

# Tare dyrking - mulige miljøeffekter, synergier og konflikter med andre interesser i kystsonen



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Danmark**

Njalsgade 76, 4. sal  
2300 København S, Danmark  
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Tare dyrking - mulige miljøeffekter, synergier og konflikter med andre interesser i kystsonen	Løpenummer 7265-2018	Dato 11.04.2018
Forfatter(e) Kasper Hancke, Trine Bekkby, Mona Gilstad (RMS), Annelise Chapman (Tango Seaweed) og Hartvig Christie	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Kyst	Sider 37

Oppdragsgiver(e) Herøy kommune	Oppdragsreferanse RFF prosjektnummer 272105
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17247

<p>Sammendrag</p> <p>Man ønsker å allerede tidlig i utviklingen av tareindustrien ha fokus på miljøeffekter, både i vannmassene og på havbunnen. Per i dag må vi nøye oss med å vurdere miljøeffekter av kommersiell tare dyrking og tilknyttede anlegg ut fra en generell forståelse av de naturlige kystnære marine økosystemer, da kunnskapen tilknyttet spesifikke effekter av tare dyrking er veldig begrenset, selv internasjonalt. Målet med denne rapporten har vært å bidra til å øke kunnskapsgrunnlaget om mulige positive og negative effekter av kommersiell tare dyrking på marint miljø og å diskutere synergier og konflikter med andre interesser i kystsonen. Rapporten er en del av prosjektet «KOM TIL TARE – Kommunal tilrettelegging for tare dyrking i kystsonen».</p>
---

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tare dyrking</li> <li>2. Miljøeffekter</li> <li>3. Synergier og konflikter</li> <li>4. Anbefalinger</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kelp farming</li> <li>2. Environmental effects</li> <li>3. Synergies and conflicts</li> <li>4. Recommendation</li> </ol>
--	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:



Kasper Hancke  
Prosjektleder



Mats G. Walday  
Forskningsleder

## **Tare dyrking**

- mulige miljøeffekter, synergier og konflikter med andre interesser i kystsonen

## Forord

Denne rapporten er et produkt fra arbeidspakke 2 i prosjektet «KOM TIL TARE – Kommunal tilrettelegging for tare dyrking i kystsonen». Prosjektet skal hjelpe kommunale og statlige forvaltere med tilrettelegging for makroalgedyrking i kystsonen, samt informere tare dyrkere og andre interessenter innen den voksende tare dyrkingsindustrien. Målet med arbeidspakke 2 har vært å identifisere potensielle miljøeffekter, synergier og arealkonflikter av tare dyrkingsanlegg med andre interesser i kystsonen. Herøy Kommune i Møre og Romsdal har tatt initiativet til prosjektet. Prosjektgruppen har bestått av forskningspartnere (NIVA og Runde Miljøsenters), næringsaktører (tare dyrkere, Tango Seaweed AS og Arctic Seaweed AS) og forvaltningsmyndigheter (Herøy kommune). Prosjektet har vært ment å ha konkret og praktisk betydning lokalt og regionalt, og er forventet å bidra til langsiktig bærekraftig utvikling av tare næringen i Norge.

Annelise Chapman, har vært prosjektleder. Kasper Hancke har vært NIVAs prosjektleder og leder av arbeidspakke 2. Prosjektet er finansiert av de Regionale Forskningsfond (RFF, prosjektnummer 272105).

Oslo, 11.04.2018

*Kasper Hancke*

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Dagens tang- og tareyrking i Norge .....</b>	<b>10</b>
2.1	Om tang og tare .....	10
2.2	Dagens tareyrking i Norge .....	10
2.3	Pågående forskningsprosjekter .....	11
<b>3</b>	<b>Mulige effekter av tareyrking på marint miljø.....</b>	<b>12</b>
3.1	De frie vannmassene .....	12
3.2	Bunnsystemene.....	14
3.3	Tareyrkingsanlegg som kunstig rev.....	16
3.4	Marin forsøpling fra tareyrkingsanlegg.....	18
<b>4</b>	<b>Synergier og konflikter i kystsonen .....</b>	<b>19</b>
4.1	Arealtilgang.....	19
4.2	Arter, biologisk mangfold og naturtyper .....	19
4.3	Akvakultur, med fokus på fiskeoppdrett .....	19
4.4	Fiske-, kaste- og låsettingsplasser .....	21
4.5	Skipstrafikk, ferdsel og farleder .....	21
4.6	Rekreasjon, inkludert friluftsliv, reiseliv og fritidsfiske .....	21
4.7	Industrianlegg, utslippspunkter og renseanlegg.....	22
<b>5</b>	<b>Kriterier og perspektiver for dagens tareyrking.....</b>	<b>22</b>
5.1	Beslutningsgrunnlaget.....	22
5.2	Konsekvensutredning av tareyrking.....	23
5.3	Myndighetenes kriterier for behandling av konsesjonssøknader.....	23
5.4	Tareyrkernes perspektiver på miljøeffekter, synergier og konflikter .....	24
<b>6</b>	<b>Konklusjon, behov for videre forskning og anbefalinger til forvaltningen.....</b>	<b>25</b>
6.1	Konklusjon og behov for videre forskning.....	25
6.2	Anbefalinger til forvaltningen.....	27
<b>7</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>33</b>
8.1	Enkel modellering av et områdes egnethet for tareyrking.....	33

## Sammendrag

Arealtilgangen på havet er større enn på landjorda, og makroalgers (tang og tare) vekstrate kan overgå plantenes vekstrate på land. En økning i mat- og råstoffproduksjon ved hjelp av tang og tare kan derfor være et bidrag til å avlaste jordbruksareal og dermed løse noen av oppgavene verden står overfor med tanke på klodens økende befolkning og ressurssetterspørsmål. Tang og tare har blitt utnyttet industrielt i Norge i flere tiår, basert på høsting av viltvoksende ressurser. Den første kommersielle lisensen for dyrking av tare i Norge kom i 2014. Siden den gangen har antall konsesjoner økt kraftig. Med sin lange kystlinje har Norge en unik mulighet til å lykkes med industriell tareindustri, men de siste 10-15 årene har vi sett økt konkurranse om arealene i kystsonen og ulike og til dels motstridende interesser og hensyn. Både forvaltning og næring ønsker å allerede tidlig i utviklingen av tareindustrien ha fokus på mulige miljøeffekter, både i vannmassene og på havbunnen, og å forstå effekten av taredyrkingsanlegg på kystnær marine økosystemer. Per i dag må vi nøye oss med å vurdere miljøeffekter av taredyrkingsanlegg ut fra en generell forståelse av de naturlige økosystemene, da kunnskapen tilknyttet spesifikke effekter av taredyrking er veldig begrenset, selv internasjonalt. Målet med denne rapporten har vært å bidra med å øke kunnskapsgrunnlaget om mulige *positive* og *negative* effekter av kommersiell taredyrking på marint miljø og å diskutere synergier og konflikter med andre interesser.

Det er viktig å forstå at dyrking av tare er vesentlig forskjellig fra fiskeoppdrett. Det tilsettes ikke gjødsel eller andre stoffer til vannmassene for å fremme dyrking av tare. Men taredyrking krever store overflatearealer. Kunnskap som denne er viktig for at forvaltning og planlegging skal kunne tilpasses denne næringen og hvordan den utvikler seg. Tare opptar næringsstoff og CO<sub>2</sub> fra vannmassene, slipper ut organisk materiale og oksygen, samt skiller ut løst organisk materiale. Ved mindre anlegg kan man med rimelighet anta at disse prosesser tilsvarer det som foregår i den naturlige tareskogen langs kysten. Ved mer intensiv dyrking kan tare bidra til økt konkurranse om tilgjengelige næringsstoffer, samt bidra med betydelig mengde organisk materiale som kan tenkes å bidra positivt til økt biologisk rikdom eller negativt til økt eutrofiering. De store arealene som kreves for intensiv taredyrking synes å kunne være en utfordring for planlegging og forvaltning. I denne rapporten har vi oppsummert de faglige problemstillingene som vi i dag står overfor når det gjelder mulige interaksjoner mellom taredyrking og annen arealbruk i kystmiljøet. Siden dette er en ny næring der forskning og utvikling foreløpig er på et begynnerstadium, vil det være naturlig å legge opp til en adaptiv forvaltning. Det betyr at forvaltningen må tilpasses etter hvert som næringen utvikler seg og kunnskapen øker. Samarbeid mellom forskning, forvaltning og næringsaktører er viktig for å følge utviklingen, for å ta vare på våre naturlige marine økosystemer og for å sikre en sunn og bærekraftig næringsutvikling.

## Summary

Title: Kelp farming – possible environmental effects, synergies and conflicts with other interests in the coastal zone

Year: 2018

Author(s): Kasper Hancke, Trine Bekkby, Mona Gilstad, Anne-Lise Chapman, Hartvig Christie.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577- 7000-6

Larger areas are available at sea than on land, and the growth rate of macroalgae (seaweed and kelp) exceeds that of terrestrial plants. An increase in food and raw material production by means of seaweed and kelp can therefore contribute to solve some of the tasks the world is facing in view of a globally growing population. Seaweeds and kelp have been utilized commercially in Norway for decades, mainly through harvesting of naturally growing resources. The first commercial license for kelp cultivation in Norway came in 2014. Since then, the number of licenses has increased markedly. With its long coastline, Norway has a unique opportunity to succeed with commercial kelp industry, but for the last 10-15 years there has been an increased competition for areas in the coastal zone, with various and partly contradictory interests and considerations. Generally, an increased focus on environmental effects is on the political agenda, and understanding the impact of kelp cultivation on coastal marine ecosystems is of essence, both regarding the water masses and the seabed ecosystems. As of today, we are restricted to consider potential environmental impact of kelp cultivation based on a general understanding of the natural ecosystems, as understanding of the impact of kelp cultivation on natural ecosystems are very limited, even internationally. The aim of this report has been to increase the knowledge on the potential positive and negative effects of kelp cultivation on the marine environment and to discuss synergies and conflicts with other interests in the coastal zone.

Essentially, cultivation of kelp is significantly different from fish aquaculture, as no feed, fertilizers or other substances is added to the water masses to promote cultivation of kelp. However, kelp cultivation requires large surface areas. This is important for coastal managers and planners to know in order to facilitate adaptive management strategies. Kelp absorbs nutrients and CO<sub>2</sub> from the water, releasing organic matter and oxygen, as well as exporting dissolved organic matter. At minor kelp farms, one can reasonably assume that these processes correspond to what is taking place in the natural kelp forests along the coast. With more intensive cultivation, kelp can contribute to increased competition for nutrients, as well as contribute with a significant amount of organic matter, which may contribute positively to increased biological wealth or negatively to increased eutrophication. The large areas required for intensive kelp cultivation seem to be a challenge for planning and management. In this report, we have summarized the current issues the industry is facing today regarding possible interactions between kelp cultivation and area use in the coastal zone. As kelp cultivation is a developing and fast-growing industry it is essential that the industry develops in close connectivity with research and environmental management efforts. Thus, we here argue for applying an adaptive management strategy regarding kelp aquaculture. This means that management needs to be adjusted regularly as the industry develops and the scientific knowledge

grows. Cooperation between research, management and business actors is essential to ensure a future business development in a sustainable manner.



# 1 Bakgrunn

Arealtilgangen på havet er større enn på landjorda, og makroalgers (tang og tare) vekstrate kan overgå plantenes vekstrate på land. En økning i mat- og råstoffproduksjon ved hjelp av tang og tare kan derfor være et bidrag til å avlaste jordbruksareal og dermed løse noen av oppgavene verden står overfor med tanke på klodens økende befolkning og ressurssetterspørsmål. Dyrking av akvatiske alger utgjorde i 2015 30,5 mill. tonn av de totalt ca. 100 mill. tonn biomasse som ble produsert fra akvakultur (inkl. fisk), tilsvarende 5,6 mrd. US\$ (FAO, 2016). Omtrent 50 land dyrker nå akvatiske alger og det har vært en dobling av produksjonen det siste tiåret (FAO, 2016). De asiatiske landene dominerer, og produksjonen brukes stort sett til mat og matprodukter til menneskelig konsum, men også til dyrefôr, gjødsel, medisin, kosmetikk og annet (Kjørsvik, 2017). Tang- og tare dyrking forventes å oppfylle målene til en økonomi basert på blå vekst (Gundersen et al., 2016) (Mazarrasa et al., 2014) og årlig produksjon av tang og tare i Norge er anslått til å kunne bli 20 mill. tonn innen 2050, med en årlig verdiskapning på 40 mrd. kr. (Olafsen et al., 2012).

