



SINTEF

# Veikart for industriell dyrking av tare i Trøndelag





SINTEF

SINTEF Ocean AS  
Postadresse:  
Postboks 4762 Torgarden  
7465 Trondheim  
Sentralbord: 46415000

Foretaksregister:  
NO 937 357 370 MVA

# Rapport

## Veikart for industriell dyrking av tare i Trøndelag

### EMNEORD

Tare dyrking  
Havbruk  
Klima  
Forretningsutvikling

### VERSJON

1

### DATO

2024-04-24

### FORFATTER(E)

Karl A. Almås, Øystein Arlov, Brage Bergsmyr, Ole Jacob Broch, Silje Forbord, Johanne Tryggvason Hosen, Asle Jostein Hovda, Erin Kleiven, Eivind Lona, Luiza Neves, Aurora Tung Nilsen, Bendik Toldnes og Jorunn Skjermo

### OPPDRAGSGIVER(E)

Trøndelag Fylkeskommune

### OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Sigurd Bjørgo

### PROSJEKTNUMMER

302007344

### ANTALL SIDER

78+ Vedlegg (7)

### SAMMENDRAG

- Med behovet for en mer bærekraftig matproduksjon (mer mat fra havet) og vedtatte klimamål (binding av CO<sub>2</sub>) er det en ønsket utvikling at den globale produksjonen av dyrket tare skal vokse frem mot 2030.
- Norge, med Trøndelagsregionen, har fortrinn som kan utnyttes for å oppnå økt verdiskaping og klimapositive effekter gjennom økt tare dyrking, men det er frem mot 2030 biologiske, teknologiske, markeds-, forvaltnings- og investorutfordringer som må finne sine løsninger. En forutsetning for å lykkes er at havbaserte næringsaktører, forskningsmiljøer, kapitalmiljøer og myndigheter kan samles om en felles målsetting.
- Veikartet gir en bred bakgrunn av hva dyrking av tare handler om, hvilke fordeler og ulemper vi har i Trøndelag og hva som skal til for å oppnå en økende industriell produksjon fremover mot 2030 og mulige effekter av dette. Gjennom modellstudier inneholdende økonomiske kalkyler er det foreslått praktiske løsninger på hvordan en kan oppnå en ønsket utvikling. Et videre kommersialiseringsprosjekt for å oppnå en industriell dyrking av tare på Trøndelagskysten er beskrevet.

### UTARBEIDET AV

Karl A. Almås

SIGNATUR

*Karl A. Almås*  
Karl Andreas Almås (Apr 24, 2024 10:57 GMT+2)

### KONTROLLERT AV

Jorunn Skjermo

SIGNATUR

*Jorunn Skjermo*

### GODKJENT AV

Silje Forbord

SIGNATUR

*Silje Forbord*  
Silje Forbord (Apr 24, 2024 11:36 GMT+2)

### RAPPORT NR.

2024:00358

### ISBN

978-82-14-07195-5

### GRADERING

Åpen

### GRADERING

DENNE SIDE

Åpen

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Summary</b> .....	<b>4</b>
1.1	Why seaweed production? .....	4
1.2	The potential in Trøndelag.....	4
1.3	The roadmap project .....	4
1.4	Trøndelag`s position .....	6
1.5	The industrial pilot.....	7
1.6	Carbon capture and storage .....	8
1.7	Business concept for Trøndelag Seaweed Company .....	8
1.8	Commercialization project.....	9
<b>2</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>11</b>
2.1	Tang og tare, definisjoner, historikk i Norge .....	11
2.2	Hvorfor utvikle veikart for industriell tare dyrking i Trøndelag? .....	12
2.3	Industriell tare dyrking: Kritiske faktorer.....	13
2.3.1	Biologisk optimalisering.....	13
2.3.2	Teknologisk utvikling .....	13
2.3.3	Markedsaksept .....	15
2.3.4	Lovgivning og godkjenninger .....	15
2.3.5	Forankring i lokalmiljøet og til andre brukere av sjøen.....	16
2.4	Verdiskaping basert på tare som råstoff .....	18
2.4.1	Dyrking av tare globalt og i Europa .....	18
2.4.2	Hva anvendes tare til i dag? .....	19
2.4.3	Potensial for dyrking av tare i Norge.....	20
2.5	Globale utviklingstrender .....	21
2.5.1	Bidrag til å nå FNs bærekraftsmål .....	21
2.5.2	Utnyttelse av havets produksjonspotensial er en del av klimaløsningen. ....	23
2.5.3	Klimatiske endringer endrer mulighetene for dyrking og høsting av havet... ..	24
2.6	Klimapositive bidrag og økosystemtjenester.....	25
2.6.1	Klimapositive bidrag .....	25
2.6.2	Økosystemtjenester .....	27
<b>3</b>	<b>Tareproduksjon på Trøndelagskysten</b> .....	<b>29</b>
3.1	Regionale fortrinn .....	29
3.1.1	Regional forankring .....	29
3.1.2	Samarbeid mellom kommuner.....	30
3.1.3	Industrielle aktører.....	30
3.1.3.1	Tare dyrkere .....	30
3.1.3.2	Høsting av villtare .....	31

3.1.4	Forskning og utvikling.....	32
3.1.5	Midtnorske synergier .....	33
3.1.5.1	Pelagisk industri.....	33
3.1.5.2	Lakseindustrien.....	34
3.1.5.3	Landbruket .....	36
3.1.5.4	Smelteverksindustrien.....	38
3.1.5.5	Emballasjeindustrien .....	40
3.1.5.6	Byggematerialer .....	40
3.2	Klimapositive bidrag. Karbonregnskap .....	41
3.3	Begrensende faktorer .....	43
3.3.1	Arealer på Trøndelagskysten.....	43
3.3.1.1	Arealbehov .....	43
3.3.1.2	Eksisterende akvakulturreal i Trøndelag .....	44
3.3.1.3	Kommunale planer .....	44
3.3.1.4	Interesser i kystsonen.....	44
3.3.1.5	Arealtilgang og dyrkingspotensial .....	47
3.3.1.6	Muligheter .....	48
3.3.2	Oppskalering av produksjonen.....	49
3.3.2.1	Plan for oppskalering, JIP Seaweed Carbon Solutions.....	49
3.3.2.2	25 000 tonn tare. Et eksempel .....	50
3.3.2.3	Verdikjedemodell .....	50
3.3.2.4	Produksjon av kimplanter.....	51
3.3.2.5	Fra seed til ferdig høstet biomasse .....	52
3.3.2.6	Stabilisering av biomassen .....	52
3.3.2.7	Bearbeiding til ulike produkter.....	54
3.3.2.8	Økonomiske kalkyler .....	54
3.3.3	Logistikk .....	59
3.3.4	Sesongbasert produksjon, alternative råstoffer.....	60
<b>4</b>	<b>Industriell produksjon frem mot 2030. ....</b>	<b>62</b>
4.1	Lokal forankring .....	63
4.2	Sammenligning av norsk og europeisk tareindustri .....	63
4.3	Markedsmuligheter .....	64
4.3.1	Eksisterende markeder.....	64
4.3.2	Markeder under utvikling.....	66
4.3.3	Konkurranse om råvarene .....	67
4.4	Produksjonsmuligheter.....	67
4.5	Standardisering .....	68
4.5.1	Standardisering av produksjonsdata .....	68
4.5.2	Designstandard for toreanlegg .....	69
4.5.3	Kvalitetsstandarder for høsting og foredling av tare til mat og fôr. ....	70
4.6	Utvikling av leverandørindustri.....	70
4.7	Finansiering og virkemidler.....	71

4.7.1	Hva vil det koste å utvikle en tareæring? .....	71
4.7.2	Finnes det virkemidler? .....	72
4.8	Veien videre. En mulig modell. ....	73
4.8.1	Trøndelag Tarekompani. ....	73
4.8.2	Trøndelag Tarekompani, driftsmodell.....	73
4.8.3	Hvordan kommersialisere Trøndelag Tarekompani? .....	75
4.8.4	Hva innebærer et kommersialiseringsprosjekt? .....	76
4.8.5	Hvordan engasjere medinvestorer i prosessen?.....	78
<b>5</b>	<b>Vedlegg .....</b>	<b>79</b>
5.1	Prosjektportefølje innenfor tareforskning.....	79
5.2	Kalkyle for dyrking av tare ("Råvarekost").....	80
5.3	Produktkalkyler .....	82
5.3.1	Anvendelse av tare til mat.....	82
5.3.2	Anvendelse av tare til biokull .....	83
5.3.3	Anvendelse av tare til bioingrediens .....	84
5.3.4	Anvendelse av tare til bioemballasje.....	85

# 1 Summary

## 1.1 Why seaweed production?

The production and utilization of seaweed is a growing industry worldwide. The industry is expected to have a steady annual growth on 5-10 % from today's approximately 36 million metric tons wet weight (ww) towards 2050<sup>1</sup>, 97 % produced by cultivation and the rest by harvesting wild seaweed. The industry is an important contributor for reaching the UN Sustainable Development Goals (SDG's) and has a double positive effect through (1) fixation of CO<sub>2</sub> during growth and (2) utilization of the biomass for different applications where food is the most important.

Norway has a long tradition for utilizing the coastline for food production (fisheries and aquaculture). The Trøndelag region has played a major pioneering role in developing the salmon industry from its start more than 50 years ago. Based upon the natural conditions, industrial experience, a strong scientific community (NTNU and SINTEF), and ambitions for the "Green shift", the Trøndelag County Council decided in February 2023 to accept a proposal from SINTEF Ocean to develop the "The Trøndelag Roadmap to Sustainable Seaweed Production".

## 1.2 The potential in Trøndelag

The long-term target for the development of a seaweed cultivation industry in Trøndelag is a production of approximately 1,3 million tonnes ww of seaweed. The required production area is approximately 82 square kilometre representing 0,2 % of the ocean area available in the 8 coastal communities in Trøndelag (see Chapter 3.1.1 below). From 1,3 million metric tons of seaweed, the estimated value of CO<sub>2</sub> fixation is about 160 000 metric tons, representing a 10 % needed climate positive contribution for Trøndelag to reach the adapted goal of a 55 % emission reduction by 2030.

## 1.3 The roadmap project

The roadmap project has two main targets:

- *Industrialization of seaweed cultivation:* Through SINTEF Ocean and NTNU there is towards 2030 an ongoing regional research portfolio of seaweed related projects on 500-600 MNOK. Based upon the natural conditions along the coast of central Norway, the regional experience in aquaculture, and the state of art biological and technological knowledge, a platform for industrialization of seaweed cultivating production will be established.
- *Climate positive contribution:* The roadmap has a target to make it possible to cultivate seaweed to an extent corresponding to a net climate contribution of 10 % of the adopted greenhouse gas emission reduction targets in Trøndelag towards 2030 and 2050.

Establishing a seaweed cultivation industry on the coast of Trøndelag by 2030 depends on the critical factors listed in Table 1.1. below. The critical factors can be eliminated in different ways. The table below gives an overview of the critical factors, the present status (2024), the targets for 2030 and the actions that must be taken from 2024 to 2030 ("*The Roadmap*") to obtain the goals.

---

<sup>1</sup> FAO 2021c. Fishery and Aquaculture Statistics. Global production by production source 2050 -2019 (Fish Stat J).

	Status in Trøndelag in 2024	Required industrial level in 2030	Process recommended for 2024-2030
Biology	Through upscaling projects, the work is well underway. However, results from this activity remain to be documented to achieve a predictable industrial production method and to explore the genetic potential of the species.	Production must provide predictable quantity and quality of relevant species in industrial scale.	Continue ongoing research programs and pilot and upscaled production at the Storflua research site in Frohavet. Annual production cycles will bring new practical experience for biological parameters during industrial production.
Technology	Technological development projects that aim to obtain standardized industrialized cultivation systems within 3-5 years are underway.	The production systems have been tested and found functional ("Proven functional") under natural production conditions. The use of automated systems for growing, harvesting, and processing have been implemented.	Continuing ongoing research programs, piloting and upscaled production at Storflua. Experience with handling and logistics connected to the whole process from deploying seeds to harvesting, transportation and stabilising the fully grown seaweed. Standardized procedures are established.
Market	Trøndelag currently has only one seaweed producer (Seaweed Solutions), which is one of Norway's largest. The company has targeted different markets. The products have been unprocessed, frozen or dried kelp, which has been used as raw material for further processing/consumption in Europe. There were previously two more smaller producers in Trøndelag, but they have stopped due to rules regarding excessive iodine content in kelp for use in food.	The market confirms stability and growth in demand of the prioritized products.	Fact based market information must be achieved as a basis for strategic decisions: (1) Pilot customers (companies) must be identified and directly addressed. An initiative is taken with Innovation Norway to develop contacts in France and Japan. (2) Synergetic product development between seaweed cultivation and other value chains in the Trøndelag region must be explored.
Management Laws	There is a good dialogue with the local administrations on introduction of seaweed cultivation. However, there are no plans to change today's arrangements for this.	The production and scale-up of this is regulatory un-problematic.	Strengthen the dialogue between the roadmap project and the authorities on community, county and national levels.
Anchoring in the local environment and in relation to other users of the sea	There is dialogue and understanding among public authorities and various business interests of developing industrial seaweed cultivation in Trøndelag. However, this platform can be further developed to create a common understanding of the opportunities for bio-based production provided by the ocean, including seaweed cultivation.	The production is accepted by local communities and among other users of sea areas. A collaboration platform has been established.	Contact with the local communities administrating sea areas and other established and potential users of the sea areas must be strengthened. Establish a strong political momentum for seaweed production as a positive contributor to climate change and establishing new industrial activities along the coast.
Investors	Lower investor interest in Norway than the rest of Europe	Seaweed production attracts both Norwegian and foreign investors based upon yield and risk.	Seaweed production and utilization must be promoted as an economic, environmental, and social investment with a great potential

## 1.4 Trøndelag`s position

The Norwegian seaweed industry has so far been mainly based upon harvesting wild seaweed along the coast. This is very different from the global situation where cultivation of seaweed is dominating (97 %). However, this does not mean that the Trøndelag region and the rest of Norway have any disadvantages for developing a seaweed cultivation industry. There are regional strengths that can be utilized. Table 1.2. below gives an overview of these strengths.

