridepartementet (NFD), som holder på med dette arbeidet.

7.2 Status konsesjoner for polykulturer, IMTA-anlegg

IMTA omfatter oppdrett av arter på ulike trofiske nivå i næringskjeden, hvor avfall fra arter som føres blir utnyttet av arter på et lavere nivå. Oppdrettsnæringen og forskningsmiljøene har sett på muligheten til å anvende IMTA med tanke på en bærekraftig utvikling. I Norge er det ikke vanlig å tillate polykulturer med begrunnelse for faren for spredning av sykdom. Det har vært usikkerhet rundt regelverket i forhold til polykulturer, IMTA og tillatelser.

Dispensasjoner fra regelverket kan bli gitt. Behandling av søknader for dyrking av tang og tare behandles selvstendig under akvakulturloven for vannlevende planter (herunder tang og tare) som ikke er delegert til fylkeskommunene. Derfor har departementet (inntil videre) den saksbehandlende og koordinerende rollen.

7.3 Tang og tare flere arter

Søknadene skal sendes til FD, som avgjør om tiltaket er omfattet av akvakulturloven og dermed er søknadspliktig. Dersom svaret på det er ja, sendes søknaden videre fra FD til NFD, som behandler søknaden.

NFD behandler taresøknader som går på FoU og visningstillatelser. For vanlige konsesjoner betales det avgift, mens man kan søke gratis FoU konsesjon.

7.4 Tang og tare flere arter og FoU-tillatelse for laks

Fremgangsmåten her er å søke om tillatelse for algedyrking på samme lokalitet (algedyrking integrert med oppdrett av laks). Det skal søkes om tillatelse i samsvar med "Forskrift om tillatelse til akvakultur av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret".

Søknaden skal sendes inn på søknadsskjema for akvakultur av andre arter enn laks, ørret og regnbueørret.

Det skal søkes om tillatelse i samsvar med laksetildelingsforskriften § 23a. Søknaden skal ha samme dokumentasjonskrav som for en ordinær søknad, og sendes på samme søknadsskjema. I tillegg skal det i søknaden beskrives et forskningsprosjekt med forpliktene avtale med ekstern forskningsinstitusjon som skal påta seg det faglige ansvaret for forskningen (jf. Veileder for søknad om forsøks- og forskningstillatelse 10.07.2012)

Slik som regelverket er pr. i dag, så er dette den beste måten å søke om tillatelse på, og søknadene må merkes tydelig at de hører sammen.

7.5 Tidsfrister for saksbehandling

Tidsfrister for behandling av akvakultursøknader er nedfelt i "Forskrift om samordning og tidsfrister i behandling akvakultursøknader". Disse fristene (22 uker) gjelder også for søknader om taredyrking. Den første tillatelsen kan ha en saksbehandlingstid på et år men etter hvert som man får mer erfaring og kunnskap om taredyrking vil saksbehandlingstiden gå ned.

7.6 IMTA-søknader

FD kan gi dispensasjon til å dyrke flere arter.

Per i dag må man ha 3 parallelle søknader men praksis er under vurdering for en mer optimal løsning.

For søknader angående akvakultur av tunikater (sekkedyr), må man søke departementet.

For arter som ikke er omfattet av tildelingsforskriftene (både laksetildelingsforskriften og tildelingsforskrift for andre arter) skal søknad sendes til NFD.

Søknader om IMTA må behandles individuelt fordi akvakultur av ulike arter på forskjellige geografiske steder vil kreve ulike vurderinger (f. eks: er området regulert til akvakultur, er det andre aktiviteter i området som vil bli påvirket av det omsøkte tiltaket, er artene det søkes om naturlig tilhørende i området og en mange andre mulige vurderinger som må gjøres for å ivareta andre interesser og miljø)

Det er pr. i dag ingen konkrete planer om egne IMTA konsesjoner. Det gis tillatelse til å dyrke alger.

Det er NFD sitt ansvar å få regelverket på plass.

NFD skisserer denne mellomløsningen i påvente av regelendringer.

Det kan sendes 1 søknad til fylkeskommunen for de arter som er omfattet av tildelingsforskriftene, 1 søknad til departementet for de arter som ikke er omfattet av tildelingsforskriftene og 1 søknad om dispensasjon til FD for å få lov til å drive akvakultur av flere arter på én lokalitet.

Kommunen bestemmer over arealbruken innenfor sine grenser. Det er kommunen som gjennom sitt planarbeid regulerer områder til akvakultur.

IMTA- søknader (polykulturer) vil vurderes av Mattilsynet mest ut i fra smittemessige hensyn. Det skal gjøres en grundig risikovurdering og alle forhold skal være vurdert.