Tang og tare har blitt utnyttet industrielt i Norge i flere tiår, basert på høsting av viltvoksende ressurser (stort sett stortare, *Laminaria hyperborea*, men også grisetang, *Ascophyllum nodosum* og andre arter). Taretråling forvaltes av Fiskeridirektoratet (Havressursloven, 2008). Selv om forvaltningen av tarehøsting i Norge regnes for å være blant de beste i verden (Smale et al., 2013) er den tidvis og stedvis konfliktfylt pga. fjerning av biomasse, tap av biomangfold og mulig påvirkning på erosjon (Smale et al., 2013, Christie et al., 1998, Christie et al., 2003, Lorentsen et al., 2010). Selv om høstingen av tare skulle komme til å utvide seg nordover er det ikke regnet som sannsynlig at dette vil dekke det økende behovet i industrien (Stévant et al., 2017). I Norge startet man derfor i 2005 med eksperimentell dyrking av tare i sjø (Stévant et al., 2017). Da hadde Frankrike, Tyskland, Irland og Skottland allerede hatt noen vellykkede forsøk.

Den første kommersielle lisensen for dyrking av tare i Norge kom i 2014. Siden den gangen har antall konsesjoner økt fra 8 (2014) til 47, fordelt på 28 bedrifter (januar 2018, Fiskeridirektoratet 2016a, 2016b). Disse konsesjonene dekker et samlet areal på omtrent 540 ha (5400 dekar). Den samlede registrerte produksjon i 2016 var på 60 tonn våtvekt, med en estimert kommersiell verdi på 917 kNOK (Fiskeridirektoratet, 2017). I skrivende stund er ikke de offisielle tallene for 2017 tilgjengelig. Dagens produksjonsvolum er et godt stykke fra det maksimale produksjonspotensialet for de eksisterende konsesjonene, som tilsvarer ca. 60 000 tonn (med utgangspunkt i et areal på 540 ha og en gjennomsnittsproduksjon på 110 tonn per ha) (Broch et al., 2016, Broch et al., 2017). Differansen kan forklares med at (i) bare en liten andel av tildelt konsesjonsareal er tatt i bruk, (ii) dagens produksjon per meter tau ligger fortsatt langt under potentialet, der man bl.a. regner med å kunne ha flere høstesykluser per år, og (iii) man forventer at arealet vil bli mye bedre utnyttet med å ta i bruk hele året og større deler av vannsøylen. Dagens samlede produksjon er dermed ganske langt fra det man har beregnet at Norge vil kunne produsere i framtiden, som er estimert til omkring 20 mill. tonn innen 2050 (Olafsen et al., 2012).

Med sin lange kystlinje har Norge en unik mulighet til å lykkes med industriell tareindustri (Skjeremo et al., 2014). Men de siste 10-15 årene har vi sett økt konkurranse om arealene i kystsonen og ulike og til dels motstridende interesser og hensyn som kan føre til uenighet om disponering av arealer. Ressursene i kystsonen får stadig større betydning for næringsaktivitet og verdiskaping, en utvikling som forventes å fortsette. Stadig nye aktører vil bruke kystsonen til for eksempel vindkraft, reiseliv og fisketurisme, mens andre vil verne av hensyn til biologisk mangfold og naturverdi, til forskning (referanseområder) eller av rene estetiske hensyn. Planlegging og forvaltning av sjøarealer er forskjellig fra landarealene. Fraværet av privat eiendomsrett har gjort sjøen til et flerbruksområde styrt av sektormyndigheter, sektorlover og regionale og kommunale myndigheter.

Veksten i akvakultur av fisk har gjerne gitt bekymringer pga. utslipp av næringsstoffer til kystområdene, noe som kan påvirke lokalmiljøet negativt og lede til eutrofieringsproblemer (Buschmann et al., 2006). Man har derfor ønsket å ha fokus på miljøeffekter allerede tidlig i utviklingen av tareindustrien, både i vannmassene og på havbunnen, med tanke på anleggenes påvirkning på det naturlige plante- og dyrelivet, samt for spredning av sykdommer og fremmede arter, og mulige interaksjoner med andre interesser i kystsonen.

Denne rapporten er en del av prosjektet KOM TIL TARE – «KOMmunal TILrettelegging for TAREdyrking i kystsonen». Prosjektet har som mål å hjelpe kommunale forvaltere med tilrettelegging for makroalgedyrking i kystsonen. Målet med denne rapporten er å bidra med å øke kunnskapsgrunnlaget om positive og negative effekter av tare dyrking på marint miljø og å diskutere synergier og konflikter med andre interesser. Dette prosjektet har ikke vurdert logistikk eller praktiske aspekter vedrørende dyrking av tang og tare (f. eks. transporttid til mottaksanlegg, transportårer, forankring og vedlikehold av taraanlegg). Vedlegg 8.1 viser en enkel modell for et områdes egnethet for tare dyrking.



**Figur 1.** Tare dyrkingsanlegg ved Frøya i Trøndelag. Taren vokser på tau som er spent ut under vannoverflaten på spesifikke dyp mellom blåser. Blåsene holder tauene oppe til overflaten og sikrer forankring av anlegget. Foto: Seaweed Energy Solutions (SES)/TYD 2016.

## 2 Dagens tang- og tare dyrking i Norge

### 2.1 Om tang og tare

Tang og tare er fototrofe organismer, det vil si at de fungerer på samme måte som planter på landjorden. De får altså sitt energibehov dekket fra sollys og tar opp næringsstoffer og uorganisk karbon (som CO<sub>2</sub> og bikarbonat) fra vannet. Tang og tare trives best i relativt kaldt (under 16-20°C) og næringsrikt vann. Når havvannets innhold av næringsstoffer og uorganisk karbon er tilfredsstillende krever tang og tare ikke tilsatt gjødsel eller annet for å vokse. Langs norskekysten har vi forhold som egner seg for god vekst av tang og tare store deler av året, med lys som trenger ned til 20 til 40 meters dyp, som utgjør den maksimale dybdegrense for naturlig vekst av tang og tare. De naturlige tareskogene er viktige for de kystnære økosystemene, inkludert som viktige leve- og oppvekst-områder for fisk, og bidrar med matforsyning og eksport av organisk materiale til livet også utenfor områder dekket av tareskog, idet avrevet taremateriale eksporteres fra kysten og ut på kontinentalsokkelen og videre ned i dyphavet utenfor den norske sokkelen (Ólafsson, 2017, Krumhansl and Scheibling, 2012b).

### 2.2 Dagens tare dyrking i Norge

Mesteparten av kultiveringsinnsatsen i Norge har vært fokusert på sukkertare (*Saccharina latissima*) pga. denne artens potensial for høy biomasseproduksjon og verdifulle næringsinnhold (Schiener et al., 2015). Kultivering av sukkertare utgjør 96% av den totale produksjonen i Norge, butare (*Alaria esculenta*) de resterende 4%. Dyrking av søl er foreløpig på forskningsstadiet. Fjærehinne, havsalat og andre grønnealger har ikke vært dyrket i sjø i Norge, men ulike forsknings- og produksjonsprosjekter har jobbet mot at disse skal kunne bli aktuelle på lenger sikt (Broch et al., 2016). Fjærehinne dyrkes i stor skala i Asia og havsalat/andre grønnealger er regnet som godt egnet for landbaserte anlegg, selv om eksempler fra Nederland viser at de også kan være aktuelle å dyrke i sjøen (Van Leeuwen, 2017).



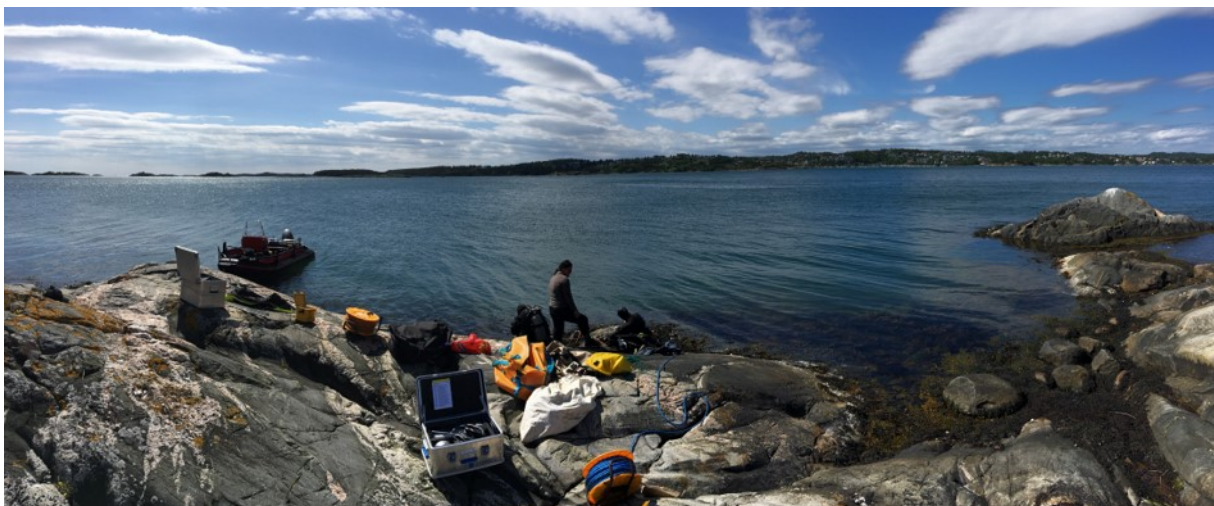
**Figur 2.** Individ av sukkertare (*Saccharina latissima*) fra naturlig tareskog som er høstet for analyse av vekst og innhold av næringsstoff og karbon. Taren er ca. 2 m lang. Foto: NIVA/Kasper Hancke.

Per i dag tilføres tare dyrkingsanlegg ikke næringsstoffer eller annet for å fremme vekst (i motsetning til fiskeoppdrettsanlegg). Plasseringen av anleggene med hensyn til gode miljøforhold er derfor svært viktig for optimal vekst. For dyrking av tare i havet festes taren typisk på horisontale strukturer (som

regel tau, men faste strukturer er også testet, slik som PVC-rør og lignende) i de øvre 2-10 m av vannsøylen, for å sikre rikelig tilgang på lys (Broch et al., 2016). Når de andre variablene, slik som næringsstoffer, temperatur, saltholdighet, og vannbevegelse er tilfredsstillende kan man oppnå god vekst av taren (se tabell på s. 25 i Broch m. fl. 2016). Det finnes dokumentasjon for vekst av dyrket tare for sukkertare (*Saccharina latissima*, f. eks. Sanderson et al., 2012, Forbord et al., 2012, Handå et al., 2013b, Reid et al., 2013), fingertare (*Laminaria digitata*, Edwards and Watson, 2011), butare (*Alaria esculenta*, Reid et al., 2013, Arbona and Molla, 2006), søl (*Palmaria palmata*, Werner and Dring, 2011), fjærehinne (*Porphyra umbilicalis*, Blouin et al., 2011, Lavik, 2016) og havsalat (*Ulva lactuca*, Nielsen et al., 2012).

### 2.3 Pågående forskningsprosjekter

Hensyn til miljø, effektiv teknologi og tilgang til store nok arealer er viktige forutsetninger for at tang- og tareindustrien skal bli en suksessrik næring i årene som kommer (Stévant et al., 2017). Per i dag må vi nøye oss med å vurdere miljøeffekter av tare dyrkingsanlegg ut fra en generell forståelse av de naturlige økosystemer, da kunnskapen tilknyttet spesifikke effekter av tare dyrking er veldig begrenset, selv internasjonalt. En rekke pågående forskningsprogrammer skal hjelpe til med å sikre en fremtidig bærekraftig industri, både økonomisk og miljømessig. Mye innsats legges for tiden i effektive dyrkingsstrategier for ulike arter med håp om å optimalisere vekst/produksjon, samt å utvikle teknologi for effektiv utsåing, høsting og produkthåndtering. Dette skjer blant annet innen prosjektene MACROSEA (2016-2019, [www.sintef.no/projectweb/macrosea](http://www.sintef.no/projectweb/macrosea)) og PROMAC (2015-2018, [www.promac.no](http://www.promac.no)). Forskningsprosjektet KELPPRO (2017-2020, [www.kelppro.net](http://www.kelppro.net)) fokuserer på potensielle positive og negative innvirkninger av tare dyrking på naturlige tareskoger og miljøet langs kysten, samt bidrar med beregninger og kvantitative vurderinger av effekter av tare dyrking ut fra anleggsstørrelse, produksjonsomfang, beliggenhet, drift med mer.



**Figur 3.** Vitenskapelige SCUBA dykkeundersøkelser i naturlig tareskog. Foto: NIVA/Kasper Hancke.

## 3 Mulige effekter av tare dyrking på marint miljø

Industriell tare dyrking eller storskala produksjon av tare kan påvirke lokale og regionale økosystemer. Dette kan skje gjennom en rekke forhold, 1) tilstedeværelsen av tareanlegg kan påvirke tilgangen til lys og næringsstoff for andre organismer i de frie vannmasser eller på bunnen, 2) anlegg og tare kan fysisk påvirke vannstrøm, bølgebevegelse og vannutskifting, 3) tilgangen på mat/næring (organisk materiale) kan endres for dyr i vannmassene og på bunnen, 4) tare dyrking kan påvirke bestanden av larver og juvenile stadier av alger og dyr, med betydning for spredning av uønskede arter, rekruttering og økologi, og 5) tareanlegg kan spille en rolle for spredning av sykdom, både på tare og andre alger og dyr.