*Table 1.2. Regional strengths for establishing industrial seaweed cultivation.*

Strength	Description
Regional anchoring	The strategic development plan for Trøndelag County makes priority to the development of both land- and ocean-based green industry in the region. The County has through the present project allocated resources for establishing a realistic roadmap with industrial seaweed cultivation as main contributor. The coastal communities have strong interest in developing new ocean-based industries.
Ocean-based industries	The aquaculture industry in Trøndelag has through 50 years of development documented a unique innovative strength and risk willingness in developing ocean-based food production. This includes salmon production, logistic systems, and suppliers of technology and services.
Research and development community	There are more than 70 years of regional research activities connected to seaweed utilization. SINTEF and NTNU is towards 2030 serving a seaweed research project collection of 500-600 MNOK. Priority has been made at SINTEF Ocean through establishing a dedicated group serving as a "Centre of gravity" in macroalgae research. The high schools Guri Kunna and Val are offering relevant educational programs.
Potential for regional synergies	Trøndelag has a broad business sector. Different value chains are linked to the exploitation of natural resources such as agriculture, packaging, lumber, salmon industry, processing of wild fish or production of metals based on of access to electric power. A review of the various value chains (see Table 1.3 below and Chapter 3.1.5) shows that there are synergies towards these industries that can directly or indirectly contribute to creating environmental benefits. The economic calculations for the various products from seaweed show that exploitation of the opportunities associated with other value chains will be a prerequisite for achieving profitability.

The seaweed production in Trøndelag will be strengthened by cooperation with other regional value chains. Investment cost can be reduced, green products can be developed, and contributions made to the UN Sustainable Development Goals (SDG`s) (Chapter 2.5.1). Table 1.3. below gives a summary of these possibilities.



Table 1.3. Possible synergies between seaweed industry and other regional value chains.

Value chain	Synergy to seaweed production	Contribution to SDG's	Local companies
Pelagic fishing industry	Freezing and storage capacity	Capacity utilization	Grøntvedt Pelagic
Metallurgic industry	Excess of heat for drying	Energy saving Biobased reduction agent	Holla, Elkem, Washington Mills
Salmon industry	Supply of nutrients (IMTA) Feed ingredients	Reduced emission	Several aquaculture companies
Packaging industry	Polymers for packaging	Biodegradable packaging	Bewi, Norske Skog
Agriculture	Biochar Feed additive (red algae)	Less use of fertilizer Reduction in methane emission	All over Trøndelag
Building industry	Utilization of fibres in algae	New materials, carbon storage	Construction, lumber producers (Inntre Kjelstad AS)

## 1.5 The industrial pilot

Setting up a seaweed cultivation industry in Trøndelag with a production target of 1.3 million metric tons by 2030 requires several scaling-up steps. It is crucial to be able to follow and promote other relevant ongoing projects in Trøndelag. The *JIP Seaweed Carbon Solutions*<sup>2</sup> (JIP= Joint Industry Project) is a research and development project that aims to design, construct, and operate large-scale cultivation of kelp to capture and store carbon as a climate-positive contribution. The plan for scaling-up the production in this project is given in Table 1.4 below.

Table 1.4. Plan for scaling-up the JIP Seaweed Carbon Solutions project.

Project phase	Task	Year	Funded	Capacity		
				Tons wet - weight kelp	Tons CO <sub>2</sub> capture/year	
1	JIP Seaweed – CDR pilot	Ongoing	2023	Yes	150	15
		Ongoing	2025	Yes	500	50
2	JIP Option - Demonstration	Planned	2026	No	10 000	1000
3	Industrialisation, Commercialisation	Planned	2029	No	100 000	10 000
		Planned	2030	No	1 000 000	100 000

<sup>2</sup> [Seaweed Carbon Solutions \(JIP\) - SINTEF](#)

Estimates for the production cost of four different products (food/feed, bioingredient, biochar and packaging materials) have been made. Possible market prices have been estimated for four different products to be able to calculate the possible profitability (see Chapter 3.3.2.8 and Appendix 5.3.) The conclusion is that there in the short term is a possible profit margin in the food/feed and bioingredient markets. However, the threshold for entering the markets is high. The market price for biochar is too low for a profitable production from seaweed, indicating that additional products of higher value must be made from the same biomass. Applying the seaweed for production of biodegradable packaging materials can represent a future market, but it will still require further development.

By setting an example of the production of 25,000 tonnes of seaweed, calculations have been made that can give an indication of whether it will be possible to invest in industrial seaweed cultivation on the Trøndelag coast. A quantity of 25,000 tonnes of seaweed represents only about 2% of the total target of a production of 1.3 million tonnes in 2030.

## 1.6 Carbon capture and storage

The potential for carbon capture and storage by cultivated seaweed depends on how the seaweed is cultivated, how it is harvested and processed, as well as the environmental conditions at the cultivation site. Like terrestrial plants, marine macroalgae fix carbon through the uptake of CO<sub>2</sub> and production of O<sub>2</sub> by photosynthesis. The carbon in the biomass at harvest time may constitute carbon removal if it is properly stabilized, i.e. if the carbon is not consumed, digested, or degraded. This may, for example, be achieved by depositing seaweed in deep oceanic water (below the thermocline) or by, e.g., producing biochar.

In addition to the carbon present in the biomass that is harvested, macroalgae release organic carbon in both dissolved and particulate form during the growth phase. A fraction of these carbon compounds is very resistant against degradation and can persist in the environment, thus representing a storage of CO<sub>2</sub>. Whether, and to what extent, this released carbon enters permanent storage depends on several factors, like where and when the macroalgae are being cultivated. But this effect is always present, to some degree, and thus contributes regardless of how the biomass is processed and later used.

Estimates for the area requirements for cultivation of 25,000 and 1.3 million tonnes of seaweed, with a corresponding uptake of 3,125, resp. 160,000, tonnes of CO<sub>2</sub> have been made based on coupled biophysical ocean models for Trøndelag. The available areas are ranked according to potential productivity. Assuming the most productive available areas are used, the area requirements for capturing and storing the carbon varies two-fold between optimistic (high natural sequestration, low CO<sub>2</sub> usage on processing) and pessimistic (low natural sequestration, high CO<sub>2</sub> usage in processing) scenarios.

## 1.7 Business concept for Trøndelag Seaweed Company

A competitive business plan for industrial seaweed cultivation, processing, and marketing in Trøndelag, must be based upon all the regional strengths. Natural conditions, the ongoing research and development activities, the ocean based industrial cluster in the region (Chap. 3.1.5), and partnership with European multinational companies focusing upon the use of climate positive raw materials for their product development (Chap. 4.3).

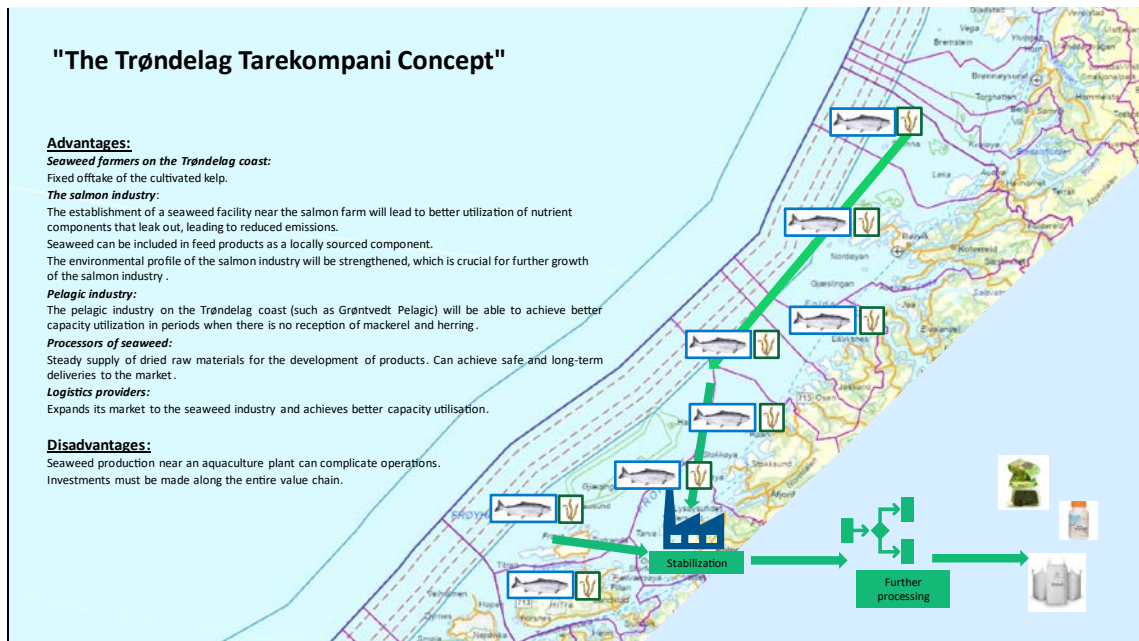


Figure 1.1. Production concept for seaweed cultivation and utilization in Trøndelag.

Figure 1.1. suggests a structure for an industrial cultivation and utilization industry on the coast of Trøndelag. The cultivation in the sea must be seen in relation to the aquaculture industry already operating sea-based production and logistic systems. Stabilization and storage of the seaweed produced through a short season can be connected to the pelagic freezing and processing industry already established in the region. Drying and further processing capacity can then be established based upon a year around supply of seaweed. A win-win concept can be defined for partners is described in Table 1. 6 below.

Table 1.6. Win-win business concept for partners in the seaweed cultivation industry.

Industrial participant	Advantage
Seaweed producer	Stable outlet for the cultivated seaweed
Aquaculture industry	Reduced release of nutrients due to IMTA (integrated multitrophic aquaculture), possible supply of new feed ingredients, strengthening the "green reputation", possible volume growth through new green licences
Freezing plant (pelagic)	Increased capacity utilization. Strengthening the raw material base for production
Processor	Stable supply of raw materials, market driven development
Supplier industry	Domestic supply and new global market development

## 1.8 Commercialization project

SINTEF Technology Transfer Office (STTO) has extensive experience in commercialising technologies and solutions through licensing and the establishment of focused start-up companies. Related to

seaweed cultivation, the preferred model is start-up companies as it is seen that this is the model that attracts the most competent development capital and market access, and thus the greatest probability of success. The ambition is to establish a focused start-up company to commercialize the technology and business idea Trøndelag Seaweed Company. The approach described is rooted in the approach STTO have used to commercialise the more than 15 companies established and capitalised in the funds SINTEF Venture V and VI from 2018 until now. Figure 1.2. below describes how we work with investment opportunities and, subsequently, companies.

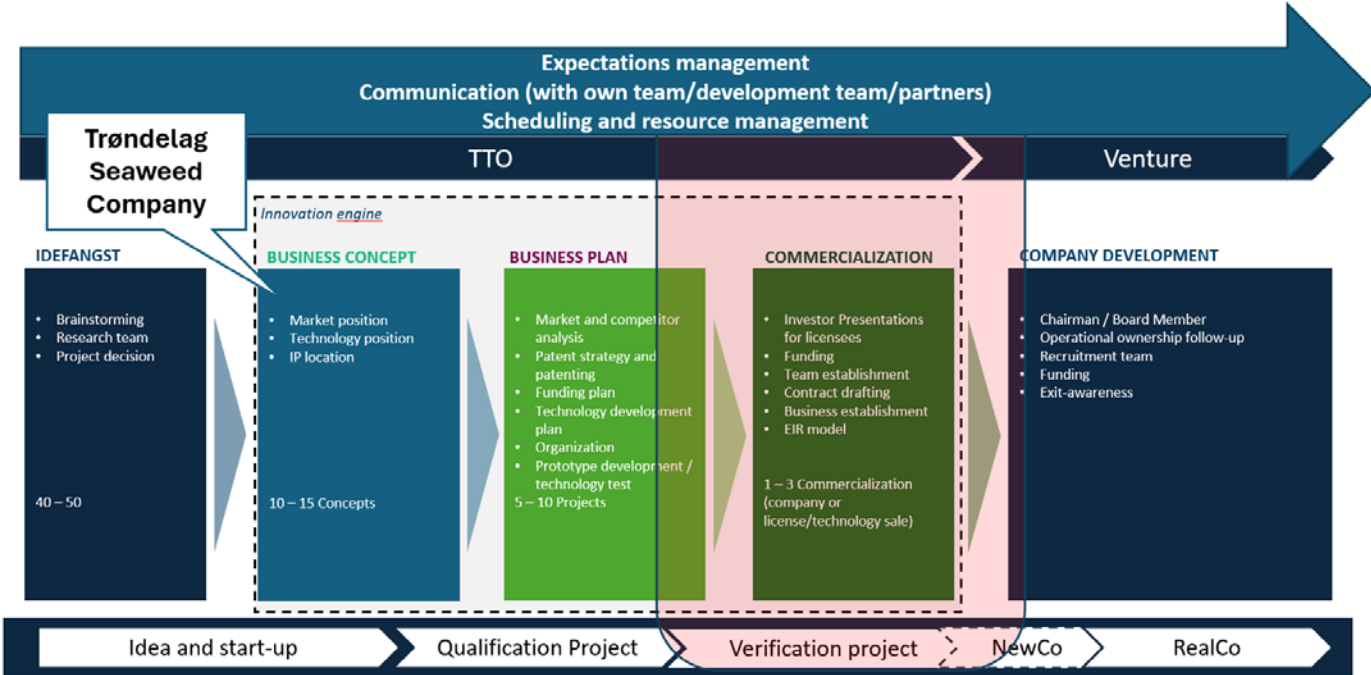


Figure 1.2. Model for commercialization of Trøndelag Seaweed Company ("KelpCorp")

# 2 Bakgrunn



*Høsting av tare i Rongcheng city i Øst-Kinas Shandong Provins,  
Kinas største base for produksjon av tare (photo Li Xinjun)  
People's Daily Online 13:38 June 13<sup>th</sup>, 2023*

## 2.1 Tang og tare, definisjoner, historikk i Norge <sup>3</sup>

Tang og tare omfatter i dagligtale større havalger (makroalger). I snevrere betydning menes med tang og tare flerårige brunalger, henholdsvis innen ordenene *Fucales* og *Laminariales*. Tang er arter som særlig er knyttet fjæresonen, mens taren vokser dypere i sjøen.

De viktigste tangartene i Norge er blæretang, sagtang, sauetang, grisetang, spiraltang, skulpetang og knapptang. Siden slutten av 1980-tallet har en japansk art, japansk drivtang kommet inn i norsk algeflora. Betegnelsen tang brukes også om enkelte store rødalger.