7.7 IMTA med fisk, eksisterende tillatelse for laks

IMTA med fisk hvor man har eksisterende tillatelse for laks og man har lokalitet:

- Makroalgessøknader til NFD (FD avgjør først om tiltaket er omfattet av akvakulturloven, og om det er søknadspliktig).
- Blåskjellsøknader skal sendes til Fylkeskommunen.
- Dispensasjonssøknader skal sendes til FD.
- Alle IMTA søknader må sannsynligvis behandles individuelt på grunn av store forskjeller per lokalitet, biomasse, tetthet av arter etc.

7.8 Stedegne arter og flytting av arter

Søknader som er kommet inn har dreiet seg om stedegen tare. Dersom det kommer inn søknader som gjelder flytting av arter skal dette vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Miljødirektoratet: på grunn av lite kunnskap om populasjonsgenetisk struktur hos tare i Norge henger begrepet "stedegen" bestand litt i løse lufta når man ikke har genetisk kunnskap om variasjoner innad i arten mellom forskjellige områder langs kysten. Kunnskap om populasjonsgenetikken og genetisk differensiering hos de artene som det er relevant å starte dyrking av, må derfor på plass før man kan si at man oppfyller kravet om bruk av stedegen bestand. I påvente av resultatene av slike analyser, vil vi foreslå at man bruker inndelingen som er gjort i Norsk fjordkatalog, og benytter stam-planter fra områder fra samme fjordsystem (nivå 3 i fjordkatalogen, eller mer detaljert). Miljødirektoratet kan kontaktes for mer informasjon rundt dette.

7.9 FoU søknader

Ved FoU søknader blir lokalitetstildelingen fordelt slik:

Makroalger – NFD

Blåskjell – Fylkeskommunen

Laks – Fylkeskommunen

7.10 Søknad om forsøks- og forskningstillatelse

En søknad om forsøks- og forskningstillatelse kan ha følgende innholdsfortegnelse (når det er relevant):

1. Søknadsskjema med lokalitetsopplysninger
2. Kvittering for betalt gebyr
3. Presentasjon av forskningsbehov/prosjektbeskrivelse
4. Dokumentasjon av tekniske beregninger
5. Eierstruktur for søkersekskap
6. Dokumentasjon av egen kompetanse
7. Dokumenterte avtaler med ekstern kompetanseinstitusjon som påtar seg det faglige ansvaret for forsøkene i tillatelsen
8. Eventuelt andre inngåtte avtaler av betydning for søknaden
9. Dokumentert finansieringsplan
10. Planlagt produksjon

7.11 Vedlegg: Marius Dalen, FKD (2013)

Søker sender søknad til fylkeskommunene

Fylkeskommunen

Mottar merknader etter høring.

Sender søknaden til relevante sektormyndigheter og kommunen.

Avgjør søknaden etter akvakulturloven (tidsfrist).

Fiskeridirektoratets regionkontor

Uttalelse om tradisjonelle fiskeriinteresser, herunder samiske (tidsfrist)

Mattilsynets distriktskontor

Avgjør søknaden etter matloven og dyrevernloven (tidsfrist).

Kystverkets regionkontor

Avgjør søknaden etter havne- og farvannsloven (tidsfrist).

Fylkesmannen

Avgjør søknaden etter forurensningsloven (tidsfrist).

Uttalelse om naturvern-, friluft-, fiske- og viltinteresser, samlet vurdering (tidsfrist).

Norges vassdrags- og energidirektorats regionkontor (NVE)

Bare involvert i saker som innebærer uttak av vann (for eksempel settefisk).