Dyrking av tare i stor skala kan påvirke et økosystem lokalt og/eller regionalt, avhengig av størrelsen på anlegget, beliggenhet, drift og funksjon. Et økosystem kan for eksempel endres radikalt hvis behovet/opptaket av næringsstoffer overstiger forsyningen, noe som vil føre til økt konkurranse mellom arter, med en påfølgende nedgang eller kollaps i de tapende organismene eller bestandene. Omvendt kan mer tilførsel av organisk materiale medføre vekst av arter som tidligere hadde en ubetydelig rolle i systemet, men som ved økt tilgang til mat/næring får mulighet for å dominere.

### 3.1 De frie vannmassene

#### Lystilgang i vannmassene

Tare i effektive dyrkingsanlegg vil absorbere deler av lyset i overflatevannet, og dermed begrense tilgjengeligheten av lys for lysavhengige organismer (mikro- og makroalger) i vannsøylen. Dermed vil primærproduksjonen reduseres, dvs. produksjonen av organisk stoff med sollys som energikilde, som utgjør næringsgrunnlaget for resten av næringsnett. Dette vil blant annet påvirke bestanden av zooplankton, larver og andre organismer som lever av organisk stoff produsert av mikro- eller makroalger. Storskala tareanlegg vil også kunne virke dempende på vannstrømmer, bølgebevegelser og vannutskifting lokalt og dermed minke dynamikken i sjøen og utskiftingen av vannmasser, næringsstoffer og organismer som lever fritt i disse. Dette vil igjen kunne påvirke for eksempel forsyningen av friskt vann til indre fjorder eller endre bølgeeksponeringsforholdene for dyr og alger tilpasset mye eksponering.

#### Opptak av næringsstoffer i vannmassene

Under vekst tar tare opp uorganiske næringssalter fra vannet, spesielt nitrogen (N) og fosfor (P), som brukes til å bygge nytt vev, kalt biomasse (Handå et al., 2013b). Næringsinnholdet i vannmassene vil da reduseres tilsvarende, noe som vil gjøre den lokale tilgjengeligheten av næringsstoffer i de frie vannmassene mindre. Dette kan, hvis det er begrenset med næring, virke *negativt* inn på veksten av naturlige bestander av alger. Samme prosess kan også gjøre seg gjeldende internt i et tareanlegg, dvs. at taren tar opp mer næringsstoffer enn det som tilføres og dermed begrenser tareveksten internt i anlegget. Begrepet kalles «næringsstoffselvskygging». For alger utenfor anlegget kan det bety en

konkurransesituasjon, der de naturlige algebestandene påvirkes negativt med påfølgende effekter på næringsgrunnlaget høyere oppe i næringsnett og dermed strukturen og funksjonen til økosystemene i vannmassene. I stor skala og i ytterste konsekvens kan tare dyrking ha innvirkning på annen marin produktivitet og grunnlaget for høsting av marine ressurser som f. eks. fisk, krabbe og zooplankton.

Opptak av næringsstoff i tare trenger ikke nødvendigvis å ha en negativ effekt, den kan også virke *positivt*. Tareanlegg vil kunne ha et potensiale for å ta opp næringsstoffer som kommer som avrenning fra land (f. eks. jordbruk) og fra fiskeoppdrettsanlegg. Dyrking av tare vil derfor kunne ha en positiv effekt på områder som er truet av eutrofi («overgjødning» pga. overskudd av næring), og dermed hjelpe til «opprensningen» av slike områder mot et sunnere og mer balansert marint miljø (Olsen et al., 2014, Bellerby et al., 2008, Reid et al., 2013).

Den kvantitative betydning av opptak av næringsstoff i tareanlegg for livet i vannmassene, samt potensialet for aktivt å anvende tareanlegg for opprensning av overskytende næringsstoffer (eutrofiering), avhenger av anleggenes størrelse, plassering og fysiske miljøforhold. Det er utenfor målsetningen av denne rapport å estimere disse effektene kvantitativt, men prosjekter som for eksempel KELPPRO ([www.kelppro.net](http://www.kelppro.net)) jobber med dette.

### **Opptak av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) i vannmassene**

Under vekst tar tare opp CO<sub>2</sub> (som bikarbonat, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) fra vannet omkring. Dette uorganiske karbonet utgjør «byggsteinene» for produksjonen av organisk stoff (som fungerer som energikilde for alt heterotroft liv – dvs. dyr av alle slag som ikke selv kan drive fotosyntese). Dette påvirker karbonkjemien i vannmassene og endrer pH, noe som (på samme måte som endringer i næringsinnholdet) potensielt kan påvirke veksten av naturlige alger i vannmassene. Da CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i havet søker en likevekt med konsentrasjonen i atmosfæren, kan storskala tare dyrking derfor bidra til opptak av CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Således har tare et potensiale til å motvirke effekten av det stigende CO<sub>2</sub>-nivået i atmosfæren, og dermed bidra til å motvirke forsuring av havet og endringene dette medfører (Hepburn et al., 2011, Krause-Jensen et al., 2016). Intensive tareanlegg vil i tillegg, på samme måte som tett naturlig tareskog, kunne danne 'oaser' i havet med høyere pH enn omgivelsene på grunn av fotosynteseaktivitet, og dermed danne refugier for organismer som er sensitive for havforsuring (Krause-Jensen et al., 2015).

### **Vannkvalitet**

Det er sannsynlig at et tareanlegg primært vil påvirke vannkvaliteten på de måtene som er beskrevet over. Men i tillegg skiller tare ut løst organisk stoff (DOM, «dissolved organic matter») mens den vokser. Dette kan medføre en betydelig kilde til organisk karbon som skilles ut i de frie vannmasser. For eksempel har Abdullah and Fredriksen (2004) målt at så mye som 50% av det karbonet som ble tatt opp av tare under vekst ble utskilt igjen som løst organisk materiale. De fant også store variasjoner i utskillelsen av løst organisk materiale avhengig av vekstrate, temperatur og sesong, med et årlig gjennomsnitt på 26% av netto tilvekst. Når det gjelder dyrket tare vet vi ennå lite om hvor mye løst organisk materiale som utskilles fra disse anlegg. Målinger av dette bør derfor prioriteres fremover. Betydelige mengder av løst organisk stoff i vannsøylen vil gi økt absorpsjon av sollys i

vannøylen og gjøre at mindre lys blir tilgjengelig for de alger og dyr som lever under de øverste meterne i vannet.

Tareanlegg bør ikke plasseres der det er redusert vannkvalitet fra før. F. eks. kan tare ta opp og akkumulere tungmetaller, mineraler og sporstoffer raskere enn mange andre organismer, noe som kan være helseskadelige over et visst nivå hvis taren skal anvendes til mat eller fôr (Besada et al., 2009). Dette kan variere med art (Phaneuf et al., 1999), sesong og lokalitet (Gall et al., 2004). Selv om et tareanlegg av disse grunnene bør plasseres på lokaliteter der vannkvaliteten er god, vil taren ha begrensede muligheter til å ta opp og akkumulere store mengder miljøgifter i løpet av den korte tiden den vokser før den blir høstet.



**Figur 4.** Butare (*Alaria esculenta*) som vokser på tau under vannoverflaten på et tare dyrkingsanlegg i Herøy kommune. Foto: TANGO Seaweed AS/Annelise Chapman.

## 3.2 Bunnsystemene

### Tap av organisk material fra tareanlegg

Under dyrking av tare vil fragmenter av tare løsnes fra de voksende individene i anlegget og fraktes ut med strømmen ned på havbunnen. Tarefragmenter produseres ved at hele eller deler av taren brytes av under vekst, f. eks. ved jevnlig fysisk belastning fra bølgeeksponering eller ved hardt vær og storm. Tarefragmenter, både fra naturlige og dyrkede områder, transporteres og avsettes til slutt på bunnen (Krumhansl and Scheibling, 2011, Fieler and Hangstad, 2012). Eksport fra naturlig tareskog er beregnet til å være 80% av den stående biomassen per år (20% er intern «turnover», Norderhaug and Christie, 2011). Eksporten fra tare dyrkingsanlegget er forventet å være mindre, men midlertidige beregninger antyder betydelig eksport også her (Fieler and Hangstad, 2012). I verste fall, som f. eks.

ved kraftig storm, kan mengden materiale som rives av være betydelig og inkludere store tarefragmenter, til og med hele anlegget i de verste tilfellene. Et sentralt og viktig spørsmål er om dette tapet av organisk materiale er en kilde til økt næringsgrunnlag og biodiversitet, eller om det er en trussel mot bunnlevende organismer. Transport fra tang- og taresystemer til andre økosystemer kan f. eks. bidra til økt næringstilgang i ellers næringsfattige områder (Krumhansl and Scheibling, 2012a), noe som vil bidra *positiv* ved å øke næringstilgangen for bunnlevende nedbrytere og herbivorer (planteetere), som igjen kan virke positivt inn på næringstilgangen i hele næringsnett. Men storskala taredyrking kan også føre til at for mye av tarematerialet avsettes på bunnen og dermed gir *negative* effekter på økosystemene og biodiversiteten ved å resultere i oksygenmangel og påfølgende dannelse av giftig sulfid fra anaerob nedbryting av tarematerialet (Viaroli et al., 2008). Balansen for når dette har en positiv eller negativ effekt på bunnsystemene avhenger av mengde, biomasse per tid, transport og «timing» (Krumhansl and Scheibling, 2012b). Som for de frie vannmasser er det utenfor målsettingen i dette prosjekt og komme med kvantitative estimater på når løstrevet tarebiomasse bidrar positivt eller negativt til et økosystem, men et pågående forskningsprosjekt er i ferd å undersøke og kvantifisere disse forholdene og etablere estimater for terskelverdier for når eksportert tare bidrar positivt eller negativt på bunnhabitater ([www.kelpro.net](http://www.kelpro.net)).



**Figur 5.** Havbunn dominert av fototrofe alger som krever lys for å opprettholde vekst og bidra som beitegrunnlag og levested for fisk og andre organismer som er avhengig av tareskogen. Foto: NIVA/Janne Gitmark.

#### **Konkurransen om lys og næringsstoff med tang og tare på bunnen**

Hvis et toreanlegg etableres over grunne hardbunnsområder, der lys trenger ned til bunnen (<50 meters dyp), vil dette lyset bli svekket av taren i anlegget, og dermed begrense veksten av algesamfunnene (tang, tare og andre makroalger) som eventuelt naturlig vokser på bunnen under anlegget. Skyggeeffekter på bunnen vil kunne påvirke primærproduksjon i disse tareskogene på samme måten som for alger i vannmassene, noe som for bunnen vil ha større effekt i de grunneste områdene inne ved land enn på større dyp. Det er per i dag få studier av dette, men det er mulig å gjøre teoretiske beregninger på effekten basert på kunnskap om lyssvekking av dyrkede alger og behovet for lys i tareskogen. Det er viktig å bemerke at skyggeeffekten av et toreanlegg på bunnen vil svinge med sesong og intensiteten av taredyrkingen (antall individer per overflateareal), da



taren typisk er av mikroskopiske dimensjoner når den sette i sjøen (som spore på f.eks. tau), men vokser seg til en tett biomasse i tiden fram til den høstes (som regel i mai/juni for gjeldende produksjonsprotokoller). Designet til tareanlegget, hvor langt ned i sjøen det går, tetthet av overflatestrukturen samt geometrisk design vil kunne påvirke intensiteten av skyggeeffekten av et anlegg.

Under vekst i anlegget tar tare opp uorganiske næringsstoffer, noe som vil redusere den lokale tilgjengeligheten av næringsstoffer i. Dette vil mest sannsynlig ha liten direkte effekt på livet på bunnen under anlegget. Men hvis primærproduksjonen i vannmassene begrenses vil effekter gjennom næringsnettene kunne få implikasjoner også for bunnen.

### 3.3 Tare dyrkingsanlegg som kunstig rev

#### **Tareanleggets rolle som substrat for naturlig forekommende arter**

Stortare og sukkertare er de to tareartene som primært danner de store tareskogene langs norskekysten. Under naturlige forhold dominerer stortare på de ytre, bølgeeksponerte områdene (Bekkby et al., 2009), mens sukkertare typisk er dominerende på mer beskyttede områder og inne i fjordene (Bekkby and Moy, 2011). Naturlige tareskoger er viktige leveområder for virvelløse dyr (f. eks. krepsdyr og snegl), fisk, krabber og mange andre arter (Norderhaug et al., 2005). «Kunstige rev» har vist seg å tiltrekke seg fisk kun få dager etter at revene er satt ut (Christie, 2005).

Tare dyrkingsanlegg kan fungere som et slikt kunstig rev, med en interaksjon med nærliggende økosystemer ved at de lager leve- og beiteområder for dyr (inkludert sjøfugl naturlig tilknyttet kysten) og virker som «stepping stones» for arter. Dette kan tenkes å kunne ha positive lokale effekter ved å tiltrekke seg og fungere som tilholdssted for ønskede arter, inkludert noen av kommersiell betydning, ved å øke den generelle marine produktiviteten i et område, og ved å gi økt tilgang til mat.