Navnet tare brukes om de store brunalgene med flerårig stilk (*stipes*) og en ettårig bladaktig del (*lamina*). De vanligste artene på norskekysten er stortare, fingertare og sukkertare. Av tareartene utgjør stortare hovedmassen. Der det er fjellbunn langs kysten dannes det en tareskog, fra cirka én meters dybde og ned til 20-30 meters dybde med størst mengde ned i 5-10 meters dybde. Tarevoller som dannes på stranden etter en storm, består hovedsakelig av stortare.

---

<sup>3</sup> Store norske leksikon

I uminnelige tider har tang og tare vært brukt som fôrtilskudd til husdyr. Navn som butare, kutare, sauetang, grisetang og så videre vitner om dette. Algene ble ofte kokt sammen med fisk og fiskeavfall.

Verdien av tang og tare som fôr skyldes i første rekke det store innholdet av forskjellige vitaminer, mineraler og sporstoffer som kan hindre mangelsykdommer i husdyr. I Norge produseres det tangmel og tangekstrakter av rundt 30 000 tonn grisetang pr. år til bruk i fôr og biostimulanter til jordbruk.

På 1700- og 1800-tallet ble store mengder av tang og tare brent langs kysten, og asken ble brukt til utvinning av soda til glassfabrikasjon. Senere ble jod utvunnet fra tangasken, og det var flere jodfabrikker i Norge. Enkelte år ble det eksportert opptil 6000 tonn aske, noe som tilsvarte 100 000 tonn fersk tare. Tarebrenningen la en sur røyk over kystdistriktene og skapte til tider en skarp diskusjon om dens skadelige virkninger, inntil den opphørte i 1930-årene da andre jodkilder var oppdaget. I det samme tidsrommet ble det etter hvert klart at de organiske innholdsstoffene i tang og tare, først og fremst alginat kan utnyttes. Det høstes derfor i dag årlig cirka 160 000 tonn stortare ved taretråling som i sin helhet benyttes i alginatindustrien. Den norske alginatindustrien med IFF (tidligere DuPont Nutrition Norge AS) i Vormedal i spissen, er blant de største i verden og omsetter for cirka 1,5 MRDNOK, mens Nutrimar (Frøya) høster stortare på tilsvarende måte i og utenfor Trøndelag.

Det er først i senere år at interessen for å dyrke tare i Norge har utviklet seg. De viktigste artene til dette formålet er sukkertare og butare, og anvendelsen er hovedsakelig til humant konsum og dyrefôr. En del dyrkes også i forskningsøyemed, for bruk i utvikling av nye produkter som emballasje, energi, jordforbedring og karbonlagring. Av tang dyrkes det ingen arter i Norge enda, men noen dyrkere prøver seg på de mindre makroalgene havsalat og søl. Den første taredyrkingen i Norge ble utført i 2009.

## 2.2 Hvorfor utvikle veikart for industriell taredyrking i Trøndelag?

Trøndelag har naturgitte forhold når det gjelder dyrking av tare både når det gjelder en lang kystlinje og områder til havs. Det er også enkeltaktører i regionen som er i gang med dyrking av tare og som er å betrakte som ledende i en europeisk sammenheng.

Trøndelag med NTNU i spissen har siden 1950-tallet drevet forskning knyttet til utnyttelse av tang og tare. Samlet sett er det i dag i NTNU og SINTEF en forskningskompetanse og kapasitet som fortsatt utgjør et nasjonalt tyngdepunkt.

I årene fremover mot 2030 skal det i Trøndelagsregionen foregå forsknings- og utviklingsprosjekter rettet mot dyrking og utnyttelse av tare på til sammen cirka 400-500 MNOK.

***Hovedmålet med veikartprosjektet blir derfor å sikre at den pågående forskningsaktiviteten får en industriell profil som gir betydelig verdiskaping basert på dyrking av tare allerede i 2030.***

Dette er mer inngående drøftet i kapittel 2.4 under.

Med utgangspunkt både i EUs og Norges målsettinger om 55 % reduksjon i utslipp av klimagasser i 2030 og klimanøytralitet i 2050, er dette også de målsettingene som gjelder for Trøndelag. Taredyrking vil gjennom fotosyntesen bidra til å binde CO<sub>2</sub> og dermed kunne representere et klimapositivt bidrag for å oppnå de vedtatte klimamålene. Innenfor veikartet er det derfor definert konkrete målsettinger for klimapositive bidrag.

***En målsetting innenfor veikartprosjektet vil være å dyrke tare i et omfang som tilsvarer et klimapositivt nettobidrag på 10 % av de vedtatte reduksjonsmålene for utslipp av klimagasser i Trøndelag frem mot 2030 og 2050.***

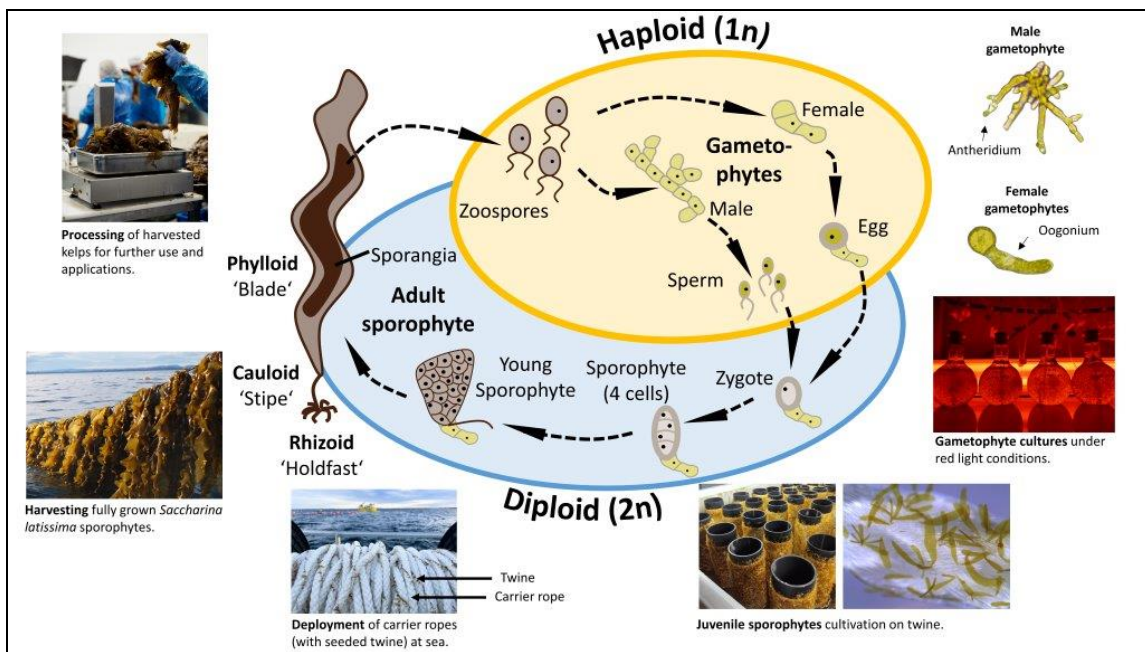
Dette vil bli drøftet mere inngående i kapittel 2.6 under.

## 2.3 Industriell tare dyrking: Kritiske faktorer

For å oppnå hovedmålsettingene beskrevet over er det en hel rekke delelementer som må være på plass for at tare dyrkingen skal kunne oppskaleres og etableres som en ny verdiskapende næring. De enkelte kritiske elementene er gjennomgått i avsnittene under. En samlet oversikt over kritiske faktorer, deres status i 2024, hva som må til i 2030 og hvilken prosess det må legges opp til fra 2024 til 2030 er summert i Tabell 1.1.

### 2.3.1 Biologisk optimalisering

Det å industrialisere og optimalisere en biologisk prosess er krevende og langsiktig. Dyrking av tare er i så måte ikke noe unntak. De aktuelle artenes habitat og livssyklus er beskrevet i litteraturen. Herunder også sukkertare (*Saccharina latissima*) og butare (*Alaria esculenta*) som er blant de viktigste artene det vil være aktuelt å dyrke og kommersialisere i Trøndelagsregionen. Figur 2.1 viser livssyklusen til sukkertare.



Figur 2.1 Livssyklusen til sukkertare (*Saccharina latissima*) deles inn i en diploid (blå) og en haploid (gul) fase. Voksne sporofytter ( $2n$ ) frigjør zoosporer, som vokser til hannlige eller hunnlige gametofytter ( $1n$ ). Hunnlige gametofytter frigjør egg/oogonium ( $1n$ ); hannlige gametofytter frigjør spermatozoider ( $1n$ ). Egg og kjønnsceller smelter sammen til zygoter ( $2n$ ), som vokser til sporofytter ( $2n$ ). Bildene viser hvordan de ulike fasene i dyrking av sukkertare er implementert i livssyklusen. Bilder: SINTEF Ocean, Seaweed Solutions og I. Bartsch. Kilde: Sæther et al. 2024<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Sæther M., Diehl N., Li H., Scheschonk L., Burgunter-Delamare B., Niedzwiedz S., Bischof K., Monteiro C., Forbord S. (2024). "The sugar kelp *Saccharina latissima* II: recent advances in farming and applications". Journal of Applied Phycology. 10.1007/s10811-024-03213-1

Det neste skrittet har vært å utarbeide protokoller for dyrking av tare i laboratorier for deretter å gjennomføre dyrkingsforsøk både i laboratorier og i sjøen. Etter hvert har hele dyrkingsprosessen fra stamplanter til høstbar biomasse blitt demonstrert. Dyrkingsprosessen er blitt testet i stor skala og de viktigste flaskehalsene er identifisert. Kunnskap om miljøfaktorer og hva som er gode dyrkingslokaliteter i sjø foreligger og er etter hvert beskrevet og testet i stor skala.

Det gjenstår imidlertid en del arbeid før det går an å si at hele prosessen med kimplanteproduksjon på land og tilvekst i sjøen skjer kontrollert og i full skala. Det foreligger utfordringer med begroing, noe som har innflytelse på når taren må høstes inn og dermed på utbyttet av tarebiomasse. Det er foreløpig gjort svært lite på avl av de norske tareartene.

Den endelige målsettingen for biologien er å kunne si at produksjonen gir en forutsigbar mengde og kvalitet i full industriell skala. Som for kulturplanter på land vil genetiske endringer gjennom avl være et viktig verktøy for å gi høyere utbytte og sykdomsresistens hos tare. Bruk av gen-redigeringsteknikken CRISPR-Cas til å gjøre målrettede endringer i arvematerialet uten å måtte gå via mange generasjoner og tilfeldige mutasjoner kan også bli aktuelt i domestiseringen av tare. Siden kryssninger mellom vill og domestisert tare neppe kan forhindres, må spørsmålet om dette er akseptabelt besvares før man tar avl eller gen-redigering i bruk.

- Status i Trøndelag pr. 2024: Gjennom oppskalering av eksisterende prosjekter er arbeidet godt i gang. For å oppnå en forutsigbar industriell produksjonsmetode og for å utforske artens genetiske potensial må resultater fra denne aktiviteten dokumenteres.
- Nødvendig industrinivå i 2030: Produksjonen må gi forutsigbar mengde og kvalitet av aktuelle arter i industriell skala.
- Anbefalt prosess, 2024-2030: Videreføre pågående forskningsprogrammer og pilotere og oppskalere produksjonen på SINTEFs anlegg på Storflua. Årlige produksjonssykluser vil gi ny praktisk erfaring for biologiske parametere under industriell produksjon.

### 2.3.2 Teknologisk utvikling

Det kan være en lang utviklingsvei fra at det foreligger en teknologisk idè til et teknologisk system er "*proven functional*" i det aktuelle miljøet. Idèen må først beskrives eksplisitt slik at den er enkel å oppfatte. Deretter vil det være nødvendig å prøve ut idèen eksperimentelt i liten skala for å vise at idèen fungerer, såkalt "*proof of concept*". Videre må teknologiske enkeltelementer testes og valideres i laboratoriet før den integrerte teknologien testes og demonstreres i relevant miljø. En systemprototype kan deretter utvikles og testes i relevant miljø. Produktet bør deretter gå gjennom en fase der det funksjonaliteten valideres og optimaliseres før det aktuelle systemet er "*proven functional*" i naturlig miljø.

Verdikjeden som omfatter dyrking og utnyttelse av tare består av flere ulike prosesstrinn. Disse står på ulikt nivå i den teknologiske utviklingen. F.eks. er det ulike måter å gjennomføre den såkalte påsåingsprosessen på der det fortsatt gjenstår en del før en rasjonell prosess er innarbeidet. Imidlertid legges det innenfor de pågående prosjektene ledet av SINTEF Ocean som *RI Seaweed/Norsk taresenter*<sup>5</sup> (2022-2032, etablering av nasjonal infrastruktur) og *JIP Seaweed Carbon Solutions* (2022-2024, oppskalering) opp til at dette skal komme på plass i årene fremover.

Taredyrkingen i Norge (og globalt) innebærer i dag mye manuelt arbeid langs hele verdikjeden fra utsett til prosessering, noe som bidrar til en høy kostnad på råstoffet. En forutsetning for videre

---

<sup>5</sup> <https://norsktaresenter.no/>



oppskalering og økt fortjeneste vil være mer omfattende implementering av mekaniske og automatiserte løsninger. Videre vil det være viktig å utvikle og skalere teknologi for å benytte sidestrømmer og restråstoff som kan gi nye produkter og øke verdiskapingen.

- Status i Trøndelag pr. 2024: Det foregår teknologiske utviklingsprosjekter som har som målsetting å fremskaffe standardiserte industrialiserte dyrkingssystemer i løpet av 3-5 år.
- Nødvendig industrinivå i 2030: Produksjonssystemene må være testet og funnet funksjonelle under naturlige produksjonsforhold. Bruk av automatiserte systemer for dyrking, høsting og prosessering må være gjennomført.
- Anbefalt prosess, 2024-2030: Videreføring av pågående forskningsprogrammer, pilotering og oppskalert produksjon på Storflua. Erfaring med håndtering og logistikk knyttet til hele prosessen fra utsetting av frø til høsting, transport, stabilisering og videre bearbeiding av den fullvoksne taren.

### 2.3.3 Markedsaksept

Svært mange anvendelser av taren direkte, eller produkter hentet ut fra tare og videre bearbeidet er beskrevet i litteraturen (se kap. 4.3). På noen områder, f.eks. bruk av tare til konsum, foreligger det lange tradisjoner. Tare er etablert som en "*commodity*". Videre er utnyttelse av råvaren til fremstilling av taremél eller alginat produkter i fungerende markeder i dag.