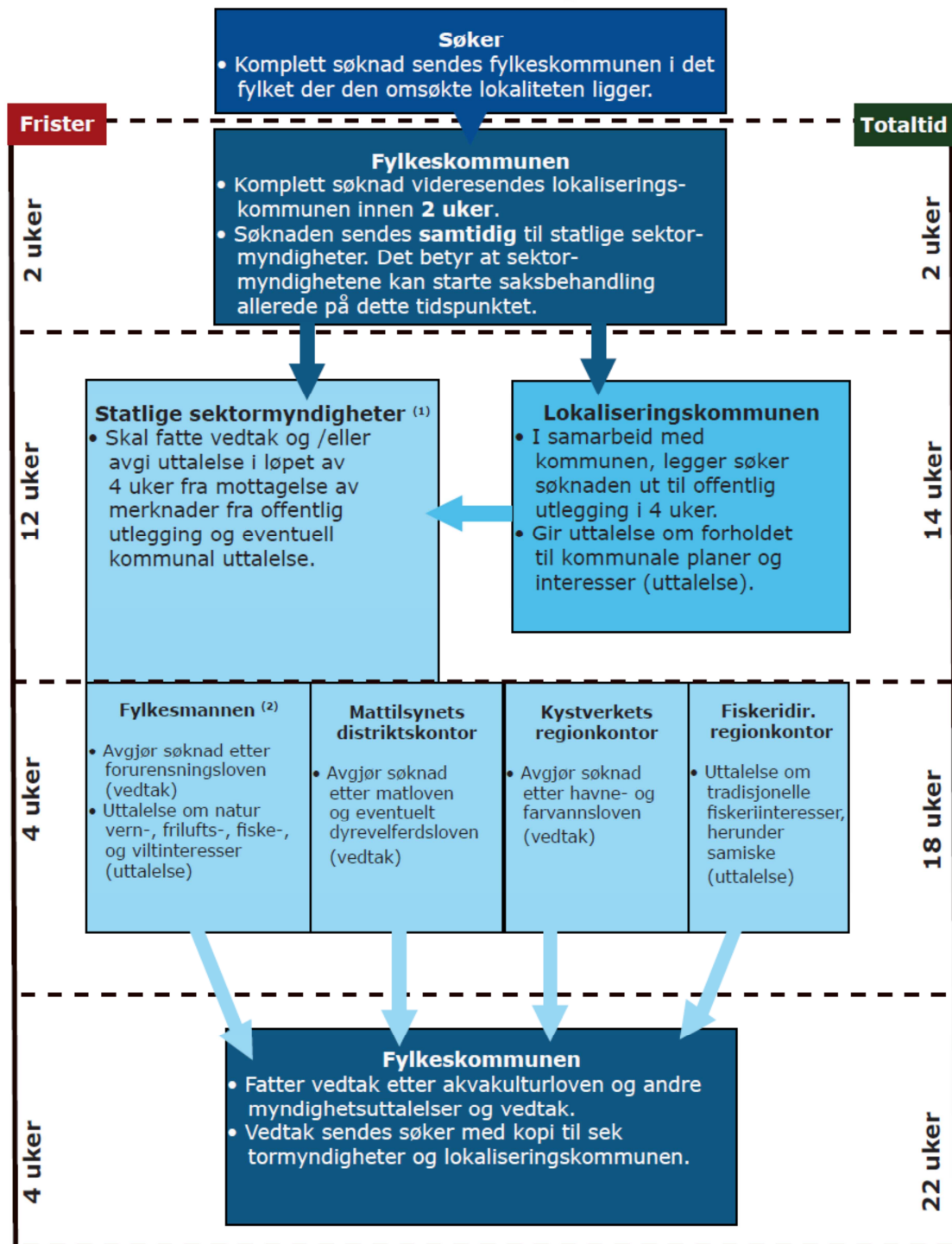
Avgjør søknader/avgir uttalelser (tidsfrist).

Kommunen

Registrerer og offentliggjør søknaden med 4 ukers høringsfrist for allmennheten.

Avklarer forholdet til arealplan, avgir uttalelse og fatter eventuelle vedtak (tidsfrist).

Oversikt over tidsbruk ved behandling av akvakultursøknader



⁽¹⁾ I tillegg til sektormyndigheten som er omfattet av forskrift om samordning og tidsfrister i behandlingen av akvakultursøknader er Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) involvert i saker som innebærer uttak av vann (eksempelvis settefisk).

Figur 7.1 Marius Dalen, FKD (2013)

8 FORSKNINGSELEMENT I ET IMTA-HOVEDPROSJEKT

Som en del av forprosjektet ble det satset på utvikling av et IMTA-hovedprosjekt. Forskningsbehov knyttet til et IMTA-anlegg i et hovedprosjekt er avhengig av rammebetingelser og virkemidler for et slikt anlegg. Det ble i forprosjektet vurdert muligheten for å søke en Forsknings- og Utviklings (FoU) konsesjon for laks, og i denne sammenheng undersøke spesifikt gjensidige effekter av å dyrke laks og makroalger i et integrert anlegg.

Forskningsskissa, som ble lagt fram for prosjektgruppa er derfor målrettet mot en slik konsesjonstype (se Fiskeridirektoratets dokument 'Veiledning for søknad om forsøks- og forskningstillatelse' i vedlegg). I en slik konsesjonstype fokuseres det på lakse-oppdrett, og dette er reflektert i forskningsprioriteringene, dvs. fordeler med å dyrke laks sammen med makroalger, så vel som mulig risiko for fisken i et IMTA-anlegg er særlig belyst.