De naturlige tareforekomstene er truet på ulike deler av kysten, særlig av kråkebollebeiting nord for Vega (Rinde et al., 2014) og overgroing av trådalger i den norske delen av Skagerrakkysten (Moy and Christie, 2012). Et tare dyrkingsanlegg som fungerer som et «kunstig rev» vil potensielt kunne ha en positiv effekt i slike områder. Dette har ikke blitt systematisk undersøkt, men man har sett at anlegg inneholder både mobile og fastsittende dyr, inkludert juvenile fisk, og i Norge har påvekst av mosdyr, blåskjell, hydroider og fintrådige alger blitt rapportert på sukkertareanlegg i sommermånedene (Handå et al., 2013a). Men i og med at tare dyrkingsanleggene kun fungerer som substrat deler av året er effekten av dette vanskelig å vurdere.

#### **Tareanlegg som «stepping stones» for fremmede og uønskede arter**

Påvekst på tare i et anlegg kan føre til tap av blader/biomasse og spredning av arter som er tilknyttet tare i områder der disse normalt ikke finnes. Dette forsøker man å unngå også av produksjonsmessige årsaker, og tare høstes inn før påveksten blir et stort problem. Men selv mindre og 'unge' tareindivider, gjenværende 'gamle' tareplanter og eventuell påvekst, dvs. de som blir igjen etter at det meste er hentet inn, kan huse uønskede organismer som frigir sporer eller «setter larver» som kan spres til nærliggende områder og økosystemer og dermed påvirke naturlige

systemer negativt. Dette gjelder i prinsippet også nærliggende fiskeoppdrettsanlegg.

Det finnes mange eksempler på introduksjon av fremmede arter til kystområdene. Eksempler er taren «wakame» (*Undaria pinnatifida*) og Japansk drivtang (*Sargassum muticum*) til Vest-Europa, inklusiv Norge, og «morderalgen» *Caulerpa taxifolia* i Middelhavet. Fordi spredning av fremmede og uønskede arter kan ha store miljø- og økonomiske konsekvenser (Schaffelke et al., 2006), er det en bekymring om et tareanlegg vil kunne fungere som en «stepping stone» for etablering av fremmede og uønskede arter i områder hvor de ellers ikke ville etablere seg, som igjen vil spre seg til naturlige økosystemer. Dette vil kunne føre til at naturlig forekommende arter blir utkonkurrert, at tilgangen til høstbare resurser (f.eks. fiskeslag) endrer seg eller at hele økosystemstrukturer (inkludert økosystembalanse og -funksjon) endres.

### **Spredning av sykdommer og selekterte arter, egenskaper og gener**

Tareanlegg vil potensielt kunne bli infisert med sykdommer som kan spres videre i naturen. Man vet at tareskoger tiltrekker seg mange mikroorganismer, men har generelt få sykdommer.

Sykdomsfenomener i akvakultur forekommer gjerne der man fortetter en art, slik som man gjør i fiskeanlegg. De naturlige tareskogene langs norskekysten er både større og tettere enn de bestandene som står i et anlegg. Samtidig er artsmangfoldet i et naturlig tareskogsøkosystem veldig mye høyere enn i et dyrkingsanlegg, der man i utgangspunktet ønsker å effektivisere produksjonen gjennom monokulturdift. Tidligere erfaring fra både landbruk og havbruk viser at storskala monokulturer får problemer med sykdom (Cottier-Cook et al., 2017). Det er derfor ekstremt viktig å oppskalere anleggene etter føre-var-prinsippet og sette i gang tiltak tidlig med hensyn til å unngå skader for både industrien og økosystemene rundt. I Norge er problemstillingen fortsatt ny (med stadig små-skala anlegg) og vil bli utredet gjennom forskningsprosjektet MACROSEA ([www.sintef.no/projectweb/macrosea](http://www.sintef.no/projectweb/macrosea)).

Hvis kommersielle anlegg selekterer for tareindivider med sterke egenskaper, og disse danner sporer og sprer seg til det omkringliggende miljø, vil dette kunne påvirke naturlig forekommende arter og systemer. Slik seleksjon, eller bruk av utvalgte varianter på stor skala, vil kunne føre til en ukontrollert introduksjon av genetisk materiale fra dyrkingsanlegg til ville bestander («Genetic swamping», Snow et al., 2010). Vi vet ennå lite om naturlig tareskogs genetiske struktur og graden av isolasjon mellom ville bestander av tare, også i Norge. Men noen studier peker på genetiske forskjeller mellom regionale bestander av tare langs norskekysten, koblet til graden av isolasjon mellom bestandene (Evankow, 2015), samt effekter av vannbevegelse på genetisk spredning og gensammensetning (Guzinski et al., 2016, Robuchon et al., 2014). Også effekter av andre miljøforhold påvirker genetisk diversitet, inkludert saltholdighet (Nielsen et al., 2016) og temperatur (knyttet til utvikling etter istiden, Assis et al., 2018). Betydningen dette har for dyrking av tare og mulige spredning av gener til naturlig tareskog er lite kjent. Fredriksen and Sjøtun (2015) anbefaler å bruke lokale økotyper av tare i dyrking og avling og at man begrenser produksjonen til gitte fjordsystemer og kystområder innenfor økoregionen. Enkelte har diskutert metoder for sterilisering av tare for dyrking i håp om å hindre spredning av genetisk materiale fra dyrkingsanlegg til ville bestander (Loureiro et al., 2015).

### 3.4 Marin forsøpling fra tare dyrkingsanlegg

Når det gjelder marin forsøpling er mye av utstyret som brukes innenfor havbruk og fiskeri basert på plast. Gjennom mekanisk påvirkning og slitasje vil disse frigi både makro- og mikroplast. Havforskningsinstituttet mener at den havbaserte industrien trolig er den største kilden til marin forsøpling i Norge.

Under normal drift ved hjelp av dagens teknologi blir taren sådd ut på tau som må skiftes ut hvert år etter høsting, når nye tarerekrutter settes ut. Det er viktig at det som blir overflødig (f. eks. hvis tauverk ikke skal benyttes flere ganger) deponeres forsvarlig på land. Det er også grunn til å tro at også akvakulturnæringen vil bli mer bevisst på bruk av tauverk som er mer miljøvennlige med tanke på erodering av plastpartikler og andre lite nedbrytbare stoffer. Dette vil også gjelde for de installasjonene, som tauverk, fortøyninger og bøyer, som er plassert mer permanent på konsesjonsområdene.

Det er å forvente at næringen vil være gjenstand for stadig utvikling på teknologifronten, noe som kan gi nye utfordringer med tanke på forsøpling. Forøvrig er det viktig å ha gode rutiner for deponering av avfall, slik at søppel ikke kastes på sjøen. Ved et havari vil tauverk, bøyer, plastrør og annet utstyr knyttet til et anlegg kunne bli spredd både til fjæra og ned mot havbunnen. Det er derfor viktig å være godt rustet i møte med ekstremværsituasjoner.



**Figur 6.** Høsting av tare ved Frøya i 2013. Foto: Seaweed Energy Solutions (SES).

## 4 Synergier og konflikter i kystsonen

### 4.1 Arealtilgang

Dyrking av tang og tare krever store areal, da algene krever lys og god vannutskifting. Kravet om gode lysforhold fører til at dyrkningsanlegg for tang og tare på mange måter kan anses som to-dimensjonale sammenlignet med anlegg for fiskeoppdrett (som er tre-dimensjonale og derfor krever mindre areal på havoverflaten). Hvor store arealer det er snakk om avhenger av skala og ambisjon for produksjonen. Dagens tareanlegg er stort sett mindre enn 30 ha (1 ha = 10 dekar = 10 000 m<sup>2</sup>). Det samlede konsesjonsarealet er per dags dato på 540 ha (januar 2018). Ambisjonene for norsk tare dyrking er betydelig større og er estimert til å ha et potensiale på opp mot henholdsvis 4 mill. og 20 mill. tonn i 2030 og 2050 (Olafsen et al., 2012). En antatt produksjonseffektivitet på 50-200 tonn per ha (Broch et al., 2016) vil tilsvare et arealbehov på 20 000 - 80 000 ha (i 2030) og på 100 000 - 400 000 ha (i 2050). Dette er betydelige arealer sammenlignet med de områdene som er tilgjengelige innenfor kystsonen. F.eks. tilsvarer henholdsvis 20 000 ha (200 km<sup>2</sup>) og 400 000 ha (4 000 km<sup>2</sup>) 0,2 og 4,5% av Norges sjøområde innenfor grunnlinjen (som er 89 091 km<sup>2</sup>). Det estimerte scenariet for tare dyrking i 2050 på 4 000 km<sup>2</sup> er dessuten nær halvdelen av det dyrkede landbruksareal i Norge (9 803 km<sup>2</sup>, 2016) og et større areal enn Hardangervidda nasjonalpark (3 422 km<sup>2</sup>). På disse skalaene vil tare dyrking potensielt kunne få betydelige effekter på økosystemet og økologien langs kysten. Det jobbes derfor med scenarier og analyser av mulighetene for å legge storskala tareanlegg utenfor kystsonen, f.eks. ute på åpnet hav utenfor kontinentalsokkelen (Broch et al., 2016, Broch et al., 2017). Selv her vil de mest sannsynlig kunne påvirke økosystemet, næringsstoffomsetting og karbonkretsløpet, men med betydelig mindre effekt på den kystnære naturen.

Disse beregningene er basert på dagens dyrkningsanlegg med stort sett horisontale taukonstruksjoner, samtidig jobbes det med nye typer anleggsdesign, der en vil utnytte mer av vannsøylen nedover, og med tilsvarende mindre arealbehov.

### 4.2 Arter, biologisk mangfold og naturtyper

Formålet med å verne naturområder er å sikre sårbar og truet natur og å bevare områder av internasjonal, nasjonal og regional verdi for kommende generasjoner. Med den strengeste formen for vern (naturreservat) så er det få åpninger for aktiv næringsvirksomhet utover det tradisjonelle, dvs. fiske og jordbruk, mens det i landskapsvernområder er tillatt å søke om etablering av akvakultur. Det tillates ikke aktivitet som kommer i konflikt med verneformålet.

### 4.3 Akvakultur, med fokus på fiskeoppdrett

Etablering av tang- og tare dyrking krever lys, fiskeoppdrettsanlegg krever dypere områder. Begge formene krever gode strømforhold. Det behøver derfor ikke være konkurranse om samme areal, da tang- og tare dyrking kan ligge i grunnere områder enn tradisjonelt fiskeoppdrett, selv om en slik eventuell samlokalisering selvsagt må gjøres med hensyn på mulige miljøeffekter.

IMTA (integreert multitrofisk akvakultur) har fått stadig større oppmerksomhet og inkluderer dyrking/oppdrett av arter på flere trofiske nivåer på en måte som gjør at avfall fra én art (f. eks. laks) kan bli utnyttet av arter på lavere nivå i næringsnett (f. eks. tang og tare), i tråd med tanken om «sirkulær økonomi». Ca. 50-60 % av nitrogenet som inngår i fôret til laks slippes ut som oppløst uorganisk nitrogen eller organisk partikulært nitrogen (Wang et al., 2012). IMTA har blitt foreslått som en mulig praktisk løsning til problemet med utslipp fra fiskeoppdrettsanlegg ved at overskuddsnæringen blir en verdifull ressurs for algeproduksjon (Chopin m. fl. 2008). I teorien vil slike anlegg kunne utnytte dette næringsoverskuddet og øke produsert tarebiomasse på en gitt lokalitet. Men foreløpig ligger bare noen få taredyrkingsanlegg i nærheten av fiskeanlegg, veldig få av disse har blitt planlagt som kombinasjonsanlegg. Og selv om IMTA er et teoretisk bæredyktig konsept, mangler vi fremdeles empiri som viser at dette fungerer og er økologisk relevant (Reid et al., 2013). I denne sammenheng er det foreløpig noe usikkert hvordan næringsutslipp fra fiskeoppdrett vil virke inn på tarevekst, og hvordan tareanlegg eventuelt kan bidra til å redusere «eutrofi-effekter» fra lakseoppdrett. Betydelig usikkerhet omhandler 1) spørsmålet om ammonium, som skilles ut av laksen, raskere vil bli tatt opp av planteplankton enn av tare og 2) om hvor mye næringsstoffer et tareanlegg kan ta opp i forhold til hva som kommer ut fra lakseoppdrett i nærheten. Upubliserte overslag tyder på at det må dyrkes veldig mye tare for å ha noe effekt på opptak av næringsstoffer fra store fiskeoppdrettsanlegg. Videre vokser dagens dyrkede tare i anlegg fra vinteren og fram til forsommeren, mens laksens metabolisme og dermed det største utslippet av næringsstoffer/avføring vil være utover sommeren når temperaturen er høyest. Det går an å gjøre teoretiske beregninger, men også undersøkelser må til for å få svar på slike spørsmål.