Med utgangspunkt i industriell dyrking av tare i Trøndelag der målsettingen i fremtiden er å fremstille over en million tonn tare, er det viktig tidlig i prosessen å ha en god plan for hvordan et økt volum skal kunne kanaliseres inn i markedet. Selv om markedets behov er godt beskrevet er det ikke gitt at det uten videre kan oppnås markedsaksept i forhold til nye leverandører. Det vil derfor være nødvendig både med tydelige beskrivelser av markeder og strategier for hvordan eksisterende og nye produkter skal penetrere et marked. Markedene kan så valideres gjennom pilotkampanjer før en endelig forretningsmodell beskrives og produktet lanseres. Dersom kundene bekrefter fremgang og preferanse kan etter hvert mulige salgssinntekter predikeres. Den endelige målsettingen vil være at markedet bekrefter stabilitet og vekst.

- Status i Trøndelag i pr. 2024: Trøndelag har i dag kun en tareprodusent (Seaweed Solutions), men som til gjengjeld er Norges største. Bedriften har så langt rettet seg mot ulike markeder. Produktene har vært ubearbeidet frossen eller tørket tare som har gått inn som råstoff til videre foredling/konsum i Europa. Det var tidligere ytterligere to mindre produsenter i Trøndelag, men som har sluttet grunnet regler om for høyt innhold av jod i tare til bruk i mat.
- Nødvendig industrinivå i 2030: Markedet må bekrefte stabilitet og vekst i etterspørselen etter de prioriterte produktene.
- Anbefalt prosess 2024-2030: Faktabasert markedsinformasjon må oppnås som grunnlag for strategiske beslutninger:
  - Pilotkunder (selskaper) skal identifiseres og henvendes direkte til.
  - Samarbeid med Innovasjon Norge om utvalgte markedsområder som f.eks. Frankrike og Japan.
  - Synergistisk produktutvikling mellom taredyrking og andre verdikjeder i Trøndelag skal utredes (se kapittel 4.2 nedenfor).

### 2.3.4 Lovgivning og godkjenninger

Tabellene under (Tabell 2.1.) viser Fiskeridirektoratets statistikk for antall tillatelser gitt i Norge oppdatert pr. 26.01.2023 fordelt fylkesvis og på art. Tabellen viser at det i Trøndelag er gitt 23 tillatelser fra 2014 frem til 2022. Det fremgår også at dette er et lavt tall sammenlignet med både Vestland og Nordland.

Tabell 2.1 Antall tillatelser gitt for taredyrking i Norge. Fiskeridirektoratets statistikk<sup>6</sup>.

Antall tillatelser pr. 31. desember fordelt på fylke									
Number of licences per 31 December by county									
Fylke/County	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
Troms og Finnmark	11	9	6	6	2	1	0	0	0
Nordland	174	174	173	152	124	123	108	61	0
Trøndelag	23	23	23	23	27	19	18	17	10
Møre og Romsdal	12	12	12	9	7	3	1	1	0
Vestland	300	283	280	273	235	153	114	84	44
Rogaland	2	3	3	2	2	1	1	1	0
Agder	16	16	14	9	9	9	0	0	0
Øvrige fylker	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<b>Total/Total</b>	<b>539</b>	<b>520</b>	<b>511</b>	<b>475</b>	<b>406</b>	<b>309</b>	<b>242</b>	<b>164</b>	<b>54</b>

Antall tillatelser pr. 31. desember fordelt på art*									
Number of licences per 31 December by species									
Art/Species	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
Sukkertare/Sea belt	119	113	106	92	78	55	41	30	12
Fingertare/Tangle	106	101	93	82	70	50	36	27	13
Butare/Baberlocks	112	106	98	88	75	52	38	28	10
Søl/Dulse	96	91	84	70	60	42	27	17	3
Andre arter/Other species	460	349	322	246	223	176	132	88	22
<b>Total/Total</b>	<b>893</b>	<b>760</b>	<b>703</b>	<b>578</b>	<b>506</b>	<b>375</b>	<b>274</b>	<b>190</b>	<b>60</b>

\* En del tillatelser omfatter flere arter. I tabelloppsettet på art telles tillatelsene flere ganger, og gir derfor et høyere antall enn sum tillatelser i tabellen "Totalt antall tillatelser per 31. desember fordelt på fylker".

Tildeling av konsesjoner for dyrking av tare skjer i dag i henhold til akvakulturloven. Siden denne loven først og fremst er utarbeidet for oppdrett av fisk, er den ikke skreddersydd for å vurdere konsesjoner for dyrking av tang og tare. Ved en videre ekspansjon av industriell taredyrking i Norge vil det måtte vurderes om det skal utvikles egne regler/forskrifter som kan lette arbeidet for tildeling av tillatelser for taredyrking. Dette for å kunne nå et nivå der det kan sies at produksjon fra et forvaltningsmessig ståsted er uproblematisk å håndtere.

- Status i Trøndelag pr. 2024: Det er god dialog med de lokale myndighetene og forvaltningen omkring innføring av taredyrking. Det foreligger imidlertid ingen planer om å endre på dagens ordninger for dette.
- Nødvendig industrinivå i 2030: Produksjon og oppskalering er forvaltningsmessig uproblematisk.
- Anbefalt prosess 2024-2030: Styrke dialogen mellom veikartprosjektet og myndighetene på kommune- og fylkesnivå.

### 2.3.5 Forankring i lokalmiljøet og til andre brukere av sjøen

Industriell dyrking av tare vil for Trøndelagsregionens vedkommende fremstå som en ny virksomhet som vil legge beslag på sjøareal. For å produsere 1,3 millioner tonn tare er det estimert at det vil være et arealbehov på ca. 82 kvadratkilometer (Figurene 2.2 og 3.6)<sup>7</sup>. Selv om dette kun utgjør 0,24 % av det totale arealet som de 8 kystkommunene på Trøndelagskysten disponerer, må det i stor grad tas hensyn til andre eksisterende og potensielle brukere av sjøarealene. Fiskeriinteresser, farleder, oppdrett av fisk, øvingsfelt for Forsvaret, vindkraftutbygging og utvinning av olje og gass må alle få gi sine innspill slik at det blir mulig å foreta en totalvurdering.

For den enkelte kommunes vedkommende vil det også være naturlig å foreta en vurdering av hvilken avkastning i form av verdiskaping, arbeidsplasser, kompetanse etc. industriell taredyrking kan gi sammenlignet med annen næringsvirksomhet. Siden taredyrkingen fortsatt er i en tidlig fase av den industrielle utviklingen, vil det være et betydelig behov for dialog både med offentlige beslutningstagere og andre brukere og næringsinteresser om hva denne næringen kan forventes å bidra med i fremtiden.

<sup>6</sup> Fiskeridirektoratets statistikk, 2023

<sup>7</sup> Broch et al., 2019 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00529/full>



Figur 2.2 Figuren viser inntegnet kommunenes totale sjøareal.<sup>8</sup>

Med et større offentlig søkelys på bruk av naturressurser enn tidligere, kan det også bli reist spørsmål fra allmennheten og interesseorganisasjoner (NGO) om industriell taredyrking vil være noe som kan bli akseptert. For eksempel vil FN's vedtak om vern av 30 % av havområdene<sup>9</sup> kunne gi konsekvenser også for hvordan vi kan anvende norske havarealer. Med den klimapositive effekten som taredyrking medfører, er det imidlertid liten grunn til å tro at slik virksomhet langs Norskekysten vil bli begrenset av FN's vedtak om vern. Taredyrkingen som sådan må imidlertid også foregå i henhold til FN's vedtak om vern av arealer.

- Status i Trøndelag pr. 2024: Det er dialog og forståelse blant offentlige myndigheter og ulike næringsinteresser rundt muligheten av å utvikle industriell taredyrking i Trøndelag. Denne plattformen kan imidlertid utvikles videre for å skape en felles forståelse av de mulighetene for biobasert produksjon som havet gir innbefattende taredyrking.
- Nødvendig industrinivå i 2030: Produksjonen må være akseptert av lokale myndigheter og blant andre brukere av sjøarealer.
- Anbefalt prosess 2024-2030: Kontakten med lokalsamfunn som forvaltere av havområder og andre etablerte og potensielle brukere av arealer må styrkes. Etablere et sterkt politisk engasjement for tareproduksjon som en positiv bidragsyter til klimaendringer og etablering av ny industrivirksomhet langs kysten.

<sup>8</sup> Trøndelag fylkeskommune. Trøndelag i tall 2022

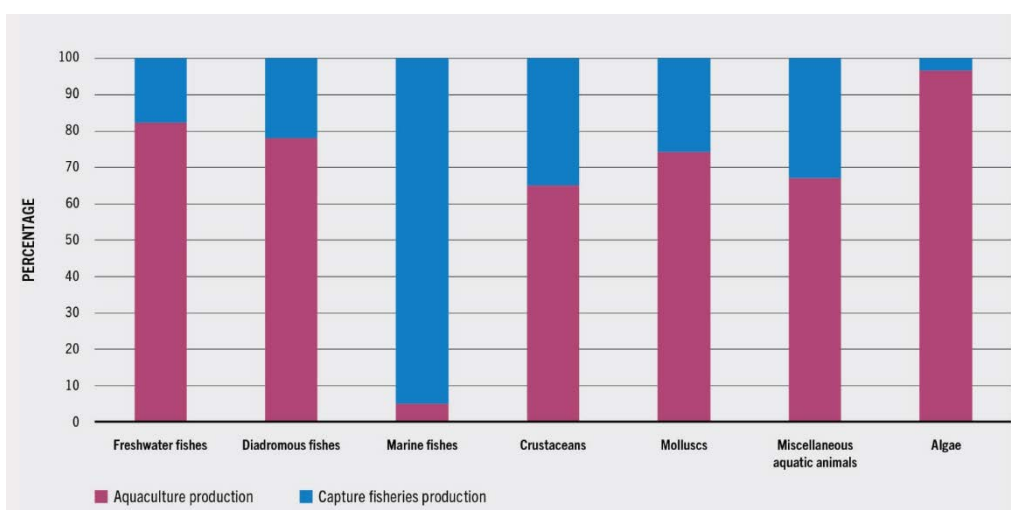
<sup>9</sup> Konvensjonen for biologisk mangfold (CBD), Montreal 2023, [Home | Convention on Biological Diversity \(cbd.int\)](https://www.cbd.int/)

## 2.4 Verdiskaping basert på tare som råstoff

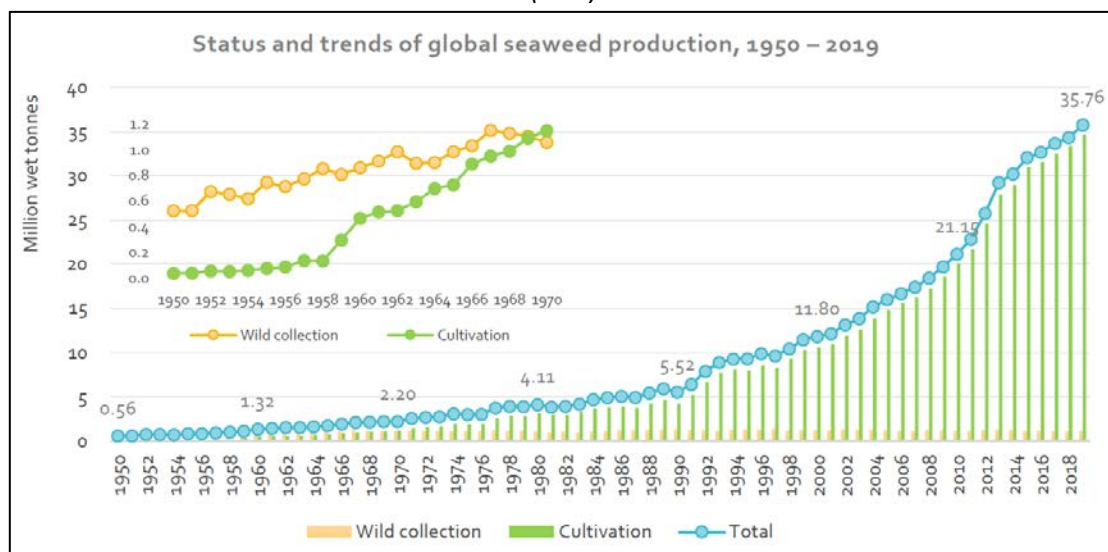
### 2.4.1 Dyrking av tare globalt og i Europa

Verdens fiskeproduksjon (fisk, skall dyr. skjell etc.) var i 2020 på totalt ca. 178 millioner tonn omfattende både villfangst og akvakultur. I tillegg til dette ble det produsert ca. 36 millioner tonn våtvekt alger. Figur 2.3<sup>10</sup> gir en oversikt som viser hvor stor andel av verdens produksjon som fremskaffes gjennom akvakultur. Når det gjelder algeproduksjonen, er det 97 % av biomassen som fremskaffes gjennom dyrking mens bare 3 % høstes direkte fra havet.

På verdensbasis har dyrking av tang og tare hatt en imponerende vekst fra å være på 12 millioner tonn i 2000, 21 millioner tonn i 2010 til 36 millioner tonn i 2020. Asia stod i 2020 for 97 % av den totale produksjonen mens Kina alene i 2020 stod for 57 % og Indonesia for 27 %. Figurene under viser veksten i tareproduksjon globalt (Figur 2.4) og i Europa. (Figur 2.5)<sup>11</sup>



Figur 2.3. Verdens produksjon av akvatiske dyr og alger prosentvis fordelt på akvakultur og villfangst. (FAO)

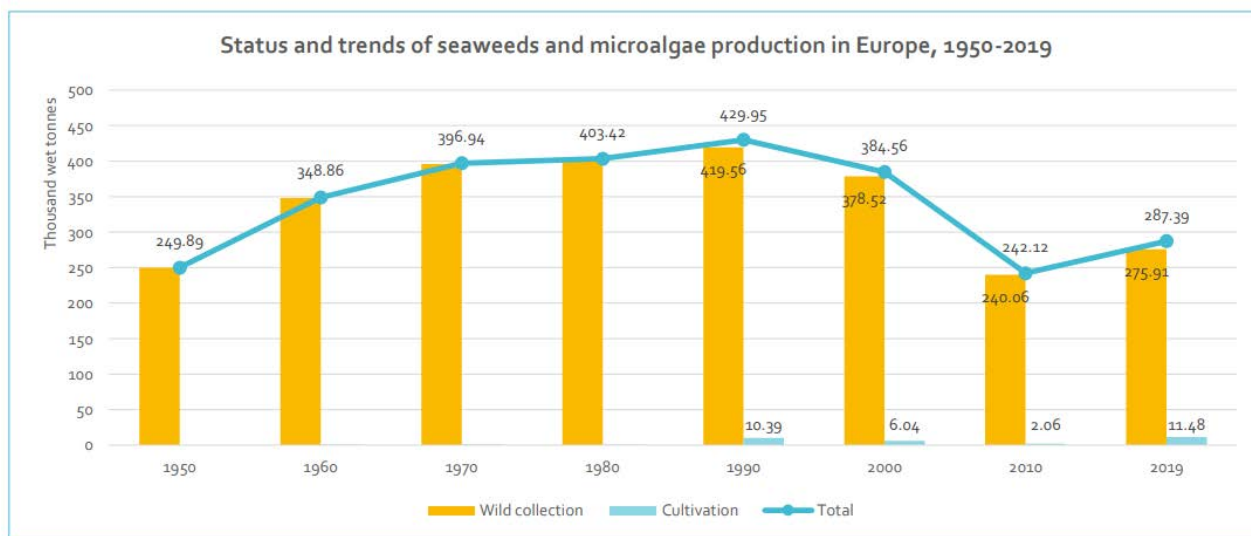


Figur 2.4. Status og trender for den globale produksjonen av tare (FAO, Fishstat)

<sup>10</sup> FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture. [Total fisheries and aquaculture production \(fao.org\)](https://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en)

<sup>11</sup> FAO 2021. FAO Global Fishery and Aquaculture production statistics (FishStat), March 2021. [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en](https://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en)

Det fremgår av figuren at høsting av villtare globalt representerte den største delen av produksjonen frem til ca. 1970 da taredyrking overtok som hovedkilde.