Mens også alle aspekter rundt alge-dyrking (fordeler og mulige ulemper med å dyrke alger integrert med fisk i motsetning til i monokultur) er like viktige for å bygge kunnskap rundt IMTA, er disse problemstillingene sekundær i forhold til en FoU-søknad for laks, siden makroalge-dyrking per i dag er ikke en del av forvaltnings-regelverket for akvakultur i Norge.

8.1 Søknad om forsøks- og forskningstillatelse (FoU-konsesjon, ref. veileder fra Fiskeridirektoratet)

Følgende element i veilederen til FoU-konsesjon er sentral for utforming av et forskningsprogram tilpasset en slik konsesjonstype:

- «Intensjonene bak tildeling av forsøks- og forskningstillatelser er å gi rom for viktige forskningsprosjekter som kan bringe norsk oppdrettsnæring fremover.»
- «FoU-tillatelser[...]skal bidra til å utvikle kunnskap som kommer akvakulturnæringen til gode, blant annet om driftsformer, teknologi, biologi, ernæring, fiskehelse og fiskevelferd.»
- «Forsøks- og forskningstillatelser tildeles kun gjennom laksetiltingsforskriften og kan bare gis til oppdrett av matfisk av laks, ørret og regnbueørret.»
- «Ved søknader som omfatter nytt teknisk konsept eller utstyr er det viktig at det fremgår av beskrivelsen hva som skiller dette anlegget fra eksisterende anlegg, og at det pekes på hvilke fordeler dette har framfor andre.»
- «...Forsøks- og forskningstillatelsene er tidsbegrenset, og at varighet vurderes individuelt i forhold de forsøk som skal gjennomføres. Forsknings- resultatene fra anlegg basert på denne tillatelsestypen er allment tilgjengelige, og rapporteres årlig til fiskerimyndighetene.»

8.2 Forskningsprogram – skissert for FoU-konsesjonssøknad

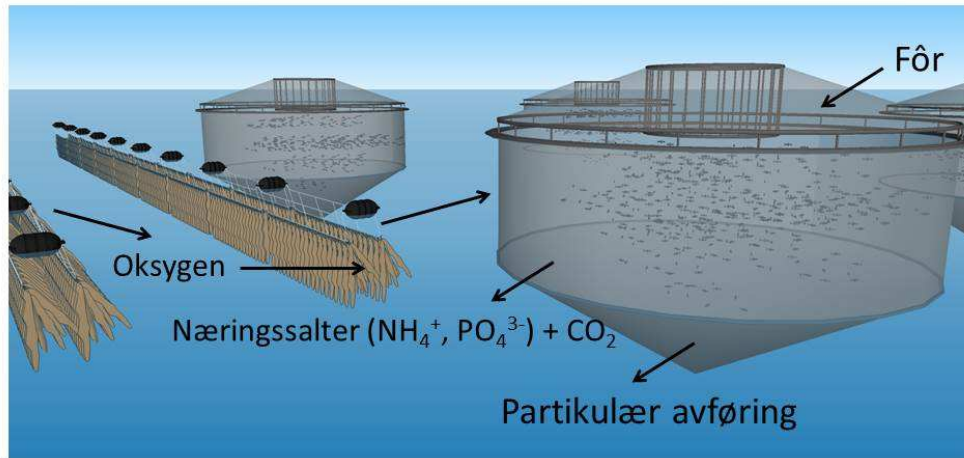


Fig. 8.1: Konseptskjema for IMTA-anlegg med fiske- og makroalgeproduksjon og transport av næringsalter, partikulær materiale og oksygen. Pierrick Stévant, MF, 2014.

Utgangspunkt er en FoU-konsesjonssøknad om lakseoppdrett med mål om å opprette et IMTA-anlegg (se fig. 8.1.). Bakgrunnen er ambisjon for å optimalisere ressursbruk i fiskeoppdrett, dvs.:

- Gjenvinning av næringsalter, fôrspill og avføring fra fisken (bruk av 'avfall' som ressurs)
- Ny verdiskapning gjennom nye produkt (fra andre arter dyrket på samme ressursgrunnlaget)
- Økonomisk lønnsomhet
- Effektiv drift
- Økologisk og økonomisk bærekraft

Siden FoU-søknaden er fokusert på **lakseoppdrett** (veileder Fiskeridirektoratet), står også forskningsbehov rundt oppdrettslaksen (i IMTA-anlegg) sentralt. Det skisseres et forskningsprogram med varighet over 10 år, bygget opp i forskjellige trinn (I-IV) – se fig 8.2.