**Figur 7.** Taredyrkingsanlegg i Herøy kommune som er plassert kystnært i et område med mange ulike interesser i kystsonen. Foto: TANGO Seaweed/Annelise Chapman.

## 4.4 Fiske-, kaste- og låsettingsplasser

Tidligere var det lite annen aktivitet enn fiske og sjøtransport langs kysten, og det var lav konflikt mellom disse næringene. Fiske i sjøen er både arealregulert og tidsregulert gjennom fiskerilovgivningen (Havressursloven, 2008), og arealer satt av til fiske omfatter områder som er spesielt viktig med tanke på høsting av villlevende marine ressurser. Fiske er ikke begrenset av eller til disse områdene, men er en markering av områder som ikke skal brukes til formål som er til foretrekkelig for fiske.

Fiskeridirektoratet har gjennomført omfattende kartlegging og kartfesting av fiske-, gyte- og oppvekstområder, kaste- og låsettingsplasser. Konkrete arealbrukskonflikter knytter seg gjerne til arealbruk som utelukker andre aktiviteter, for eksempel fortøyningsareal vs. reketråling i dype områder og teinefiske etter hummer og krabbe i grunnere områder mot land. Ved konkurrerende bruk av sjøområder blir kartene lagt til grunn for Fiskeridirektoratets vurderinger. Gytefelt og reketrålingsfelt kan være i konflikt med etablering av faste installasjoner med fortøying. Gytefelt er også mye brukte områder til fiske. Reketrålingsfelt kan komme i konflikt med tang- og tare dyrking da fortøying ekskluderer slepende bunnredskaper. Etablering av tang- og tareanlegg vil påvirke fiskeriene avhengig av hvilke bunnforhold og dyp det er der et eventuelt anlegg etableres. I grunne områder nær land kan det påvirke fritidsfiske og teinefiske etter krabbe og hummer, på sandbunn kan det bli konflikter med snurrevad og ute i havet kan det bli konflikter med tråling.

## 4.5 Skipstrafikk, ferdsel og farleder

Kystsonen og farledene er viktige både for godstransport og persontransport over korte og lange avstander. Den høye aktiviteten innen fiskeri, akvakultur og maritime næringer krever også godt utbygd infrastruktur. Kystverket praktiserer en streng politikk når det gjelder søknader for etablering av anlegg som kommer tett opp til viktige farleder. Alle nye etableringer av tang- og tare dyrkingsanlegg må godkjennes av Kystverket.

## 4.6 Rekreasjon, inkludert friluftsliv, reiseliv og fritidsfiske

Bruk av naturen på og i tilknytning til sjø er viktig for store deler av befolkningen, både som ren rekreasjon og til matauk. Kysten representerer også store verdier i reiselivssammenheng. Fortsatt tilgjengelighet og bruk av områdene er viktig både i folkehelseperspektiv og kulturhistorisk. Friluftshensyn viser til at kommunene har ansvar for å verne friluftslivets naturgrunnlag og sikre allmenhetens rett til ferdsel og opphold i naturen. I enkelte deler av landet har det vært til dels store konflikter mellom næringsinteresser og grupper som benytter kystsonen til fritidsformål og friluftsliv. Potensielle konflikter mellom friluftaktiviteter (bading, padling, fritidsfiske) og dyrkingsanlegg kan forekomme, spesielt i tettbygde strøk.

Temaet landskap («visual impact» på kulturlandskapet) er et relativt nytt begrep og omhandler estetiske verdier i landskapet og menneskers visuelle opplevelse. Dyrkingsanlegg for tang og tare kan betraktes som et moderat, reversibelt inngrep som enkelt, helt eller delvis, kan flyttes uten at det vil

være gjenværende spor etter anlegget. Den visuelle landskapspåvirkningen er derfor knyttet til den perioden anleggene eksisterer.

#### **4.7 Industrianlegg, utslippspunkter og renseanlegg**

Det har skjedd store endringer mht. krav og normer for vannkvalitet når det gjelder menneskers bruk av vann til ulike formål, og mye av dette har kommet inn med vanndirektivets underliggende direktiver, for eksempel Avløpsdirektivet. Direktivet omhandler både kommunal kloakk og industri og skal EU-tilpasses. Inntil de nye forslagene er godkjent av ansvarlige myndigheter bør de eksisterende systemene for klassifisering av egnethet benyttes (Veileder\_02:2013-revidert, 2015).

Muligheten for samlokalisering med taredyrking vil være bestemt av hva utslippene består av og hva taren skal brukes til. Tare som dyrkes i nærheten av avløp er ikke egnet til menneskemat, bl.a. på grunn av tarmbakterien *Escherichia coli* (E.coli). Det samme gjelder for tare som dyrkes i områder med industriforurensning. Tare kan samlokalisere med utslipp med det formålet å benytte organiske stoffer fra avløp som næringsalter og/eller ta opp miljøgifter.

## **5 Kriterier og perspektiver for dagens taredyrking**

### **5.1 Beslutningsgrunnlaget**

Mye konfliktavklaring ligger i gode arealplaner i sjø. Gjerne ved interkommunale planer som kan se større områder i sammenheng og gjennomføre en kunnskapsbasert (økologisk) forvaltning av sjøarealene. Oppdaterte kystsoneplaner er et sentralt beslutningsgrunnlag i saker som berører kommunenes behov med sikte på bærekraftig bruk av sjøarealene. Arealplaner skal sikre viktige areal til bærekraftig fiske/høsting, naturvern, kulturminnevern, ferdsel, reiseliv, friluftsliv og annet. Samtidig bør arealplanene være fleksible og dynamiske med tanke på framtidige behov. Kunnskap om både taredyrking og framtidige tekniske løsninger vil ha betydning for graden av konfliktnivåer. For eksempel har man diskutert om nedsenkbare anlegg vil kunne redusere arealkonflikter knyttet til havoverflaten.

Sjøen blir regnet som et flerbruksområde som kan reguleres kommunalt, regionalt og nasjonalt. Aktører som ønsker å utnytte ressurser fra havet, herunder til tang- og taredyrking, vil bl.a. være regulert av Plan- og bygningsloven (PBL) og arealplan i sjø. I første omgang er det kommunene som står for den offentlige planleggingen av arealbruk, og det er der de fleste plansakene vedtas. Kommunen må følge statlige planretningslinjer, planbestemmelser og arealplaner. I tillegg må kommunen følge den vedtatte regionale planen.

Det er mange lovverk som skal godkjenne etablering av ny aktivitet. Naturmangfoldloven er sektorovergripende og gjelder for alle sektorer som forvalter eller tar beslutninger for biologisk mangfold. Mattilsynet har ikke regelverk eller retningslinjer som angår etablering av tang og tare per i dag, men det forventes å komme et regelverk.

## **5.2 Konsekvensutredning av tare dyrking**

Plan- og bygningsloven bestemmer hvordan arealplanlegging i sjø skal foregå, og arealplanlegging skal konsekvensutredes etter ny forskrift om konsekvensutredninger som trådte i kraft 1. juli 2017 (KMD, 2017).

Etablering av tang- og tare dyrking skal konsekvensutredes (KU) på flere nivå. Planer (kystsoneplaner) som setter rammer for framtidig utbygging og som avsetter areal til tare dyrking krever KU gjennomført av kommunene. Det skal være KU både av arealet som avsettes og overordnet KU av samlet virkning av tare dyrking i planområdet. Her brukes KU som beslutningsgrunnlag for om tare dyrking tas inn i planen eller ikke.

Nye konkrete innspill til arealplaner om tare dyrking krever at kommunene gjennomfører KU. Til slutt skal tare dyrking følges opp videre og saksbehandles etter akvakulturloven av minimum fem regionale fagmyndigheter.

KU skal gjennomføres i forhold til hvilke effekter tare dyrking kan ha på miljø og samfunn i kommunen.

## **5.3 Myndighetenes kriterier for behandling av konsesjonssøknader**

Etter at det er satt av areal til akvakultur (og muligens spesifikt til tare dyrking), som er godkjent av kommunen og konsekvensutredet, kan det sendes søknad om etablering av tare dyrking (i form av søknad om akvakultur i sjøanlegg). Søknaden skal behandles etter akvakulturloven. Etter dagens regelverk er det fiskeridepartementet som håndterer søknader for tare dyrking og samordner uttalelser fra Fylkesmannen (etter forurensningsloven), Fiskeridirektoratet, Kystverket og Mattilsynet. Dette regelverk er i utgangspunktet tilrettelagt og tilpasset fiskeoppdrett, men er under revisjon for å forbedre forvaltning av tare dyrking som en ny næring med stadig økende betydning.

Det kan i henhold til akvakulturloven gis tillatelse til akvakultur dersom det er miljømessig forsvarlig. Det er kun tillatt å etablere akvakultur i sjøareal som er satt av til dette formålet. Hvis et område ikke er satt av til akvakultur i kommunens arealplan må det søkes om dispensasjon, noe det blir stadig vanskeligere å få innvilget. A i plankartet viser kun at det er tillatt å søke om etablering av tare dyrkingsanlegg, mens andre lovverk vil avgjøre om søknaden innvilges.

Kommunen skal ved søknad, og etter høringsrunde, foreta en helhetsvurdering og avklare om den skisserte bruken kommer i konflikt med en eller flere andre interesser. Aktuelle temakart og interesser som kan påvirke behandlingen er bla.

- områder av nasjonal og regional betydning for biologisk mangfold,
- gyte- og oppvekstområder for fisk,



- sjøveis ferdsel.

Når en slik avklaring foreligger kan søknaden behandles i samsvar med særlovene.

Fiskeridepartementet er tildelingsmyndighet, og har et koordinerende ansvar for saksbehandlingen i forhold til andre interesser. Dvs. at søknad skal behandles etter alle særlovene før det blir foretatt en endelig behandling etter akvakulturloven.

Områder prioritert eksklusivt for akvakultur omfatter areal for oppankrings- og fortøyingsanlegg over sjøoverflaten og ferdselsforbudssone. Dette er områder som er helt avklart med tanke på andre interesser. Et dyrkningsanlegg setter restriksjoner på annen bruk av området. Det er forbud mot ferdsel 20 m fra, og fiske 100 m fra anleggene. Bestemmelsene kan angi hvilke former for oppdrett og arter som tillates, evt. ikke tillates.

## **5.4 Taredyrkernes perspektiver på miljøeffekter, synergier og konflikter**

En spørreundersøkelse av taredyrkere gjennomført i regi av KOM TIL TARE-prosjektgruppa i 2017 hadde som formål å finne ut hvilke kriterier for anleggsplassering som var sentrale for taredyrkere. I tillegg samlet vi informasjon om erfaringer med søknadsprosessen og om hva som oppfattes som de viktigste flaskehalsene for videre næringsutvikling. Vi henvendte oss til bedrifter som har fått tildelt konsesjon for sjøbasert makroalgeproduksjon og som samlet sett representerte mangfoldet i bransjen med tanke på region, monokultur vs. IMTA-drift, anleggsdesign og størrelse (areal) på konsesjonen. Bedriftene ble introdusert til prosjektet på e-post og fikk så tilsendt spørreskjema. Dette ble fulgt opp med telefonsamtaler. Av 14 bedrifter vi kontaktet fikk vi svar fra 8. De delene av svarene som er relevante med tanke på mulige miljøeffekter og synergier og konflikter med andre interesser er presentert her.

Det gikk tydelig fram av samtalene at utviklingen i taredyrkingsbransjer skjer raskt, både med tanke på interesse, antall aktører og kunnskaps- og teknologiutvikling. Tilbakemeldingene gav inntrykk av en næring med stort sett positive forventninger til fremtiden og en tro på gode muligheter fremover, noe som forutsetter en god dialog med forvaltningsmyndighetene og forskningsmiljøer. Det viktigste kriteriet for anleggsplassering er, ifølge taredyrkerne, tilgang til areal satt av til akvakulturformål i de kommunale forvaltningsplanene. I de fleste tilfellene oppleves tilgangen til slike arealer som flaskehalsen, slik at andre kriterier er sekundære. Det ble nevnt at det er stadig behov for mer kunnskap, både fra et produksjonsperspektiv og med tanke på miljø- og økosystemeffekter av dyrkningsanlegg i sjø. Dagens konsesjoner har alle blitt tildelt i 2014 eller senere. Noen aktører kom i gang før det, men da basert på dispensasjoner innenfor et areal som ikke var planlagt til akvakulturformål. Nesten ingen av dyrkerne bruker i dag hele det tildelte konsesjonsarealet. Det betyr at det mest sannsynlig har gått for kort tid og vært for lav produksjon til at det har vært mulig for taredyrkerne å oppleve miljøeffekter av produksjonen. Mens noen av pionerene i bransjen leverte MOM-B-undersøkelse for å kartlegge miljøforhold, er det i nyere tid en praksis med visuell bunnundersøkelse (gjørne ved bruk av ROV eller annen type undervannskamera), som skal gjentas innen seks år etter oppstart av anleggsdrift. Det virker som om kravet til en slik miljøundersøkelse er

avhengig av konsesjonsstørrelsen, med en minimumsstørrelse på 100 dekar (10 ha), men her er fortsatt Fylkesmennene i prosessen med å samordne seg for å utvikle et likt regelverk og likebehandling i alle fylkene. Der er en utbredt oppfattelse at dagens regelverk er laget for å forvalte fiskeoppdrett og dermed ikke er tilpasset tang- og tare dyrking, eller det man kan forvente av mulige miljøeffekter i denne næringen.