Figur 2.5. Status og trender for produksjon av alger (tare og mikroalger) i Europa (FAO Fishstat)

Det fremgår av Figur 2.5 at i 2019 ble 95 % av algeproduksjonen i Europa høstet direkte. Norge stod for den største delen av dette gjennom å høste ca. 160 000 tonn tare dette året, noe som utgjorde 58 % av produksjonen i Europa. Den lave dyrkingsgraden av ulike tarearter i Europa sammenholdt med en økende etterspørsel globalt, kan utgjøre en positiv driver for å øke produksjonen i Norge. Sammenlignet med andre europeiske stater har Norge svært gode naturgitte forutsetninger for taredyrking.

## 2.4.2 Hva anvendes tare til i dag?

I Asia har tare vært konsumert av mennesker gjennom århundrer. Dette har vært den viktigste driveren for å etablere forsyningskjeder for produksjon av alger i Øst-Asia. Ved siden av den ernæringsmessige verdien, har tare gjennom de senere årene blitt stadig mer populært i det asiatiske kjøkkenet fordi den gir unik tekstur og smak til maten. Dette, sammen med at de fleste artene ikke inneholder uønskede komponenter har gjort tare til et meget attraktivt produkt i næringsmiddelindustrien.

Selv om den største delen av tarebiomassen går direkte til humant konsum, går det en del direkte til f.eks. til abalone, kråkeboller og andre lavtrofiske arter innenfor akvakultur.

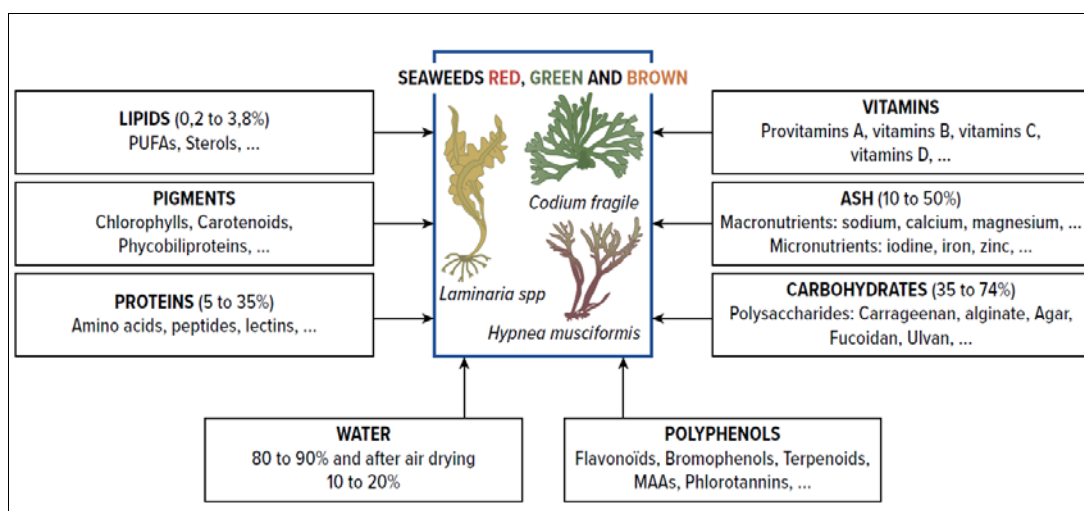
Et annet viktig marked basert på tare i dag er anvendelse som tilsats til næringsmidler. Hydrocolloider som f.eks. alginat produsert fra tare, blir brukt på grunn av gelingsegenskaper, til stabilisering og som fortykningsmiddel. Tare inneholder en stor andel av karbohydrater bestående av suktermolekyler i kjede (polysakkarider) som gir struktur og funksjonalitet. Phycocolloider eller hydrocolloider er heterogene grupper av lang-kjedete biokjemiske polymere (polysakkarider og proteiner) som er vanlig forekommende i tare. De viktigste polymerene fra et kommersielt ståsted er alginat, agar og karragenan. Disse blir primært anvendt i næringsmiddelindustrien herunder bakerier, meieriprodukter og kjøttindustri.

Ut over bruken som industrielle hydrocolloider er det demonstrert at polysakkarider hentet fra tares cellevegger kan ha helsefremmende egenskaper. Fucoidan, laminaran og ulvan er fire eksempler som

blir brukt til spesielle anvendelser på grunn av sine bioaktive egenskaper<sup>12</sup>. Ekstrakter med disse komponentene benyttes i dag blant annet i helsekostprodukter og kosmetikk, mens det forskes betydelig på biomedisinske anvendelser.

Tare kan gå inn i en lang rekke ulike anvendelser på grunn av sin varierte sammensetning. Røde, grønne eller brune makroalger har ulike komponenter i forskjellig sammensetning avhengig av hvilken art. Generelt er tare rik på karbohydrater som polysakkarider (35-74 % av tørrvekten), ulike mineraler som f.eks. jod, sink og kalsium (30-40 % av tørrvekten), fett som f.eks. flerumettede fettsyrer (0,2-3,8 % av tørrvekten), proteiner med essensielle aminosyrer (5-35 % av tørrvekten) samt pigmenter, polyfenoler, vitaminer og andre næringsstoffer.

Den kjemiske sammensetningen varierer med mange ulike faktorer, herunder art, vekststadium, klima, vanntemperatur og konsentrasjonen av næringsstoffer i vannet. Den generelle sammensetningen av tare kan presenteres som i Figur 2.6<sup>13</sup>.



Figur 2.6. Kjemisk sammensetning av rød, grønne og brune makroalger (ill. v. World Bank).

### 2.4.3 Potensial for dyrking av tare i Norge

Potensialet for dyrking av tare i Norge kan kvantifiseres på mange måter og vil være svært avhengig av hvilke forutsetninger som legges til grunn.

Norges totale havareal er på hele 1 979 179 km<sup>2</sup> (Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen og Skagerak)<sup>14</sup> Arealene fordeler seg som vist i Figur 2.7 under. Legger vi til grunn å kunne utnytte:

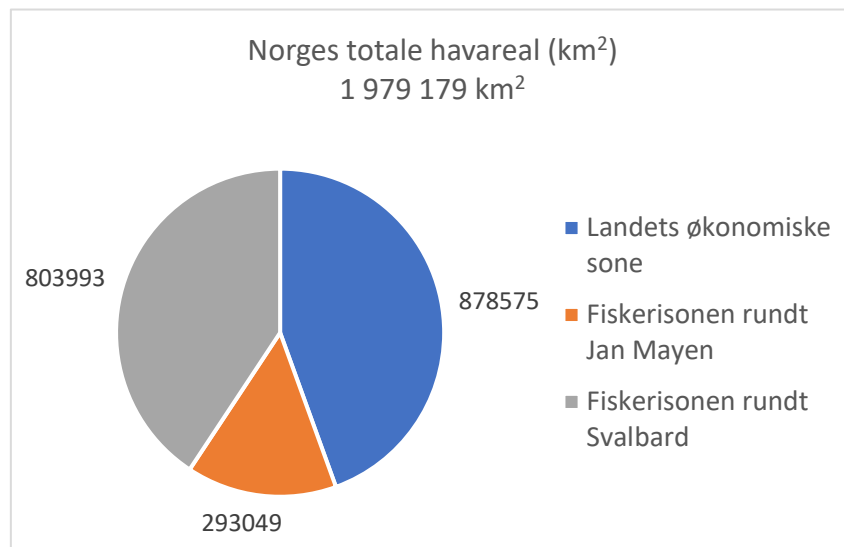
- 1 % av landets økonomiske sone (8785 km<sup>2</sup>) til tare dyrking, med en produksjon på 20 000 tonn tare/kvadratkilometer blir dette ca. 180 millioner tonn tare dvs. 5 ganger dagens globale produksjon.
- 1 promille (1/1000 del) av landets økonomiske sone (ca. 878 km<sup>2</sup>) tilsvarer en produksjon på 18 millioner tonn.
- 1/10 promille (1/10 000 del) av landets økonomiske sone (ca. 88 km<sup>2</sup>) tilsvarer en produksjon på 1,8 millioner tonn dvs. 5 % av dagens globale produksjon

<sup>12</sup> Kraan, S. 2012. "Algal polysaccharides, Novel Application and Outlook". In Carbohydrates: Comprehensive Studies on Glycobiology and Glyotechnology. Edited by Chuan-Fa Lang. London UK. <https://doi.org/10.5722/51572>

<sup>13</sup> Global Seaweed. New and emerging markets report. 2023. The World Bank. [Global Seaweed New and Emerging Markets Report 2023 \(worldbank.org\)](https://www.worldbank.org)

<sup>14</sup> Norges geografi – Wikipedia

Målsettingen med prosjektet for Trøndelagsregionen er å oppnå en produksjon på 1,3 millioner tonn. Til dette trengs 82 kvadratkilometer areal.



Figur 2.7 Norges totale havareal

En rapport fra NIVA<sup>15</sup> beskriver potensialet i Norge ved at vi i dag bare tar ut 1,2 % (160 - 170 000 tonn) av den normale tilveksten av tang og tare. Det er også beregnet at dyrking av 20 millioner tonn tare (55 % av dagens globale produksjon) vil kreve et areal på 1,5 ganger gamle Østfold fylke noe som vil utgjøre 3,3 promille av våre totale havområder. Etter at kråkeboller har beitet ned tareskogene i Nord-Norge foreligger det også en mulighet for økt tareproduksjon gjennom det å beskatte kråkebollene. Gjenoppbygging av tareskog i nord kan binde 36 millioner tonn CO<sub>2</sub> i løpet av 4-5 år. Totalutslippet av CO<sub>2</sub> i Norge var i 2022 på 48,9 millioner tonn<sup>16</sup>.

## 2.5 Globale utviklingstrender

### 2.5.1 Bidrag til å nå FNs bærekraftsmål

UN Global Compact kom i 2020 ut med rapporten "*Seaweed Manifesto*"<sup>17</sup> der det beskrives en visjon for tareindustrien som en ansvarlig global industri som bidrar til matvaresikkerhet, bekjemper klimaendringer, opprettholder marine økosystemer og bidrar til vekst og verdiskaping i utviklingsområder. Tabell 2.3 viser eksempler på hvordan tareproduksjonen kan bidra til å nå noen viktige bærekraftsmål. Det er en stadig økende interesse for å trappe opp tare dyrking spesielt med tanke på tare som mat til mennesker og for den positive effekten tare dyrking har på økosystemet gjennom å blant annet å binde opp karbon.

De betydelige bidragene tare dyrking gir til FN's bærekraftsmål vil være med å favorisere tare dyrking som industriell aktivitet globalt i årene fremover. Norge har med sin lange kyststripe og klimatiske forhold spesielle forutsetninger for å kunne bli en viktig bidragsyter i denne utviklingen som er blitt karakterisert i *Seaweed Manifesto* som en "*Seaweed Revolution*".

<sup>15</sup> NIVA (2021) Jan Verbeek, Inês Louro, Hartvig Christie, Pernilla M. Carlsson, Sanna Matsson, Paul E. Renaud (2021): Restoring Norway's underwater forests. Report by SeaForester, NIVA, Akvaplan-niva. [Restoring Norway's underwater forests | NIVA](#)

<sup>16</sup> Statistisk sentralbyrå (SSB), 2023

<sup>17</sup> [Seaweed Manifesto | UN Global Compact](#) (Lloyds Register Fund, 2020)

Tabell 2.3. Tare dyrkingens bidrag til å oppnå FNs bærekraftsmål

Bærekraftsmål	Bidrag fra tare dyrking
 <p>1 UTRYDDE FATTIGDOM</p>	Bidra til ny næringsvirksomhet i rurale kystområder i f.eks. Afrika og Asia.
 <p>2 UTRYDDE SULT</p>	Jordens overflate er dekket 71 % med vann, men havet bidrar med bare 2 % av det vi spiser på kaloribasis. Tare har lavt fettinnhold, men er på tørrstoffbasis rik på proteiner, karbohydrater, mineraler, vitaminer og sporstoffer som gjør at tare har et potensial for å bli enda mer utnyttet som mat for mennesker, som fôr til dyr og gjødsel i landbruket (*).
 <p>3 GOD HELSE OG LIVSKVALITET</p>	Tareforskningen fokuserer også på mulige medisinske anvendelser og som supplement til spesifikke dietter.
 <p>8 ANSTENDIG ARBEID OG ØKONOMISK VEKST</p>	Utviklingen av tarenæringen kan bli en ny inntektskilde spesielt for utviklingsland med tilgang på rurale kystområder.
 <p>10 MINDRE ULIKHET</p>	Den nye industrien kan bidra til å lindre sult og fattigdom. Det kan skapes mer robuste samfunn der ulikheter kan reduseres.
 <p>12 ANSVARLIG FORBRUK OG PRODUKSJON</p>	Utviklingsprosjekter ser på muligheten av å anvende tarebaserte biologisk nedbrytbare produkter i emballasje (f.eks. engangsfilm) som erstatning for fossile petroleumsbaserte produkter.
 <p>13 STOPPE KLIMAENDRINGENE</p>	Tare dyrking legger ikke beslag på landareal, har ikke utslipp av klimagass og bidrar ikke til avskoging. Tare binder karbon og kan bidra til å motvirke forsuring av havet.
 <p>14 LIVET I HAVET</p>	Tare dyrking bidrar til å styrke marine økosystemer som skaper bedre habitater for fisk, marin biodiversitet og restaurering av havområder. Tare dyrking kan danne basis for integrert multitrofisk havbruk med fisk og skalldyr for å øke matproduksjonen og redusere påvirkningen på miljøet (**).