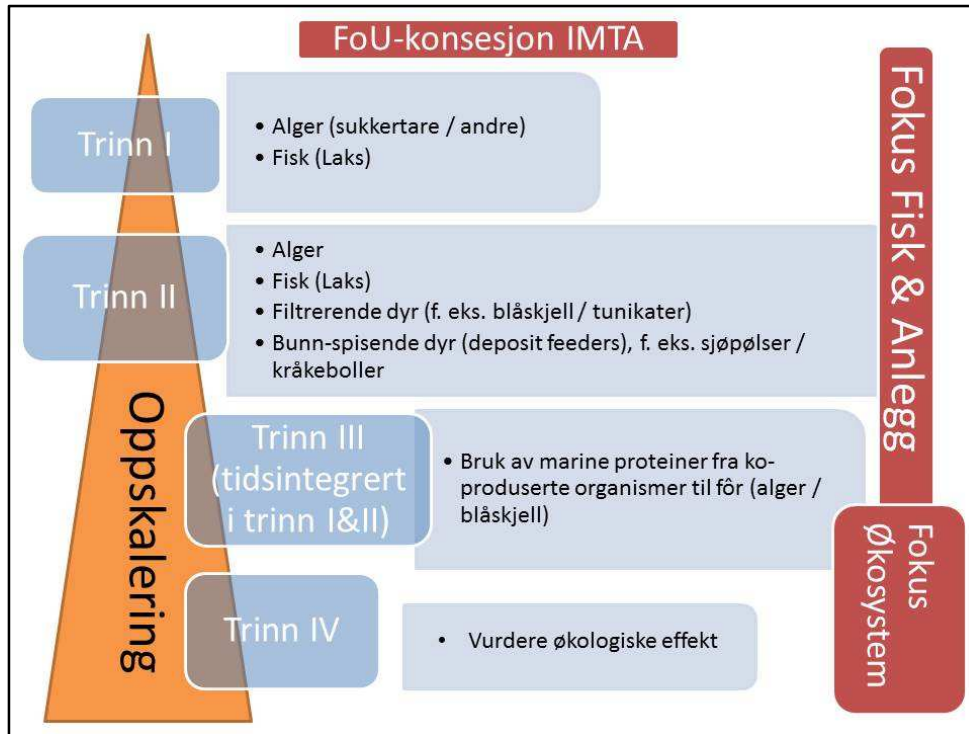


Fig. 8.2. Konsept-diagram for FoU-konsesjon med IMTA-oppdrett av laks. Trinnvis gjennomføring, samlet periode av ca. 10 år. Se tekst for detaljer.

Det legges her fram prinsippene til en slik søknad, men disse må tilpasses nærmere etter behov og rammevilkår. Faktorer, som vil vesentlig forandre utformingen av forskningsprogrammet (men ikke prinsippene) inkluderer:

- Antall anlegg som samkjører søknad om FoU-konsesjon til bruk i IMTA-oppdrett (dette gir mulighet for replikasjon i forsøk og et integrert forskningsprogram på tvers av lokaliteter og anlegg)
- Særegenheter til lokalisering
- Flexibilitet i forhold til driftsformer
- Pågående annen forskning på anlegg
- Mulig fordeling av forskningsfokus & -risiko på forskjellige konsesjoner / lokaliteter / bedrifter

Argumentasjons-prinsippene i et forskningsprogram bygges på flere hovedpunkt. Med å dyrke andre arter enn fisk i nærheten av et oppdrettsanlegg kan en forvente effekter på fisken og på anleggsdrift. Siden metoden er ny, skal en vise både

- På hvilken måte integrert oppdrett **har positive effekter** på fisken sammenlignet med en monokultur og
- at dyrking av tare (og senere andre arter) i nærheten til fiske-oppdrettsanlegg **IKKE har negative** effekter på fisken

I siste trinn er det lagt opp til å inkludere forskning på økosystemet rundt anlegget (fig. 8.2). Mens en tar utgangspunkt i biologiske, fiskehelse og miljø-spørsmål i forskningen, må anleggsdrift, økonomi og marked, pluss samfunnsrelevante faktorer bli en del av et helhetlig forskningsprogram.

Et overordnet mål om bærekraftig integrert oppdrett inkluderer biologi/økologi, økonomi og sosiale faktorer.