## 6 Konklusjon, behov for videre forskning og anbefalinger til forvaltningen

### 6.1 Konklusjon og behov for videre forskning

Økt satsing på dyrking av tang og tare vil gi en økning i mat- og råstoffproduksjon og kan bli et viktig bidrag til å avlaste jordbruksareal og løse noen av utfordringene verden står overfor med tanke på klodens økende befolkning. Denne industrien er i vekst også i Norge og vår lange kystlinje gir oss en unik mulighet til å lykkes med industriell tareindustri. For å kunne utvikle næringen på en økonomisk og miljømessig bærekraftig måte trenger vi å øke kunnskapsgrunnlaget hva gjelder effekter av tare dyrking på marint miljø og synergier og konflikter med andre interesser.

Per i dag tilføres tare dyrkingsanlegg ikke næringsstoffer eller annet for å fremme vekst (i motsetning til fiskeoppdrettsanlegg). Det betyr at denne næringen er i en helt annen posisjon enn fiskeoppdrettsnæringen. På grunn av kravet til gode lysforhold krever tare dyrkingsanlegg relativt store arealer. Tarenæringen, gitt planlagt vekst, har derfor potensialet for å generere arealkonflikter. Muligheter for samlokalisering med andre typer akvakultur, såkalte IMTA-anlegg, diskuteres, særlig potensialet for miljømessig og produksjonsmessig gevinst ved samlokalisering.

Industriell tare dyrking kan påvirke lokale og regionale økosystemer både ved å påvirke tilgangen til lys og næringsstoff i de frie vannmasser og på bunnen, fysisk påvirke vannstrøm, bølgebevegelse og vannutskifting, ved å endre tilgangen på mat/næring (organisk materiale) til dyr i vannmassene og på bunnen og ved å påvirke rekruttering og spredning av uønskede arter og sykdommer. Et sentralt og viktig spørsmål er om tapet av organisk materiale fra tareanlegg vil være en kilde til økt næringsgrunnlag og biodiversitet, eller en belastning for bunnlevende organismer og området økologiske tilstand. Effektene kan være *negative* (f. eks. begrense tilgjengeligheten av lys eller næring for organismer eller føre til spredning av fremmede arter eller sykdommer) eller *positive* (f. eks. rense «overgjødslede» områder, motvirke forsurening av havet og endringene dette medfører, eller virke som «kunstig substrat» i områder der tareskogen er truet). Hvorvidt påvirkningen på omgivelsene er av positiv eller negativ karakter kan henge sammen med om miljøet ved lokaliteten er uberørt eller påvirket av menneskelig aktivitet. Det er sannsynlig at tare dyrking kan ha positiv effekt ved at den kan ta opp næringssalter i eutrofierte kyststrøk, og at den kan tilføre næring til områder der de naturlige tareskoger har gått tapt. Det er i innledende diskusjoner antydning vel så

mange positive sider som negative, men dette er spørsmål som skal utredes nærmere, blant annet i det i pågående forskningsprosjektet KELPPRO.

Per i dag må vi nøye oss med å vurdere miljøeffekter av tare dyrkingsanlegg ut fra en generell forståelse av de naturlige økosystemer, da kunnskapen tilknyttet spesifikke effekter av tare dyrking er veldig begrenset, selv internasjonalt. Mye innsats legges i effektive dyrkingsstrategier for ulike arter med håp om å optimalisere vekst/produksjon, samt å utvikle teknologi for effektiv utsåing, høsting og produkthåndtering. Det finnes flere forskningsprosjekter og -programmer som jobber med relevante problemstillinger. For utviklingen av tare dyrking som industri trengs forskning og utvikling langs hele verdikjeden, og det er foreløpig en relativt beskjeden satsing for å få alle ledd, fra dyrking til salg av lønnsomme produkter, på plass.

Noen av de viktigste kunnskapshullene tilknyttet problemstillingene denne rapporten tar opp er:

1. Påvirker industriell tare dyrking vannmassene og økosystemenes funksjon?
  - Hvor mye næring og CO<sub>2</sub> tas opp fra vannmassene, hvordan påvirker dette vannmassenes bærekapasitet og kan det ha en positiv effekt på områder med eutrofi problemer og forhøyet pH?
  - Vil tare detritus og løst organisk stoff produsert i industriell tare dyrking (avrevet tarebiomasse) være en verdifull ressurs eller en trussel mot naturlige økosystemer på kysten?
2. Vil industriell tare dyrking påvirke bunnsystemene og økosystemenes funksjon?
  - Hvor mye organisk materiale i form av tare transporteres ut av anlegget, hvor havner det og hva slags effekt (positiv eller negativ) har dette på biomangfold og økologisk tilstand og funksjon på bunnen?
3. Vil industrielle tareanlegg ha en økologisk funksjon som kunstig habitat?
  - Hvordan er artssammensetningen i anlegg sammenlignet med naturlige områder?
  - Kan tareanlegg fungere som skjulesteder for fiskeyngel?
  - Hva finner vi av arter og sykdommer i anleggene sammenlignet med de naturlige områdene, og vil tareanlegg kunne virke som 'stepping stone' for spredning av sykdom for tare, fisk og andre organismer?

Regionale effekter av tang- og tare dyrking er lite undersøkt. F.eks. så er den naturlige tareskogen beitet ned av kråkeboller i Finnmark, Troms og deler av Nordland. Det kan derfor være interessant å diskutere om dyrking av tare i større grad bør finne sted i nord enn i sør. Her vil tareanlegget kunne fungere som «kunstig rev» og substrat for arter deler av året. I tillegg vil disse områdene slite mindre med påvekst, og vekstsesongen i anlegget vil derfor kunne økes sammenlignet med anlegg lenger sør. Klimaendringer kan også påvirke hvilke områder og arter som vil egne seg for dyrking i framtiden. Foreløpige pilotstudier tyder på at tare også vokser relativt raskt i nordområdene.

Et annet spørsmål er om man i framtiden vil ha fabrikkskip som høster og prosesserer tang og tare på vei til markedet, slik at nærheten til land ikke er relevant. Det jobbes med scenarier og analyser av mulighetene for å legge storskala tareanlegg utenfor kystsonen, f.eks. ute på åpent hav utenfor kontinentalsokkelen. En slik plassering vil også mest sannsynlig påvirke økosystemet,

næringsstoffomsetning og karbonkretsløpet, men med betydelig mindre effekt på den kystnære naturen, ved potensielt å redusere mulig spredning av sykdommer, arter og genetisk materiale inn i naturlige skoger. Denne muligheten må diskuteres i sammenheng med anbefalinger om å bruke lokale økotypen i dyrking og avling og begrense produksjonen til gitte fjordsystemer og kystområder innenfor økoregionen, for på den måte unngå ukontrollert introduksjon av genetisk materiale fra dyrkingsanlegg til områder lenger vekk via spredning av de havgående strømmene. Siden man ennå ikke har startet med avlsprogrammer for tare er det vanskelig å studere dette empirisk nå. Derimot foregår det forskning på genetikk hos tare som kan gi oss mer kunnskap om problematikken tilknyttet avl og mulig spredning av framavlet materiale til omgivelsene.

Som nevnt over er forskning og satsing på utvikling av tarenæringen relativt beskjeden i forhold til hva en kunne forvente for en ny og lovende næring. Imidlertid er den forskningen som pågår spredd mellom ulike deler av verdikjeden fram mot en bærekraftig næring. Når det gjelder taredyrkingens innvirkning på omgivelsene og det marine miljøet langs kysten er det viktig at denne foregår parallelt med FoU-virksomhet, slik at ikke forskningsresultatene blir relevante med tanke på hvordan næringen utvikler seg.



**Figur 8.** Intensiv taredyrking i Sangou-bukten i Kina. Kina står for nesten halvparten av verdens dyrking av tang og tare, der lå på omkring 30 mill. tonn i 2016. Foto: Jon Funderud (2009).

## 6.2 Anbefalinger til forvaltningen

Det er viktig å forstå at dyrking av tare er vesentlig forskjellig fra fiskeoppdrett. Kunnskap om disse forskjeller er viktig for at forvaltning og planlegging skal kunne tilpasses denne nye næringen og

hvordan den utvikler seg. I dag sår man ut kimplanter på tau, som strekkes ut i sjøen om vinteren og høstes inn om sommeren. Man trenger ikke å tilføre gjødsel eller andre stoffer for å stimulere tareveksten. I og med at tareplantene vokser på uorganisk karbon (CO<sub>2</sub>), uorganiske næringsalter og sollys er den en typisk representant for dyrking og høsting på lavt trofisk nivå i næringskjeden. Man må også være klar over at naturlig tareskog produserer store mengder tarebiomasse som blir spredd ut på dypere vann. 'Nedfall' av tare er dermed et naturlig tilskudd til kystens næringskjeder og normalt ikke et problem. Med det som utgangspunkt er det særlig arealkonflikter som synes å være en utfordring for planlegging og forvaltning. Imidlertid har vi ovenfor beskrevet de faglige problemstillingene som vi i dag står overfor når det gjelder mulige interaksjoner mellom tare dyrking og nærliggende kystmiljø. I og med at dette skal belyses gjennom diverse prosjekter de kommende årene vil det komme resultater som forvaltningen kan ta inn i sin utvikling av et regelverk for nye og etablerte anlegg. Vi har ovenfor nevnt en del avveier og vurderinger basert på plassering (strømforhold, næringsforhold og forekomst av naturlig tare i nærheten). Dette er forhold som forvaltningen må vurdere fra sak til sak med tanke på plassering av og størrelsen på anlegget.

Siden dette er en ny næring der forskning og utvikling foreløpig er på et begynnerstadium, vil det være naturlig å legge opp til en adaptiv forvaltning. Det betyr at forvaltningen må tilpasses etter hvert som næringen utvikler seg og kunnskapen øker. Man kan tenke seg at det utvikles nye typer anlegg som legger mindre beslag på kystens overflatelag (f. eks. delvis nedsenkbare), og det kan tenkes at avl og genetikk og kunnskaper om dette vil gi nye utfordringer. Dyrking av alger i ulike sesonger enn det som gjøres i dag, og introduksjon av nye arter alger med andre livslengder og livssyklus, vil også kreve kunnskap som forvaltningen må benytte for å regulere næringen innfor akseptable rammer. Våre naturlige tareskoger har stor utbredelse og er rike og viktige økosystemer langs kysten. Disse skogene trues i dag av flere faktorer som ikke relateres til tare dyrking. Samarbeid mellom forskning, forvaltning og næringsaktører er viktig for å følge utviklingen og for å ta vare på våre naturlige økosystemer og sikre en økonomisk og økologisk bærekraftig tare næring fremover.

I dag er det åpnet for å skille godkjente akvakulturområder etter arter og dermed skille mellom fisk og tare i arealplanleggingen, dvs. at det kan avsettes areal *kun* til tare dyrking. Gamle arealplaner har ofte små, grunne og mer beskyttede områder avsatt til akvakultur. Disse er regnet som uegnet til matfisk, men kan vurderes med tanke på tare dyrking med forbehold for hensyntagen til miljø- og arealkonflikter som beskrevet ovenfor.