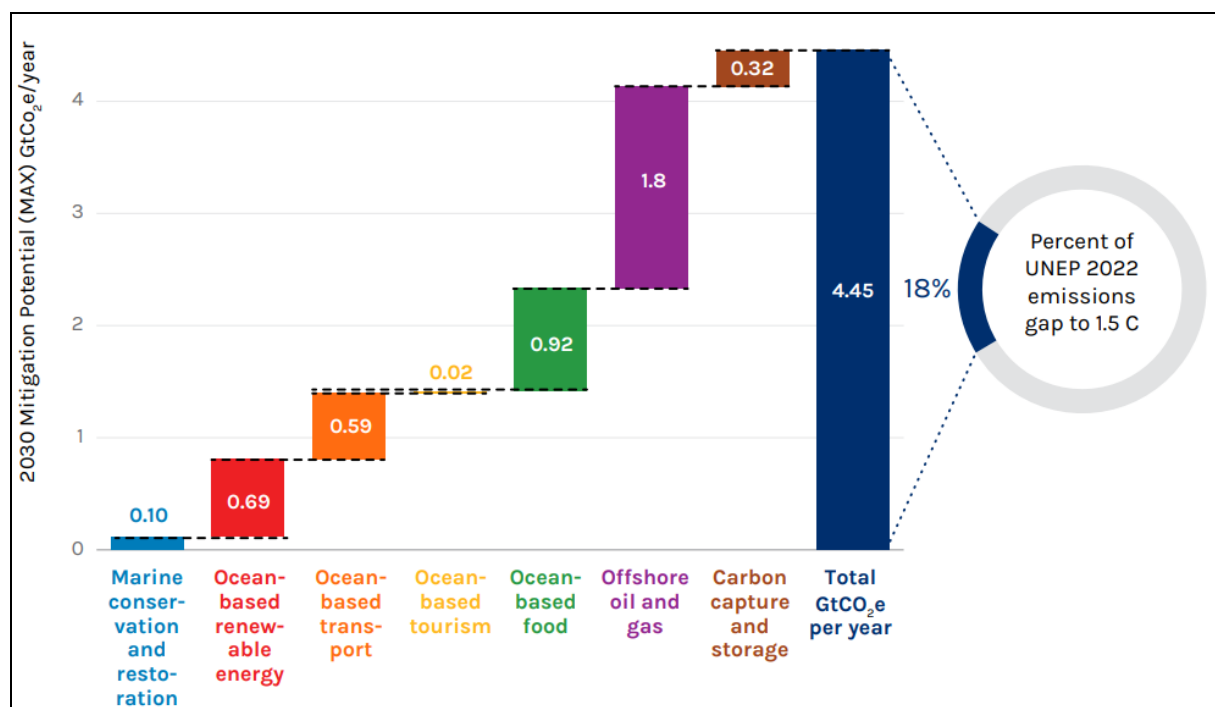


(\*) Dette målet handler blant annet om bedre ernæring. Bruken av bordsalt (NaCl) er en ingrediens som påvirker folkehelse negativt. Flere aktører fra matindustrien i Norge har signert på en intensjonsavtale om å produsere sunnere mat, der en av tiltakene er å redusere bordsaltet. Makroalger er naturlig salt med en sunnere saltprofil, og ved å bruke makroalger i produkter kan industrien redusere bruken av NaCl. Jodmangel er en stor helseutfordring blant befolkningen i Europa og spesielt i Afrika. Det er også et økende fokus på dette i Norge. Vegantrenden er økende, og tare er da en ypperlig kilde til jod som mennesker må få tilført via kostholdet. Dette gjelder spesielt unge jenter og gravide. Dette vil bidra til mål 2.

(\*\*) Makroalger er en av verdens største fornybare biomasser. Europa har endelig kommet i gang med dyrking og satsing på bruk av makroalger i større skala. Makroalger vokser fra utsett i september-oktober til de er rundt 1,5 meter og blir høstet i april-juni. De blir ikke føret, ikke gjødslet, ikke tilført ferskvann eller andre kjemikalier og krever ikke landareal for å vokse. Makroalgene vokser via fotosyntese, på næringssalter som allerede er i sjøen (bl.a. N og P), de binder CO<sub>2</sub> og bidrar med oksygen til havmiljøet og lufta. Makroalgene sin rensende effekt, opptak av CO<sub>2</sub> som lokalt kan føre til mindre forsurening, samt økt oksygenproduksjon i for eksempel terskelfjorder som har dårlig oksygenstatus støtter opp under bærekraftsmål 14.

## 2.5.2 Utnyttelse av havets produksjonspotensial er en del av klimaløsningen.

*High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy (Ocean Panel)*<sup>18</sup> ble etablert i 2018 etter et initiativ fra Norge. Dette er et unikt initiativ for å etablere et globalt samarbeid om å utvikle en havøkonomi hvor beskyttelse av havet kan gå sammen med en bærekraftig økonomisk produksjon. Et sentralt tema innenfor panelets arbeid har vært å se på hvordan det er mulig gjennom økte aktiviteter i havet å bidra til å redusere det totale globale utslippet av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) som i 2022 var på ca. 36,8 GtCO<sub>2</sub><sup>19</sup>. Figur 2.8 under viser hva som kan være det mulige bidraget for reduksjon i det totale utslippet av CO<sub>2</sub> fra ulike havbaserte næringer dersom 1,5 graders målet skal opprettholdes. Ved å iverksette aktiviteter i havet i stedet for på land vil det være mulig å redusere utslippet med total 4,45 GtCO<sub>2</sub> ekvivalenter/år, noe som utgjør 18 % av det som skal til for å holde 1,5-graders målet. Figuren viser at det å fremskaffe mer mat fra havet der dyrking av tare står sentralt, kan bidra med 0,92 GtCO<sub>2</sub> ekvivalenter/år.



Figur 2.8 Mulige bidrag til reduksjon av CO<sub>2</sub> for å kunne holde 1,5 graders målet i 2030.

<sup>18</sup> [Summary Ocean-Climate-Solutions-Update-1.pdf \(oceanpanel.org\)](#)

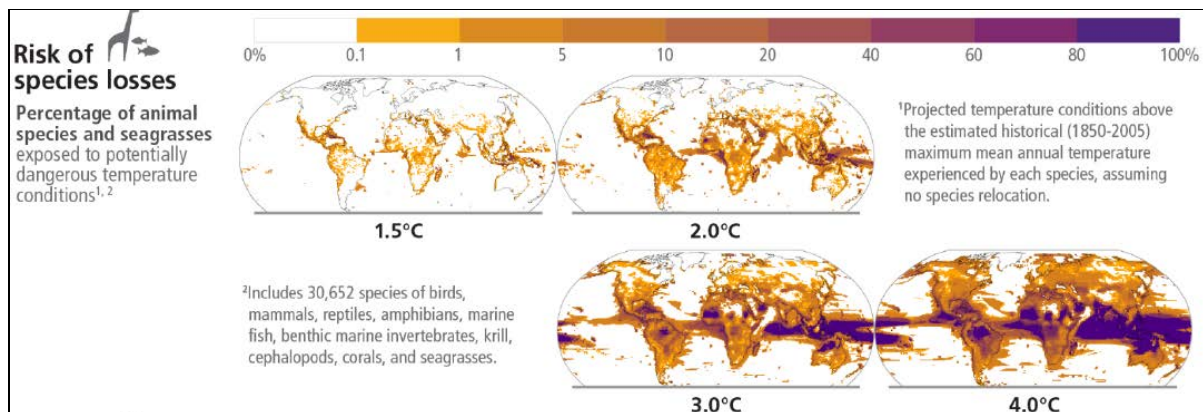
<sup>19</sup> [CO<sub>2</sub> Emissions in 2022 – Analysis - IEA](#)

Gjennom en egen rapport<sup>20</sup> har *Ocean Panel* sett på mulighetene for å øke den totale matproduksjonen fra havet. Det anslås at produksjonen av mat fra havet totalt sett kan seks-dobles i forhold til hva som er dagens produksjon tilsvarende 364 millioner tonn animalsk protein. Her innregnes både tradisjonelt fiske, oppdrett av fisk og skalldyr og produksjon av makroalger.

Ekspansjon av oppdrett på lavere trofisk nivå der det ikke er nødvendig å tilføre fôr tillegges stor vekt i denne vurderingen. Dyrking av skjell og tare beskrives å kunne bidra betydelig til økningen av næringsrik mat fra havet. Taredyrking har også den tilleggseffekten at det kan bidra til styrke habitater for produksjon av noen typer villfisk da det er vist at tareanlegg tiltrekker seg en rekke arter, deriblant fisk<sup>21, 22</sup>.

### 2.5.3 Klimatiske endringer endrer mulighetene for dyrking og høsting av havet

IPCC publiserte i 2023 rapporten "*Climate change 2023. Synthesis report*"<sup>23</sup> der tidligere klimarapporter tilbake til 2015 ("*Fra Parisavtalen*") summeres opp. Figur 2.9 under viser prosentvis tap av arter (inklusive tang og tare) for ulike deler av verden ved ulike temperaturer. Av figuren fremgår det at de havområdene som blir mest skadelidende ved en økning på 2-4 grader°C er de områdene i Asia der det meste av tareproduksjonen foregår i dag, mens vi i våre områder ikke vil bli så hardt rammet. Dersom temperaturutviklingen får en slik utvikling og etterspørselen etter tare opprettholdes eller økes, tilsier dette at et større kvantum sannsynligvis må produseres på mer nordlige breddegrader.



Figur 2.9. Tap av arter ved ulike temperaturscenarier (FN's Climate Change Synthesis Report)

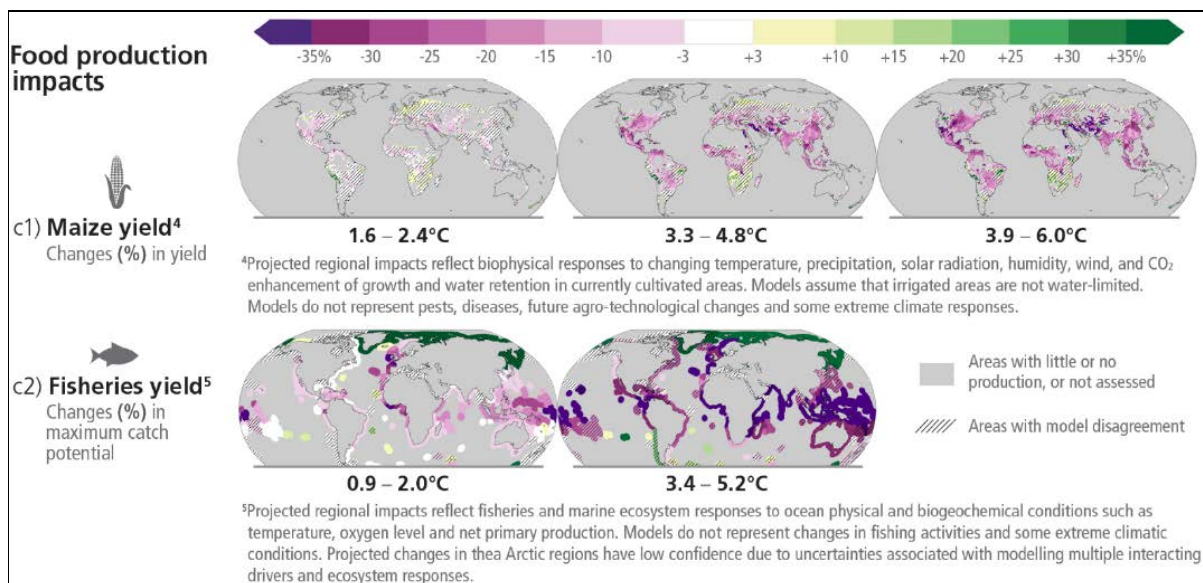
Figur 2.10 viser den prosentvise nedgangen eller veksten i produksjon av mais eller fisk for ulike deler av verden ved ulike temperaturer. Det fremgår at når det gjelder høsting av marine ressurser vil områdene rundt ekvator bli mest skadelidende mens det i Arktis forventes en økt bioproduksjon og derigjennom økte fiskeressurser.

<sup>20</sup> [The-Future-of-Food-from-the-.pdf \(oceanpanel.org\)](https://oceanpanel.org/)

<sup>21</sup> Hancke et al., 2021. Miljøpåvirkninger av taredyrking og forslag til utvikling av overvåkingsprogram <https://niva.brage.unit.no/niva-xmli/bitstream/handle/11250/2731345/7589-2021%20high.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>22</sup> Corrigan S, Smale DA, Tyler CR, Brown AR (2024). Quantification of finfish assemblages associated with mussel and seaweed farms in southwest UK provides evidence of potential benefits to fisheries. *Aquaculture Environment Interactions*, 16, 145-162.

<sup>23</sup> IPCC (FN's klimapanel) 2023: Climate change synthesis report. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>



Figur 2.10. Redusert eller økende produksjon av mais og fisk ved ulike temperaturscenarier (FN's Climate Change Synthesis Report)

## 2.6 Klimapositive bidrag og økosystemtjenester.

### 2.6.1 Klimapositive bidrag

De viktigste faktorene som styrer veksten hos tare, og så å si alle andre fotosyntetiserende organismer, er lysintensitet, temperatur og tilgang på næringssalt. Via fotosyntese omdannes CO<sub>2</sub> og vann til karbohydrat og oksygen, og karbonet i CO<sub>2</sub> blir slik bundet i taren i form av karbohydrat. Innholdet av karbon i dyrket sukkertare varierer med dyrkested, alder og tid på året, men generelt kan man si at tare dyrket i Trøndelag har rundt 26-29% C per tørrstoff når den høstes inn<sup>24</sup>. Sukkertaren har ca. 10% tørrstoff og dette karbonet tilsier dermed et CO<sub>2</sub>-opptak tilsvarende 10-12,5% av våtvekten.