Prinsippene i forskningsprogram trinn I-III:

1. Teste / påvise forventede positive effekter av IMTA på fisken

- Forbedret vannkvalitet til fisken med tare-dyrking i nærheten
Vannkvalitet i og rundt oppdrettsmerdene er forventet til å bli bedre med makroalgeproduksjon i nærheten enn uten, fordi (i) algene produserer et overskudd av oksygen og (ii) reduserer næringssaltinnhold i vannet rundt anlegget.
- Reduksjon lakselus på fisken
Her kan det tenkes forskjellige mekanismer hvordan et tare-dyrkingsanlegg ved oppdrettsmerd vil bidra til å redusere antall og konsentrasjon lakselus på fisken:
 - (i) Tarebeltet vil forandre strømningsforhold og skape turbulens på overflate, hvor lus-larvene oppholder seg. Dermed forventer en nedgang av antall lakselus-larver som rekker anlegget
 - (ii) Tarebeltet tiltrekker seg andre organismer (f. eks. filtrerende dyr som tunikater og blåskjell, men også reker og små fisk) - i påvekst på tau, som vil ha potensiale til å redusere antall larver i vannet som rekker oppdrettsmerd. *(Her kan det tenkes å supplere med et opplagt «filtrerer-beltet» for å øke en slik effekt).*
 - (iii) Tareanlegget vil med tilvekst av taren gir livsrom (habitat) til rensefisk (leppefisk, rognkjeks), slik at man kan evt. bruke tarebeltet som «oppdretts»-område for disse og inkludere høsting av rensefisk fra tare under tarehøsting. Rensefisken kan så settes ut i merd.

2. Påvise at / teste om alge-dyrking (senere andre arter) i lag / i nærheten av fiskeoppdrettsanlegg IKKE påvirker fisken negativ.

- Smitte-reservoarer (virus/ bakterie-sykdom) bl. taren
Siden alge-dyrkingsanlegget vil til en viss grad danne et naturlig habitat / økosystem (se oppe), kan det også tenkes at ikke-ønskete smitte bærere til fisken tiltrekkes, dvs. at fisken blir i større grad utsatt til smitte-reservoarer for virus og bakterie-sykdom. Det er viktig å måle forekomst av smittebærere og teste mulige overføringsmekanismer til fisken fra alge-anlegget.
- Risiko for lakselus-smitte
Det samme gjelder risiko for smitte med lakselus. Her tyder mye på at effekten av makroalger på bestand av lakselus-larver er negativ, dvs. larvene blir redusert, men dette må testes.
- Strømforhold / vannkvalitet
Utenom næringssalter og spesielt ammonium, som makroalger er veldig effektive å ta opp, er det spesielt oksygen, som står i fokus for vannkvalitet til fisken.
Siden makroalger produserer oksygen kun med dagslys til stede, men bruker oksygen om natten, er det viktig å måle den totale oksygenbalansen og vannkvalitet for fisken (oksygeninnhold) i et IMTA-system. I tillegg kan det tenkes at makroalger reduserer strømhastighet og dermed tilgang til rent sjøvann for fisken. Utenom oksygen er det flere parametere, som bør måles regelmessig for å kontrollere effekten av vannkvalitet for fisken, inkludert produksjon på fisk (vekst / biomasse), velferd (dødelighet, stress, sykdom, immunforsvar, andre)
- Opp-skalering
Per i dag finnes det ingen full-skala, dvs. kommersiell-skala algedyrkingsanlegg i Norge, hverken integrert eller monokultur. Et viktig element i et FoU-konsepjon forskningsprogram vil være å teste

effekten av et full-skala alge-anlegg i en IMTA-sammenheng. Spesielt økologiske effekter kan ikke forventes å forholde seg linear til oppskaleringen.

3. Påvise at / teste om alge-dyrking (senere andre arter) i nærheten av fiskeoppdrettsanlegg IKKE påvirker driftsrutiner / økonomiske faktorer knyttet til drift negativ (eller blir kompensert med positive effekter)

4. Teste effekter av å lukke ressurskretsløp innen IMTA-anlegg videre, f. eks. bruk av marine proteiner fra andre IMTA arter i fiskefôr

I trinn III av forskningsprogrammet (se fig. 8.2) legges det opp til å bruke proteiner fra sam-dyrkede arter (alger, blåskjell, andre) i fiskefôr. Dette vil ha både økonomisk betydning (bedre utnyttelse av ressurser og gjenvinning), men det antydes også at fisken, som er fôret til større grad på marine proteiner har bedre immunforsvar og bedre velferd generelt.

Forutsetninger for å kunne teste påstander 1-5 oppe:

Nøyaktige forskningsprogram for å teste hypotesene rundt et IMTA anlegg innenfor en FoU-konsesjonsramme, er ikke beskrevet her. HVORDAN de enkelte punkt vil bli testet, hvilke parameterne målt osv. må selvfølgelig utarbeides nærmere i et konkret forskningsprogram. Også temaet om opp-skalering (se fig. 8.2) er viktig å ta med i en slik planlegging – hva og hvordan man vil teste vil være avhengig av dimensjonering til anlegget.