## 7 Referanser

- ABDULLAH, M. I. & FREDRIKSEN, S. 2004. Production, respiration and exudation of dissolved organic matter by the kelp *Laminaria hyperborea* along the west coast of Norway. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84, 887-894.
- ARBONA, J. F. & MOLLA, M. 2006. *Cultivation of brown seaweed Alaria esculenta*, Aquaculture Explained, Bord lascaigh Mhara, Dublin.
- ASSIS, J., ARAUJO, M. B. & SERRAO, E. A. 2018. Projected climate changes threaten ancient refugia of kelp forests in the North Atlantic. *Global Change Biology*, 24, E55-E66.
- BEKKBY, T. & MOY, F. E. 2011. Developing spatial models of sugar kelp (*Saccharina latissima*) potential distribution under natural conditions and areas of its disappearance in Skagerrak. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 95, 477-483.
- BEKKBY, T., RINDE, E., ERIKSTAD, L. & BAKKESTUEN, V. 2009. Spatial predictive distribution modelling of the kelp species *Laminaria hyperborea*. *Ices Journal of Marine Science*, 66, 2106-2115.
- BELLERBY, R. G. J., SCHULZ, K. G., RIEBESELL, U., NEILL, C., NONDAL, G., HEEGAARD, E., JOHANNESSEN, T. & BROWN, K. R. 2008. Marine ecosystem community carbon and nutrient uptake stoichiometry under varying ocean acidification during the PeECE III experiment. *Biogeosciences*, 5, 1517-1527.
- BESADA, V., ANDRADE, J. M., SCHULTZE, F. & GONZALEZ, J. J. 2009. Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption. *Journal of Marine Systems*, 75, 305-313.
- BLOUIN, N. A., BRODIE, J. A., GROSSMAN, A. C., XU, P. & BRAWLEY, S. H. 2011. *Porphyra*: a marine crop shaped by stress. *Trends in Plant Science*, 16, 29-37.
- BROCH, O. J., SKJERMO, J. & HANDÅ, A. 2016. Potensialet for storskala dyrking av makroalger i Møre og Romsdal. A27869: SINTEF Ocean.
- BROCH, O. J., TILLER, R., SKJERMO, J. & HANDÅ, A. 2017. Potensialet for dyrking av makroalger i Trøndelag. OC2017 A-200.: SINTEF Ocean.
- BUSCHMANN, A. H., RIQUELME, V. A., HERNANDEZ-GONZALEZ, M. C., VARELA, D., JIMENEZ, J. E., HENRIQUEZ, L. A., VERGARA, P. A., GUINEZ, R. & FILUN, 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.
- CHRISTIE, H. 2005. Kunstige rev på Norskekysten. Kyst og Havbruk 2005. *Fisken og havet, særnummer*, 2, 83-86.
- CHRISTIE, H., FREDRIKSEN, S. & RINDE, E. 1998. Regrowth of kelp and colonization of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia*, 375-76, 49-58.
- CHRISTIE, H., JORGENSEN, N. M., NORDERHAUG, K. M. & 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, 687-699.
- COTTIER-COOK, E. J., GACHON, C. M. M., BASS, D., STENTIFORD, G., BRODIE, J., SHAXSON, L., MSUYA, F. E., HURTADO, A. Q., GERUNG, G. & NAGABHATLA, N. 2017. Global Initiative for Safeguarding the Future of the Seaweed Industry in Developing Countries. *Phycologia*, 56, 35-36.
- EDWARDS, M. & WATSON, L. 2011. Cultivating *Laminaria digitata*. In: WATSON, L. (ed.) *Aquaculture Explained*. Bord lascaigh Mhara, Irish Sea Fisheries Board.
- EVANKOW, A. M. 2015. *Genetics of Norwegian kelp forests: Microsatellites reveal the genetic diversity, differentiation, and structure of two foundation kelp species in Norway*. MSc Thesis, University of Oslo.
- FAO 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. *Contributing to food security and nutrition for all*. Rome.
- FIELER, R. & HANGSTAD, T. A. 2012. Investigation of Growth Pattern, Content of Carbohydrate and Bio-fouling in Farmed Sugar Kelp (*Saccharina latissima*) in the Tromsø and Lofoten Area, Northern Norway. *Report Akvaplan-niva\_5371/V3/2012*.
- FISKERIDIREKTORATET 2017. Akvakulturstatistikk/Alger. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Statistikk-akvakultur/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Alger>.
- FORBORD, S., SKJERMO, J., ARFF, J., HANDA, A., REITAN, K. I., BJERREGAARD, R. & LUNING, 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, 393-399.

- FREDRIKSEN, S. & SJØTUN, K. 2015. Risikovurdering ved utsetting av ikke-stedegen tare  
Rapport Miljødirektoratet M-299.
- GALL, E. A., KUPPER, F. C. & KLOAREG, B. 2004. A survey of iodine content in *Laminaria digitata*. *Botanica Marina*, 47, 30-37.
- GUNDERSEN, H., BRYAN, T., CHEN, W., MOY, F. E., SANDMAN, A. N., SUNDBLAD, G., SCHNEIDER, S., ANDERSEN, J. H., LANGAAS, S. & WALDAY, M. G. 2016. Ecosystem services in the coastal zone of the Nordic countries. *TemaNord report submitted*, 108 pp.
- GUZINSKI, J., MAUGER, S., COCK, J. M. & VALERO, M. 2016. Characterization of newly developed expressed sequence tag-derived microsatellite markers revealed low genetic diversity within and low connectivity between European *Saccharina latissima* populations. *Journal of Applied Phycology*, 28, 3057-3070.
- HANDÅ, A., FORBORD, S., WANG, X., BROCH, O. J., DAHLE, S. W., STORSETH, T. R., REITAN, K. I., OLSEN, Y. & SKJERMO, J. 2013a. Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture in Norway. *Aquaculture*, 414, 191-201.
- HANDÅ, A., FORBORD, S., WANG, X. X., BROCH, O. J., DAHLE, S. W., STORSETH, T. R., REITAN, K. I., 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. *Aquaculture*, 414, 191-201.
- HAVRESSURSLOVEN 2008. Lov om forvaltning av viltlevende marine ressurser (havressursloven). LOV-2008-06-06-37.
- HEPBURN, C. D., PRITCHARD, D. W., CORNWALL, C. E., MCLEOD, R. J., BEARDALL, J., RAVEN, J. A. & HURD, C. L. 2011. Diversity of carbon use strategies in a kelp forest community: implications for a high CO<sub>2</sub> ocean. *Global Change Biology*, 17, 2488-2497.
- KJØRSVIK, A. G. 2017. Dyrking av makroalger en ny vekstnæring? *Masteroppgave, i fiskeri og havbruksvitenskap. Norges fiskerihøgskole*, May 2017.
- KMD 2017. Veiledningsnotat – Konsekvensutredninger for planer etter plan- og bygningsloven (kommentarutgave). Kommunal- og moderniseringsdepartementet (Juli 2017).  
[www.regjeringen.no/no/dokumenter/konsekvensutredninger-for-planer-etter-plan--og-bygningsloven-kommentarutgave/id2563350/](http://www.regjeringen.no/no/dokumenter/konsekvensutredninger-for-planer-etter-plan--og-bygningsloven-kommentarutgave/id2563350/).
- KRAUSE-JENSEN, D., DUARTE, C. M., HENDRIKS, I. E., MEIRE, L., BLICHER, M. E., MARBA, N. & SEJR, M. K. 2015. Macroalgae contribute to nested mosaics of pH variability in a subarctic fjord. *Biogeosciences*, 12, 4895-4911.
- KRAUSE-JENSEN, D., MARBA, N., SANZ-MARTIN, M., HENDRIKS, I. E., THYRRING, J., CARSTENSEN, J., SEJR, M. K. & DUARTE, C. M. 2016. Long photoperiods sustain high pH in Arctic kelp forests. *Science Advances*, 2.
- KRUMHANSL, K. A. & SCHEIBLING, R. E. 2011. Detrital production in Nova Scotian kelp beds: patterns and processes. *Marine Ecology Progress Series*, 421, 67-+.
- KRUMHANSL, K. A. & SCHEIBLING, R. E. 2012a. Detrital subsidy from subtidal kelp beds is altered by the invasive green alga *Codium fragile* ssp *fragile*. *Marine Ecology Progress Series*, 456, 73-85.
- KRUMHANSL, K. A. & SCHEIBLING, R. E. 2012b. Production and fate of kelp detritus. *Marine Ecology Progress Series*, 467, 281-302.
- LAVIK, A. Q. 2016. Developing a laboratory cultivation protocol for local species of porphyra spp. *Master's thesis, NTNU*.
- LORENSEN, S. H., SJØTUN, K. & GRÉMILLET, D. 2010. Multi-trophic consequences of kelp harvest. *Biological Conservation* 143, 2054–2062.
- LOUREIRO, R., GACHON, C. M. M. & REBOURS, C. 2015. Seaweed cultivation: potential and challenges of crop domestication at an unprecedented pace. *New Phytologist*, 206, 489-492.
- MAZARRASA, I., OLSEN, Y. S., MAYOL, E., MARBA, N. & DUARTE, C. M. 2014. Global unbalance in seaweed production, research effort and biotechnology markets. *Biotechnology Advances*, 32, 1028-1036.
- MOY, F. E. & CHRISTIE, H. 2012. Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research*, 8, 309-321.
- NIELSEN, M. M., BRUHN, A., RASMUSSEN, M. B., OLESEN, B., LARSEN, M. M. & MOLLER, H. B. 2012. Cultivation of *Ulva lactuca* with manure for simultaneous bioremediation and biomass production. *Journal of Applied Phycology*, 24, 449-458.

- NIELSEN, M. M., PAULINO, C., NEIVA, J., KRAUSE-JENSEN, D., BRUHN, A. & SERRAO, E. A. 2016. Genetic diversity of *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) along a salinity gradient in the North Sea-Baltic Sea transition zone. *Journal of Phycology*, 52, 523-531.
- NORDERHAUG, K. M. & CHRISTIE, H. 2011. Secondary production in a *Laminaria hyperborea* kelp forest and variation according to wave exposure. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 95, 135-144.
- NORDERHAUG, K. N., CHRISTIE, H., FOSSA, J. H. & FREDRIKSEN, S. 2005. Fish-macrofauna interactions in a kelp (*Laminaria hyperborea*) forest. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85, 1279-1286.
- OLAFCEN, T., WINTHER, U., OLSEN, Y. & SKJERMØ, J. 2012. Value created from productive oceans in 2050. *DKNVS and NTVA*.
- ÓLAFSSON, E. 2017. *Marine Macrophytes as Foundation Species*, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- OLSEN, Y., REINERTSEN, H., SOMMER, U. & VADSTEIN, O. 2014. Responses of biological and chemical components in North East Atlantic coastal water to experimental nitrogen and phosphorus addition - A full scale ecosystem study and its relevance for management. *Science of the Total Environment*, 473, 262-274.
- PHANEUF, D., COTE, I., DUMAS, P., FERRON, L. A. & LEBLANC, A. 1999. Evaluation of the contamination of marine algae (seaweed) from the St. Lawrence River and likely to be consumed by humans. *Environmental Research*, 80, S175-S182.
- REID, G. K., CHOPIN, T., ROBINSON, S. M. C., AZEVEDO, P., QUINTON, M. & BELYEA, E. 2013. Weight ratios of the kelps, *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima*, required to sequester dissolved inorganic nutrients and supply oxygen for Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Integrated Multi-Trophic Aquaculture systems. *Aquaculture*, 408, 34-46.
- RINDE, E., CHRISTIE, H., FAGERLI, C. W., BEKKBY, T., GUNDERSEN, H., NORDERHAUG, K. M. & HJERMANN, D. Ø. 2014. The Influence of Physical Factors on Kelp and Sea Urchin Distribution in Previously and Still Grazed Areas in the NE Atlantic. *PLOS ONE*, 9, e100222.
- ROBUCHON, M., LE GALL, L., MAUGER, S. & VALERO, M. 2014. Contrasting genetic diversity patterns in two sister kelp species co-distributed along the coast of Brittany, France. *Molecular Ecology*, 23, 2669-2685.
- SANDERSON, J. C., DRING, M. J., DAVIDSON, K. & 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, 128-135.
- SCHAFFELKE, B., SMITH, J. E. & HEWITT, C. L. 2006. Introduced macroalgae - a growing concern. *Journal of Applied Phycology*, 18, 529-541.
- SCHIENER, P., BLACK, K. D., STANLEY, M. S. & GREEN, D. H. 2015. The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Journal of Applied Phycology*, 27, 363-373.
- SKJERMØ, J., AASEN, I. M., ARFF, J., BROCH, O. J. & AL., E. 2014. A new Norwegian bioeconomy based on cultivation and processing of seaweeds: Opportunities and R&D needs. *SINTEF Fisheries and Aquaculture*, ISBN 978-82-14-05712-6.
- SMALE, D. A., BURROWS, M. T., MOORE, P., O'CONNOR, N. & HAWKINS, S. J. 2013. Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecology and Evolution*, 3, 4016-4038.
- SNOW, A. A., TRAVIS, S. E., WILDOVA, R., FER, T., SWEENEY, P. M., MARBURGER, J. E., WINDELS, S., KUBATOVA, B., GOLDBERG, D. E. & MUTEGLI, E. 2010. SPECIES-SPECIFIC SSR ALLELES FOR STUDIES OF HYBRID CATTAILS (*TYPHA LATIFOLIA* x *T. ANGUSTIFOLIA*; TYPHACEAE) IN NORTH AMERICA. *American Journal of Botany*, 97, 2061-2067.
- STÉVANT, P., MARFAING, H., RUSTAD, T., SANDBAKKEN, I., FLEURENCE, J. & CHAPMAN, A. 2017. Nutritional value of the kelps *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima* and effects of short-term storage on biomass quality. *J Appl Phycol*, 29, 2417-2426.
- VAN LEEUWEN, J. 2017. Innovative, efficient and sustainable seaweed cultivation in the Eastern Scheldt. *Oral presentation at Seagriculture, The Hague, Netherlands, Nov. 9., 2017*.
- VEILEDER\_02:2013-REVIDERT 2015. Klassifisering av miljøtilstand i vann. 230 s.