Et *klimapositivt tiltak* er ethvert tiltak som bidrar til å fjerne CO<sub>2</sub> eller andre klimagasser fra atmosfæren. Dette blir også kalt *negative utslipp*<sup>25</sup>. Opptak av CO<sub>2</sub> ved taredyrking (og annen primærproduksjon i havet) reduserer CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i havets overflatelag. Fordi det pågår en kontinuerlig utveksling av gasser mellom overflatelaget og atmosfæren vil CO<sub>2</sub> tatt opp via taredyrking kompenseres ved at havet absorberer mer CO<sub>2</sub> fra atmosfæren<sup>26</sup>. *Taredyrking kan derfor være et klimapositivt tiltak.*

Det hefter forbehold ved dette. Dersom man ikke gjør noe annet med taren vil den over tid bli spist og nedbrutt av ulike organismer, og alt karbonet i taren frigjøres i form av CO<sub>2</sub> igjen slik at ingenting er "fjernet". Hvis man derimot stabiliserer tarekarbonet slik at det ikke umiddelbart blir omsatt og frigjort som CO<sub>2</sub>, kan man snakke om karbonfjerning. Dette kan oppnås ved å lage biokull av taren ved pyrolyse eller å lagre tarebiomassen i bunnsedimentene i havet. Spørsmålet er så hvor lenge tarekarbonet forblir inert.

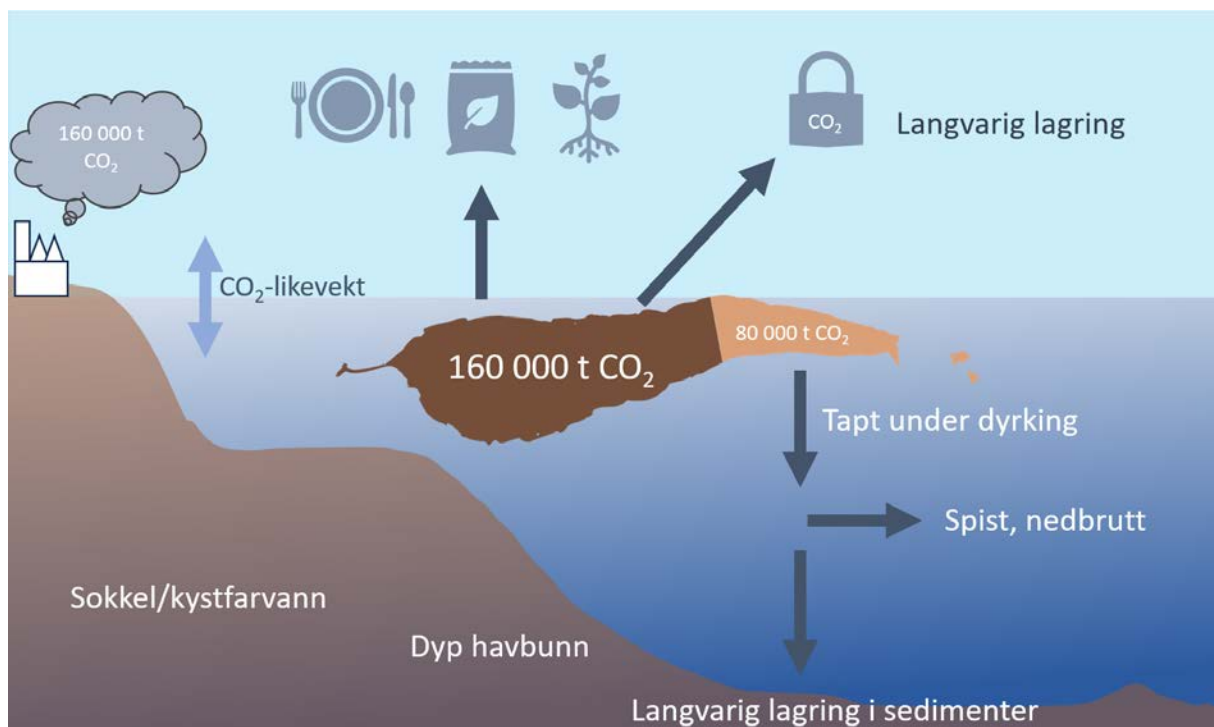
<sup>24</sup> Monteiro J. P., Melo T., Skjermo J., Forbord S., Broch O. J., Domingues P., Calado R., Domingues M.R. 2021. Effect of harvesting month and proximity to fish farm sea cages on the biochemical and lipid profile of cultivated *Saccharina latissima*. *Algal Research* 54:102201. doi.org/10.1016/j.algal.2021.102201

<sup>25</sup> Tanzer, S.E. og Ramírez, A., 2019 "When are negative emissions negative emissions?" *Energy Environ. Sci.* 12:1210-1218,

<sup>26</sup> Globalt sett tar havet opp mer CO<sub>2</sub> fra atmosfæren enn det slipper ut. Hele Norskehavet tar årlig opp 3 til 4 ganger det norske (terrestriske) CO<sub>2</sub>-utslippet (SINTEF, upublisert).

Mens taren vokser vil den miste deler av biomassen og dermed frigjøre en del av karbonet på to måter som begge bidrar klimapositivt, uavhengig av hva den innhøstede taren brukes til (Figur 2.11). For det første i form av *vevpartikler* i ulike størrelser som mekanisk rives av fra bladet – det kan sammenlignes med løv som faller fra et tre. Denne frigjorte tarebiomassen vil synke til bunns og bli spist og nedbrutt av ulike organismer. Avhengig av blant annet strømforhold ved dyrkingslokaliteten vil disse partiklene kunne bli spredd nokså langt av gårde og vil sedimentere på ulike dyp<sup>27</sup>. Deler av dette vil dernest inngå permanent i sedimentene og bidra til karbonlagring over lengre tidshorisont<sup>28</sup>. Hvor stor del av biomassen som slippes ut som partikler gjennom en dyrkingssyklus avhenger av dyrkingsforhold og -strategier. Det kan utgjøre like mye som man høster inn<sup>29</sup>, det vil si at hvis man høster 100 tonn tare kan utslippet av organiske partikler være på 10 til 100 tonn. Hvor mye av dette som faktisk vil inngå i karbonlagring over lengre tid er usikkert.

Den andre måten taren eksporterer karbon på er via *oppløst organisk karbon*. Dette er organiske karbonforbindelser, for eksempel komplekse polysakkarider, som slippes ut for å motvirke påvekst av begroingsorganismer eller lekker ut når deler av bladet mekanisk rives av. Også deler av disse karbonforbindelsene vil bli omsatt av mikroorganismer. Det er imidlertid flere polysakkarider som er svært stabile og ikke blir nedbrutt, og disse utgjør et permanent bidrag til eksport av karbon fra overflaten til dypt vann, og virker dermed som et klimapositivt bidrag. Det gjenstår imidlertid mye forskning for å klarlegge hvor mye dette faktisk utgjør. Det kan være snakk om betydelige mengder.



Figur 2.11 CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren og i havoverflaten er i likevekt, så opptak av CO<sub>2</sub> av taren i sjøvannet mens den vokser fører til økt opptak av CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Mens den dyrkes slipper taren ut en viss andel av biomassen sin via partikler og komponenter som løsner fra bladet eller lekker ut. Hvor stor andel som inngår i varig lagring i sedimenter og dermed fjernes avhenger av den kjemiske strukturen på komponentene og av havstrømmer og bunnforhold.

<sup>27</sup>Broch OJ, Hancke K, Ellingsen IH (2022), Dispersal and deposition of detritus from kelp cultivation. *Front. Mar. Sci.* 9:840531.

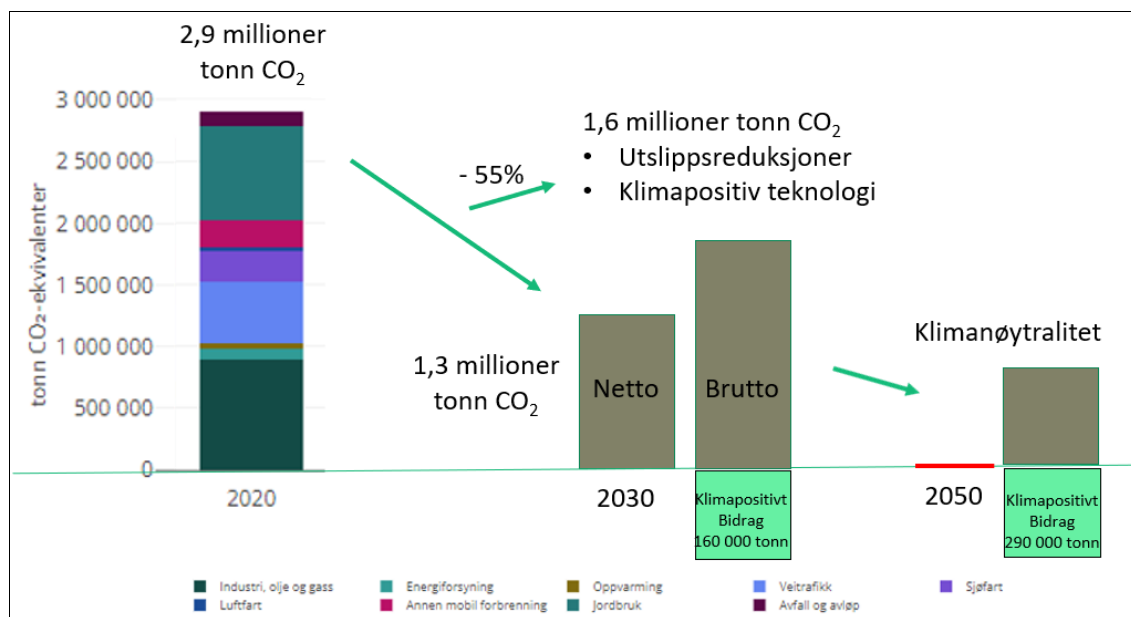
<https://doi.10.3389/fmars.2022840531>

<sup>28</sup> Duarte, C. M. et al. "Carbon Burial in Sediments below Seaweed Farms". bioRxiv, doi: <https://doi.org/10.1101/2023.01.02.522332>

<sup>29</sup> Fieler, R et al. 2021 "Erosion dynamics of cultivated kelp, *Saccharina latissima*, and implications for environmental management and carbon sequestration." *Front. Mar. Sci.* 8:1573 , <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.632725/full>

Ikke noe klimatiltak er effektivt uten at *nettobidraget* er positivt. Derfor er det nødvendig å videreutvikle dyrkings- og prosesseringsteknologiene slik at utslippene i alle fasene er så lave som mulig.

Ved å bruke tare som råstoff i produkter basert på fossile materialer kan man redusere karbonutslipp. Også produksjon av biodrivstoff fra tare vil redusere karbonutslipp. Selv om slike aktiviteter ikke faller under definisjonen "klimapositive" bidrag, er det et viktig perspektiv å ha med, spesielt siden svært lite tare i dag dyrkes med tanke kun på klimabidraget. Figur 2.11 illustrerer hvordan dyrket tare samspiller med karbonsystemet.



Figur 2.12. Prinsippskisse for å nå FN's klimamål i Trøndelag i 2030 (55 % reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp) og 2050 (klimanøytralitet). Totalutslipp i Trøndelag i 2020 var på 2,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Tare dyrking kan bidra til netto fjerning av CO<sub>2</sub> fra atmosfæren og dermed brukes som et tiltak for å nå Trøndelags mål om klimanøytralitet i 2050. Trøndelag slipper ut 2,9 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter pr år (2020) og skal redusere dette med 55 % innen 2030, noe som tilsvarer et kutt i utslipp på 1,6 millioner tonn CO<sub>2</sub> (Figur 2.12). I 2050 er målet å være klimanøytrale. Det klart viktigste tiltaket for å nå disse målene er å kutte i utslipp, men siden det fortsatt vil være uunngåelig med en del aktiviteter som slipper ut drivhusgasser i framtida også, vil klimapositive tiltak være helt nødvendige i tillegg om vi skal nå målene. Veikartet foreslår derfor at 10 % av reduksjonen skal være klimapositiv og komme fra tare dyrking, altså at 160.000 tonn CO<sub>2</sub> fjernes ved å dyrke tare og sørge for at dette karbonet lagres på en måte som er ment å være langsiktig. Dette tilsvarer dyrking av ca. 1,3 millioner tonn tare i Trøndelag i 2030.

## 2.6.2 Økosystemtjenester

Som følge av klimagassutslipp i vekselvirkning med andre menneskelige og naturlig faktorer ser vi endringer i en rekke av de grunnleggende miljøvariablene i havet: økning i temperaturen, nedgang i oksygenkonsentrasjonen (globalt og lokalt), nedgang i pH (forsuring), formørkning av kystvannet, nedgang i oppløst nitrogen (se også forrige avsnitt), lokale utslipp av oppløst nitrogen og fosfor.

Dyrking av makroalger kan ha en positiv, avbøtende effekt på flere av disse variablene ved å levere ulike økosystemtjenester<sup>30</sup>.

For det første produserer tare oksygen via fotosyntese og tar opp CO<sub>2</sub>. Altså vil både oksygenkonsentrasjonen og pH lokalt øke. Det er for eksempel dokumentert at tare dyrket sammen med skjell og abalone vil bidra positivt ved å øke pH<sup>31</sup>. Andre organismer som er sensitive til endringer i pH, for eksempel dyr med aragonittskall, vil også kunne dra fordeler av denne økosystemtjenesten. Hvordan tare dyrking bidrar til fjerning av klimagassen CO<sub>2</sub> er beskrevet i forrige kapittel.

For det andre tar taren opp oppløste næringssalter. Selv om eutrofiering som følge av antropogene (menneskeskapte) næringssaltutslipp ikke har vært sett på som noe stort problem i Trøndelag, bidrar fiskeoppdrett med et betydelig utslipp av næringssalter til Trøndelagskysten. Tarekulturer bidrar til å ta opp deler av dette. Det har vært antydnet at store tarekulturer kan ha en slags motsatt og negativ effekt og "stjele" næringssalter fra annen marin primærproduksjon (hovedsakelig planteplankton). Til det er det å svare at utslippet fra laksenæringen er så stort, gjennom hele året, at tarekulturer neppe vil påvirke planteplanktonets tilgang på naturlige næringssalter i overskuelig fremtid, sett fra et massebalanseperspektiv. Dette er beskrevet nærmere i Kap. 3.1.5.2 om mulige synergier med lakseindustrien gjennom integrert akvakultur.