Følgende forutsetninger vil gjelde uansett detaljnivå:

➤ **I bunnen til de fleste testene vil ligge en sammenligning av fisk-monokultur med et IMTA anlegg over lengre tid**

For å kunne få fram pålitelige forskningsresultat er det viktig med replikasjon i både rom og tid og helst begge deler!! Det betyr at man gjennomfører målinger og testing samtidig på anlegg med og uten tare i nærheten og helst gjentar forsøkene i flere år på rad.

Dette vil være mye lettere å gjennomføre om flere oppdrettsanlegg er med på laget, sånn at man kan legge opp til et INTEGRERT forskningsprogram med geografisk variasjon.

➤ **I forhold til algedyrkings-anlegget forventes det fleksibilitet / muligheter for testing av**

- (i) Plassering i område
- (ii) Konfigurasjon (dybde, avstand til fiske-merd, avstand mellom tau, total areal, total tetthet, utsettelestidspunkt, materiale, mm)

For å gjennomføre et fullt FoU-program til et IMTA-anlegg basert på FoU-konsesjoner, burde en legge til rette for et basisovervåkningsprogram for en del parametere relatert til vannkvalitet (se oppe) i tillegg til parametere knyttet til fiskeproduksjon, som uansett blir målt regelmessig.

Flere av de andre skisserte forsknings-spørsmålene (se 1-4 oppe) må undersøkes i dedikerte forskningsprosjekt, der rammene rundt defineres videre.

9 REFERANSER

1. Statistisk Sentralbyrå, (2013), *Akvakultur, 2012, endelige tall*. 2013 [cited 2014 20.03]; Available from: <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett>.
2. Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y. and Skjeremo, J. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*.
3. FHL. (2012). *Sjømat 2025 - hvordan skape verdens fremste havbruksnæring*.
4. Neori, A., Troell, M., Chopin, T., Yarish, C., Critchley, A. and Buschmann, A., (2007). *The need for a balanced ecosystem approach to the Blue Revolution in aquaculture*. Environment. **49**(3): p. 36-43.
5. Bellona. (2013). *Tradisjonelt og Integrert Havbruk - Dagens utfordringer og morgendagens løsninger*. Bellona rapport
6. Chopin, T., (2006). *Integrated Multi-Trophic Aquaculture, What it is, and why you should care..., and don't confuse it with polyculture*, in *Northern Aquaculture*. Peter Chettleburgh (eds).
7. Holdt, S.L. and Kraan, S., (2011). *Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation*. Journal of Applied Phycology. **23**(3): p. 543-597.
8. Chopin, T., Robinson, S., Sawhney, M., Bastarache, S., Belyea, E., Shea, R., Armstrong, W., Stewart, I. and Fitzgerald, P., (2004), *Bulletin of the Aquaculture association of Canada*. 104, 3.
9. Mao, Y., Yang, H., Zhou, Y., Ye, N. and Fang, J., (2009). *Potential of the seaweed *Gracilaria lemaneiformis* for integrated multi-trophic aquaculture with scallop *Chlamys farreri* in North China*. Journal of Applied Phycology. **21**(6): p. 649-656.
10. Abreu, M.H., Varela, D.A., Henríquez, L., Villarroel, A., Yarish, C., Sousa-Pinto, I. and Buschmann, A.H., (2009). *Traditional vs. Integrated Multi-Trophic Aquaculture of *Gracilaria chilensis**. C. J. Bird, J. McLachlan & E. C. Oliveira: *Productivity and physiological performance*. Aquaculture. **293**(3-4): p. 211-220.
11. Sanderson, J.C., Dring, M.J., Davidson, K. and Kelly, M.S., (2012). *Culture, yield and bioremediation potential of *Palmaria palmata* (Linnaeus) Weber & Mohr and *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders adjacent to fish farm cages in northwest Scotland*. Aquaculture. **354-355**: p. 128-135.
12. Abreu, M.H., Pereira, R., Yarish, C., Buschmann, A.H. and Sousa-Pinto, I., (2011). *IMTA with *Gracilaria vermiculophylla*: Productivity and nutrient removal performance of the seaweed in a land-based pilot scale system*. Aquaculture. **312**(1-4): p. 77-87.
13. Handå, A., Forbord, S., Wang, X., Broch, O.J., Dahle, S.W., Størseth, T.R., Reitan, K.I., Olsen, Y. and Skjeremo, J., (2013). *Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway*. Aquaculture. **414-415**: p. 191-201.
14. Neori, A., Msuya, F.E., Shauli, L., Schuenhoff, A., Kopel, F. and Shpigel, M., (2003). *A novel three-stage seaweed *U lactuca* biofilter design for integrated aquaculture*. Journal of Applied Phycology. **15**: p. 543-553.
15. Cromey, C.J., Nickel, T.D. and Black, K.D., (2002). *DEPOMOD - Modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms*. Aquaculture. **214**: p. 211-239.
16. Olsen, Y. and Olsen, L.M., (2008). *Environmental impact of aquaculture on coastal planktonic ecosystems*, T.K. K. Tsukamoto, T. Takeuchi, T. D. Beard, Jr. and M. J. Kaiser, (eds.) Fisheries for global welfare and environment. Proc 5th World Fisheries Congress 2008, Editor. Terrapub: Tokyo. p. 181-196.
17. Sjøtun, K., Christie, H., Dale, T., Skjoldal, H.R., Husa, V., Olsen, Y. and Fredriksen, S. (2011). *Vurdering av eutrofieringssituasjonen i kystområder, med særlig fokus på Hardangerfjorden og Boknafjorden*.