- VIAROLI, P., BARTOLI, M., GIORDANI, G., NALDI, M., ORFANIDIS, S. & ZALDIVAR, J. M. 2008. Community shifts, alternative stable states, biogeochemical controls and feedbacks in eutrophic coastal lagoons: a brief overview. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems*, 18, S105-S117.
- WANG, X. X., OLSEN, L. M., REITAN, K. I. & 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.
- WERNER, A. & DRING, M. 2011. Aquaculture Explained No 27. Cultivating *Palmaria palmata*. *BIM*.

## 8 Vedlegg

### 8.1 Enkel modellering av et områdes egnethet for tare dyrking

SINTEF har modellert potensialet for dyrking av sukkertare i Møre og Romsdal og Trøndelag, innenfor grunnlinjen, på sokkelen utenfor grunnlinjen og i havområdene utenfor sokkelen ut fra algenes vekstpotensial under ulike miljøforhold (næring, temperatur og strøm) (Broch et al., 2016).

Modelleringer er foretatt på bakgrunn av numeriske 3D økosystemmodeller (SINMOD) kombinert med en modul for vekst hos sukkertare. Denne modelleringen viser mer optimale og mer stabile miljøforhold utenfor kontinentalsokkelen enn nærmere kysten. Begroing på tareplantene er en av hovedutfordringene for industriell dyrking av makroalger, noe som er vurdert til å mest sannsynlig være et mindre problem lenger fra kysten (Broch et al., 2016). SINTEFs modell estimerer derfor at potensialet er størst på sokkelen og i havområdene utenfor. Langs kysten og i fjordene finnes også stedvis gode vekstforhold, men variasjonen i miljøforholdene er der større og arealet egnet for tare dyrking innenfor grunnlinjen er relativt lite. SINTEF påpeker at områdene lenger ut har utfordringer med tanke på fortøyning og logistikk rundt utsetting og høsting. SINTEF påpeker også at deres modell ikke tar hensyn til eventuelle næringssaltbidrag fra fiskeoppdrettsanlegg i integrert multitrofisk akvakultur (IMTA).

I dette prosjektet har vi testet en enklere modell basert på de miljøvariabelmodellene vi har hatt tilgjengelig, referanseverdier for betydende miljøforhold som egner seg for tarevekst og hensyn man kan ta til miljø og ankringsforhold ved plassering av et anlegg. Denne enklere modellen er basert på GIS-modeller (ikke 3D-økosystemmodeller), og utgjør en statistisk tilnærming sammenlignet med den dynamiske modellen SINTEF anvender. Vi gjør oppmerksom på at vi mangler modeller på næringsinnhold, en variabel som er svært sentral i vurderingen av et områdets egnethet. Denne enkle modell er derfor ikke velegnet til å evaluere vekstpotensialet til tare. Til gjengjeld åpner dette verktøyet for at kommuner og andre interessenter med GIS-kompetanse kan anvende slike utbredelsesmodeller direkte selv på valgte avgrensede lokaliteter, så fremt marine grunnkart er tilgjengelige. Utbredelsesmodellene baserte seg på høyoppløselige modeller for dyp og substrat, samt grovere modeller (gjennomsnittsverdier, minimum, maksimum, 90% prosentil og standard deviasjon) for strømstyrke, saltholdighet og temperatur (utviklet av HI som en del av NorKyst-800-arbeidet, brukt her med godkjenning fra Jon Albretsen). Variablene vi har brukt i analysen er:

- Strømstyrke (med 160 m romlig oppløsning)
- Saltholdighet (med 160 m romlig oppløsning)
- Temperatur (med 160 m romlig oppløsning)
- Dyp (med 2 m romlig oppløsning)
- Substrattype (gravbarhet og egnede ankringsområder) fra NGUs høyoppløselige kart.

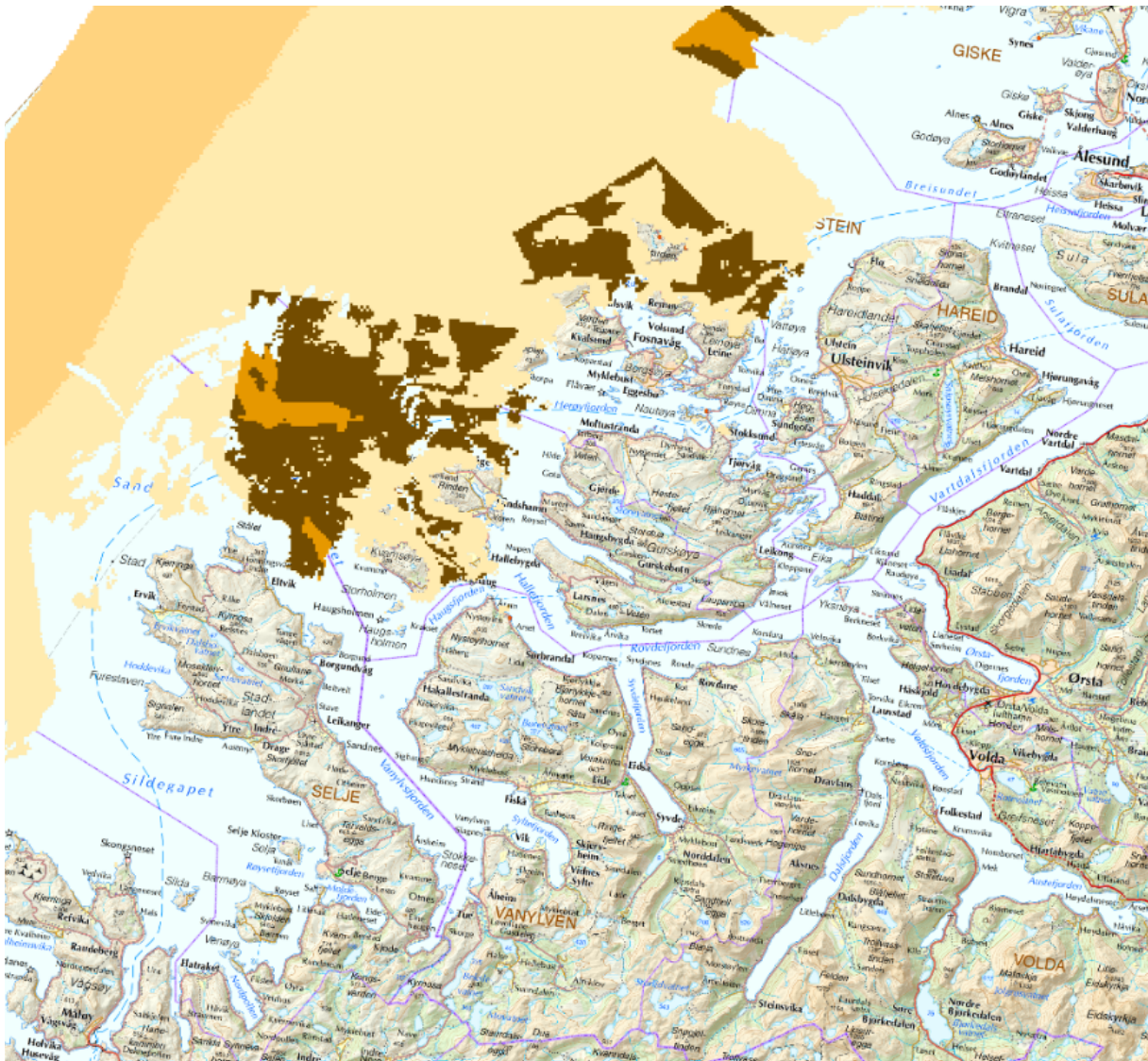
Vi har her fokusert på å modellere områder med temperatur  $<16^{\circ}\text{C}$  og saltholdighet  $>25$  PSU, i henhold til Broch et al., 2016. Modellen er optimalisert ytterligere med hensyn til temperaturrens stabilitet (standard deviasjon) og modellerte altså ut de områdene som hadde minst variasjon i temperatur. I tillegg har vi valgt ut områder dypere enn 50 m, for å holde oss unna makroalgebeltet,

og områder grunnere enn 200 m, for å ta hensyn til muligheten for å forankre anleggene (Figur A1 til A3). Kriteriene for modellen er gitt i Tabell 1.

Artene tåler gjerne høyere bølgeeksponering enn det de har der de vokser naturlig, men at sjansen for at algene rives av øker med økt bølgeeksponering. Vi vet lite om hvor høy bølgeeksponering et slikt anlegg tåler, og har derfor holdt bølgeeksponering og vannstrøm utenfor i denne øvelse. Næringsinnholdet i vannmassene er ikke inkludert. Modellkjøringen er gjort som overflatemodell (ikke modeller for bunnen), hvilket er en rimelig antagelse da anleggene ligger i overflaten.

**Tabell 1.** Kriteriene brukt i modellering av mulige egnede områder for tare dyrking. Det er viktig å nevne at vi ikke har hatt modeller for næringsinnholdet.

<p><b>Modell 1</b> MaxTemp &lt;16°C (maksimum overflatetemperatur) + MinSal &gt;25 PSU (minimum overflatesalinitet). Ved bruk av disse to kriteriene ble kystområdene unntatt fjordene valgt ut. Modellen er kjørt før Mørekysten opp til Hustadvika.</p>	<p><b>Modell 2</b> MaxTemp &lt;16°C + MinSal &gt;25 PSU + StabilTemp (inkluderte de 50% laveste verdiene for standard avvik av overflatetemperatur). Ved å kun inkludere områder med de 50% laveste verdiene for standard avvik av overflatetemperatur, ble det kun egnede områder helt ytterst i havet og noen få flekker lenger inn ved Nordfjord. Modellen er kjørt før Mørekysten opp til Hustadvika</p>
<p><b>Modell 3</b> MaxTemp &lt;16°C + MinSal &gt;25 PSU + Dyp &gt;50 m (dypere enn 50 m; miljøhensyn, dvs. vekk fra tarebeltet). Fordi modell 2 kun ga egnede områder helt ytterst i havet er denne modell basert på modell 1. Vi har brukt den detaljerte dybdemodellen for å filtrere for dyp, så denne modellen er kjørt kun for Søre Sunnmøre og dekker dermed ikke de områdene innerst ved land som vi i dag ikke gar dybdemodell for.</p>	<p><b>Modell 4</b> MaxTemp &lt;16°C + MinSal &gt;25 PSU + Dyp &gt;50 m + Dyp &lt;200m (grunnere enn 200 m, dvs. hensyn til fortøyning). Som modell 3 men begrenset til vanddyb under 200 m.</p>
<p><b>Modell 5</b> MaxTemp &lt;16°C + MinSal &gt;25 PSU + Dyp &gt;50 m + Dyp &lt;200m + Substratforhold (områder som er gravbare og med egnede ankringsforhold, fra NGUs kart). Denne modell ekskludere områder som ikke er gravbare og områder definert til å ha dårlige ankringsforhold. Basert på Modell 4.</p>	<p><b>Modell 6</b> MaxTemp &lt;20°C + MinSal &gt;25 PSU + Dyp &gt;50 m + Dyp &lt;200m Som modell 4 men med MaxTemp &lt;20°C</p>
<p><b>Modell 7</b> MaxTemp &lt;20°C + MinSal &gt;25 PSU + Dyp &gt;50 m + Dyp &lt;200m + Substratforhold Som modell 5 men med MaxTemp &lt;20°C</p>	



**Figur A1.** Lysegult viser de områdene som har maksimum overflatetemperatur på  $< 16^{\circ}\text{C}$  og minimum overflatesalinitet på  $> 25$  PSU (Modell 1). Innenfor Modell 1 har vi modellert ut de 50% laveste verdiene for standard avvik av overflatetemperatur for å identifisere de områdene med minst variasjon i temperatur (Modell 2, mellomgult, kun helt ytre områder). Innenfor Modell 1 har vi også modellert områder dypere enn 50 m (noe som viser områder som ikke overlapper med makroalgebunnene i området (Modell 3, mørkegule/oransje områder som nesten er helt skjult av Modell 4). Innenfor Modell 3 har vi tatt ut de områdene som er grunnere enn 200 m, noe som gjør at det blir lettere å fortøye (Modell 4, brune områder). Mer detaljer er vist i Figur A2.



**Figur A2.** Brunt viser de områdene som har maksimum overflatetemperatur på  $<16^{\circ}\text{C}$ , minimum overflatesalinitet på  $>25$  PSU, dyp større enn 50 m, men grunnere enn 200 m (Modell 4). Grønt viser områder der Modell 4 ligger innenfor områder som har gode nok ankringsforhold (iht. NGUs data, Modell 5). Figur A3 viser tilsvarende, men da med maksimum overflatetemperatur på  $<20^{\circ}\text{C}$ .



**Figur A3.** Brunt viser de områdene som har maksimum overflatetemperatur på  $<20^{\circ}\text{C}$ , minimum overflatesalinitet på  $>25$  PSU, dyp større enn 50 m, men grunnere enn 200 m (Modell 6). Grønt viser områder der Modell 6 ligger innenfor områder som er gravbare og har gode nok ankringsforhold (iht. NGUs data, Modell 7).

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)