18. Riskin, S.H., Small, G., Mikkelsen, R., Metson, G., Bateman, A., Coopwer, J., Hanserud, O.S., Haygarth, P.M., Laspoumaderes, C., McCrackin, M. and Remington, S., (2013). *Phosphorus in urban and agricultural landscapes in Phosphorus Food and our Future*, J.R.C. Karl A. Wyant, James J. Elser, Editor. Oxford University Press.
19. Ashley, K., Cordell, D. and Mavinic, D., (2011). *A brief history of phosphorus: from the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse*. Chemosphere. **84**(6): p. 737-46.
20. Wang, X., Broch, O.J., Forbord, S., Handå, A., Skjeremo, J., Reitan, K.I., Vadstein, O. and Olsen, Y., (2013). *Assimilation of inorganic nutrients from salmon (*Salmo salar*) farming by the macroalgae (*Saccharina latissima*) in an exposed coastal environment: implications for integrated multi-trophic aquaculture*. Journal of Applied Phycology.
21. Hordaland Fylkeskommune, *Statistikk området - Fiskeoppdrett - Oppdrett av laks og aure*. [cited 2014 20.03]; Available from: <http://statistikk.igest.no/hf/>.
22. Wang, X., Olsen, L.M., Reitan, K.I. and Olsen, Y., (2012). *Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture*. Aquaculture Environment Interactions. **2**(3): p. 267-283.
23. Chung, I.K., Beardall, J., Mehta, S., Sahoo, D. and Stojkovic, S., (2011). *Using marine macroalgae for carbon sequestration: a critical appraisal*. Journal of Applied Phycology. **23**(5): p. 877-886.
24. Chung, I.K., Oak, J.H., Lee, J.A., Shin, J.A., Kim, J.G. and Park, K.S., (2013). *Installing kelp forests/seaweed beds for mitigation and adaptation against global warming: Korean Project Overview*. ICES Journal of Marine Science. **70**(5): p. 1038-1044.
25. Pedersen, M.F., Nejrup, L.B., Fredriksen, S., Christie, H. and Norderhaug, K.M., (2012). *Effects of wave exposure on population structure, demography, biomass and productivity of the kelp *Laminaria hyperborea**. Marine Ecology Progress Series. **451**: p. 45-60.
26. Andersen, S., Strand, Ø. and Strand, H.K. (2012). *Marin karbonfangst og matproduksjon*. Rapport fra Havforskningen [cited 25].
27. Christie, H., Jørgensen, N.M., K.M., N. and Waage-Nielsen, E., (2003). *Species distribution and habitat exploitation of fauna associated with kelp (*Laminaria hyperborea*) along the Norwegian coast*. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **83**(4181): p. 1-13.
28. FAO Fisheries and Aquaculture Department. (2010). *The State of World Fisheries*. Available from: <http://www.fao.org/docrep/013/i1820e/i1820e01.pdf>.



MØREFORSKING

MØREFORSKING MARIN
Postboks 5075, NO-6021 Ålesund

Telefon +47 70 11 16 00
Telefaks +47 70 11 16 01

epost@mfaa.no
www.moreforsk.no



**HØGSKOLEN
I ÅLESUND**

HØGSKOLEN I ÅLESUND
Serviceboks 17, NO-6025 Ålesund

Telefon +47 70 16 12 00
Telefaks +47 70 16 13 00

postmottak@hials.no
www.hias.no