Tareanlegg bidrar også med nytt habitat for mange marine organismer og kan dermed gi økt biodiversitet<sup>32,33</sup>. Av arter som finner substrat og føde i tareanlegg er krepsdyr, børstemark, snegler, skalldyr, mosdyr, hydroider, pigghuder og epifyttiske makro- og mikroalger. Mange av disse er igjen føde for fisk. Etter høsting av biomassen forsvinner mye av habitatet, men selve anleggsstrukturen vil fortsatt stå og dermed være et permanent substrat for en del av artene. Avhengig av dyrkingsbetingelser på lokaliteten er det også mulig å la noe av biomassen stå igjen i anlegget samt gjøre flere høstinger fra samme utsett, fordelt over 1-3 år. Sistnevnte metode brukes på Færøyane på grunn av at den reduserer dyrkingskostnadene<sup>34</sup>. Men siden mange av organismene nevnt over etter hvert vil skade kvaliteten på taren er det ikke nødvendigvis ønskelig å opprettholde populasjoner av dem i tareanlegget.

---

<sup>30</sup> Hasselström et al., 2018. The impact of seaweed cultivation on ecosystem services - a case study from the west coast of Sweden. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X18303126?via%3Dihub>

<sup>31</sup> Wahl, M, et al 2018, " Macroalgae may mitigate ocean acidification effects on mussel calcification by increasing pH and its fluctuations" *Limnol. Oceanography* 63:3-21; Hamilton S. L. et al. 2022, " Integrated multi-trophic aquaculture mitigates the effects of ocean acidification: Seaweeds raise system pH and improve growth of juvenile abalone" *Aquaculture* 560:738571

<sup>32</sup> Gentry et al., 2019. Exploring the potential for marine aquaculture to contribute to ecosystem services <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12328>

<sup>33</sup> Corrigan S, Brown AR, Tyler CR, Wilding C, Daniels C, Ashton IGC, Smale DA (2023). Development and Diversity of Epibiont Assemblages on Cultivated Sugar Kelp (*Saccharina latissima*) in Relation to Farming Schedules and Harvesting Techniques. *Life*, 13(1), 209-209.

<sup>34</sup> Bak, U.G.; Mols-Mortensen, A.; Gregersen, O. Production method and cost of commercial-scale offshore cultivation of kelp in the Faroe Islands using multiple partial harvesting. *Algal Res.* 2018, 33, 36–47

# 3 Tareproduksjon på Trøndelagskysten



*Taredyrking på Skarvøya (foto SINTEF Ocean)*

## 3.1 Regionale fortrinn

Utviklingen av industriell taredyrking i Trøndelagsregionen må baseres både på videre styrking av regionale fortrinn og systematisk forbedring av områder som oppfattes som svakheter. Når det gjelder naturlige fortrinn, er det først og fremst tilgang til egnede arealer på Trøndelagskysten som peker seg ut. Regionen har også lange tradisjoner når det gjelder havbasert næringsutvikling som f.eks. lakseoppdrett. Dessuten foregår det innenfor regionen en omfattende forsknings- og utviklingsaktivitet som i årene frem mot 2030 utgjør en portefølje på 500-600 MNOK.

### 3.1.1 Regional forankring

For å kunne oppnå en ønsket regional utvikling når det gjelder industriell taredyrking, er det en forutsetning at denne muligheten blir prioritert frem. Trøndelag fylkeskommune har utarbeidet og stiller seg bak Trøndelagsplanen 2019-2030<sup>35</sup>. Under kapittelet om Kompetanse, verdiskaping og naturressurser mot 2030 fremgår følgende:

<sup>35</sup> [trondelagsplanen-2019-2030.pdf \(trondelagfylke.no\)](https://trondelagfylke.no/planer-og-strategier/trondelagsplanen-2019-2030.pdf)

Trøndersk næringsutvikling skal være basert på at:

- samarbeidet mellom kompetansemiljø, næringsliv og råvaresterke distrikt er godt
- vi utnytter ressurser effektivt og tar miljøhensyn
- vi er internasjonalt ledende leverandør av teknologi og kompetanse til verdikjedene jord, skog og hav

Trøndelag skal ha bærekraftig produksjon av mat og biodrivstoff:

- produksjonen av ren og trygg mat er i god vekst
- sysselsetting og verdiskaping basert på naturressurser er økende
- vi har videreutviklet verdikjedene innen blå og grønn sektor
- vi er ledende på industriell foredling av bioråstoff

Utvikling av industriell taredyrking i Trøndelagsregionen frem mot 2030 faller helt innenfor de industrielle og klimatiske målsettingene som er beskrevet i Trøndelagplanen og kan derfor sies å være godt forankret på et regionalt nivå. Prioritering av det foreliggende prosjektet "*Veikart for industriell dyrking av tare i Trøndelag*" er i seg selv en bekreftelse på dette.

### 3.1.2 Samarbeid mellom kommuner

Trøndelagskysten har et betydelig areal som er egnet til dyrking av tare (Kap. 3.3.1.). Utvikling av en industriell verdikjede for taredyrking krever at alle trinn i verdikjeden må foreligge på et industrielt nivå, herunder fremstilling av kimplanter, arealer for dyrking (tilvekst), logistikk for høsting, stabilisering og eventuell bearbeiding frem til ferdige produkter. For å utvikle dette på en hensiktsmessig måte vil det være optimalt å kunne betrakte regionen som en helhet uten å være avhengige av å utvikle alle trinn i hele verdikjeden innenfor alle kommuner.

Et godt samarbeid mellom kommunene vil derfor være avgjørende for å kunne lykkes med en helhetlig utvikling av industriell taredyrking i årene fremover. Det har derfor innenfor utviklingen av Veikartet fra starten av vært lagt vekt på å sørge for at kommunene føler eierskap til prosjektet. Engasjerte og samarbeidsvillige næringsaktører og politikere lokalt er en forutsetning for å kunne nå målet om industriell taredyrking i Trøndelag i større omfang.

### 3.1.3 Industrielle aktører

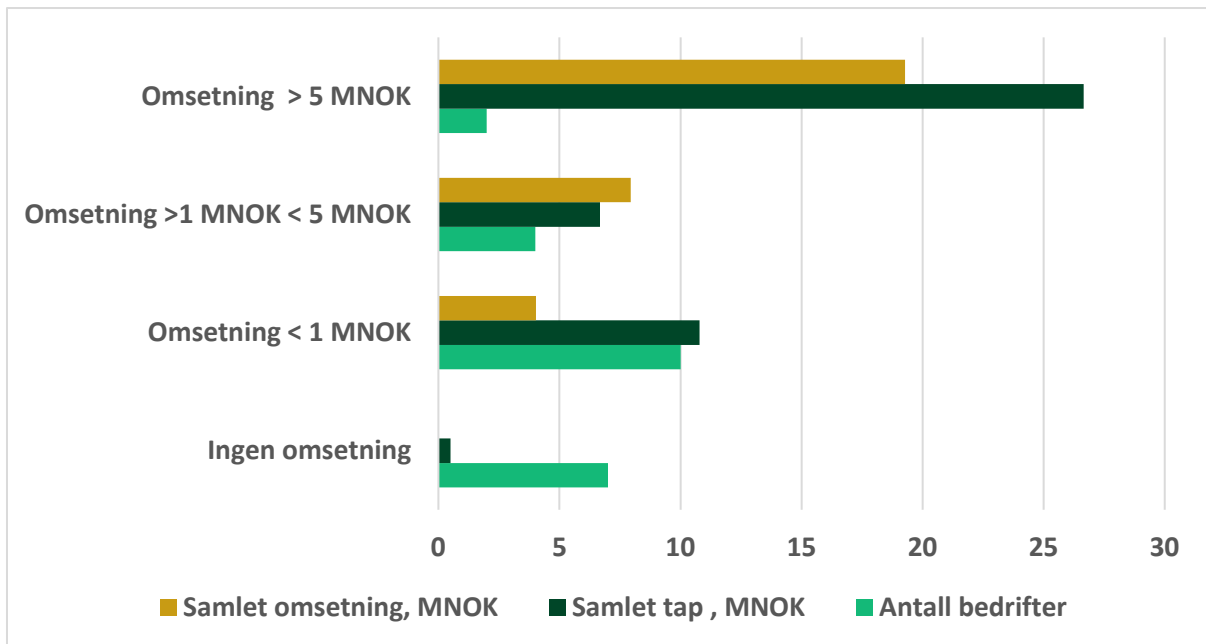
#### 3.1.3.1 Taredyrkere

Industriell aktivitet rettet mot taredyrking i Norge er marginal sammenlignet med annen havbruksvirksomhet og leverandører til denne. Dette gjelder målt både i antall bedrifter og i omsetning. Industrinettverket *Norwegian Seaweed Association*<sup>36</sup> har i dag ca. 30 medlemmer og omfatter de fleste aktørene som er aktive dyrkere. En gjennomgang av regnskapstallene for 23 av disse bedriftene for 2022 er gjengitt i Figur 3.1. under.

---

<sup>36</sup> [Seaweed Cluster \(norseaweed.no\)](https://norseaweed.no)





Figur 3.1. Figuren gir en oversikt over tare dyrkingsindustrien i Norge på basis av regnskapstall fra 2022. Totalt 23 bedrifter er gjennomgått.

Gjennomgangen viser at alle bedriftene med ett unntak gikk med underskudd i 2022. Hele 70 % av bedriftene hadde en omsetning på mindre enn 1 MNOK. To bedrifter hadde en omsetning på over 5 MNOK. Dette viser at tare dyrkingsindustrien i Norge så langt må karakteriseres som en lite robust bransje som fortsatt bare er i starten på sitt utviklingsløp. Historisk erfaring fra lakseoppdrett, leverandørindustri og produksjon av blåskjell tilsier at også tare næringen i fremtiden vil kunne gjennomgå en konsolidering for å oppnå større robusthet både i forhold til egen utvikling og i forhold til markedene.

Når det gjelder Trøndelagsregionen er det så langt registrert kun en bedrift, Seaweed Solutions, som har ambisjoner innen tare dyrking. Bedriften som ble stiftet i 2009 har i dag 26 ansatte og representerer en av de større aktørene innen sektoren. Seaweed Solutions må karakteriseres som en av pionerbedriftene innen sektoren.

### 3.1.3.2 Høsting av villtare

Figur 3.1. viser kun de bedriftene som er involvert i dyrking av tare og omfatter ikke de norske bedriftene som høster villtare som foredles videre til f.eks. tangmel og hydrokolloider (alginat). Den største aktøren innenfor tareindustrien generelt i Norge i dag er IFF Nutrition and Health Norway (tidligere Protan / Pronova) beliggende i Haugesund. Bedriften høster stortare (*Laminaria hyperborea*) også langs kysten av Trøndelag og foredler denne til alginat. Bedriften omsatte i 2022 for ca. 1,6 MRDNOK og hadde et solid positivt driftsresultat.

Bedriften Nutrimar AS på Frøya utnytter i første rekke restråstoff fra lakseindustrien til produksjon av protein og fett. Bedriften anvender også stortare som fangstes, tørkes og bearbeides til tangmel. Høstingen i 2023 var ca. 20 000 tonn<sup>37</sup>. Produktet går inn i en rekke anvendelser innenfor næringsmidler og farmasi. Bedriften omsatte i 2022 for ca. 400 MNOK og oppnådde et positivt

<sup>37</sup> Pers.meddelelse fra Nutrimar i møte 12.02.2024

driftsresultat. Selskapet har imidlertid i 2023 hatt leveringsvansker for noen av sine tarebaserte produkter<sup>38</sup>.

Det er svært begrenset hva de bedriftene som høster villtare i store kvanta og foredler denne til ulike produkter kan bidra med når det gjelder selve dyrkingen av tare. Imidlertid sitter de på en betydelig kompetanse når det gjelder å stabilisere råstoffet og bearbeide dette videre til ulike produkter. Dette er erfaringer som også bør kunne komme direkte til nytte når det gjelder utviklingen av dyrkingsbasert tareindustri i Trøndelagsregionen.

### 3.1.4 Forskning og utvikling

Det foreligger mer enn 70 års erfaring med forskning knyttet til utnyttelse av tang og tare i Trondheim. Institutt for tang- og tareforskning ble grunnlagt og lagt til Trondheim i 1950, av daværende Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF). Denne aktiviteten har kontinuerlig vært drevet ved mange tilsynelatende ulike institutter, men i virkeligheten ved samme fagmiljø under forskjellige navn: Norsk institutt for tang- og tareforskning (1950-67), Institutt for marin biokjemi (1967-83), Institutt for bioteknologi (1983-) og det assosierte NOBIPOL (Norsk biopolymerlaboratorium (1986-)). I dag er denne aktiviteten vesentlig knyttet til SINTEF-instituttene SINTEF Ocean og SINTEF Industri og NTNUs Fakultet for Naturvitenskap. Aktiviteten har opp gjennom årene bestått av både grunnleggende forskning knyttet til tareplantenes biologi og biokjemi, og anvendte prosjekter knyttet til industriell utnyttelse av tare, i særlig grad til fremstilling av alginat. De videregående skolene Guri Kunna på Hitra/Frøya og Val i Nærøysund har begge fagtilbud knyttet til utnyttelse av marine ressurser.

Selv om det er lange tradisjoner med forskning på tang og tare i Trondheim, har aldri før de samlede aktivitetene hatt det omfanget vi ser i dag. Til NTNU ( [Fakultet for naturvitenskap - NTNU](#)) og SINTEF ( [SINTEF Ocean](#), [SINTEF Industri](#) og [SINTEF Energi](#)) er det i dag knyttet prosjekter med totalrammer opp mot 500-600 MNOK som skal gjennomføres i miljøet i årene fremover (se Vedlegg 5.1). Dette er vesentlig store prosjekter knyttet til nasjonale satsinger som f.eks. Grønn plattform, etablering av nasjonal infrastruktur for å kunne drive industrirettet forskning på området og prosjekter med utgangspunkt [EUs Green Deal](#). Behovet for å utvikle nye muligheter for verdiskaping knyttet til det grønne skiftet og bidra til internasjonale klimamål, har medført et betydelig økt fokus på utnyttelse av havet generelt og av tare spesielt.

Ved SINTEF Ocean er det opprettet en egen faggruppe innen makroalger som har et helhetlig strategisk fokus på tang og tare. Denne gruppen er under vekst og består i dag av ca. 10 personer og representerer et tyngdepunkt innen SINTEF når det gjelder industriell dyrking og utnyttelse av tare. Gruppen har også ansvar for betydelig nasjonal infrastruktur relatert til dette og har etablert Norsk Taresenter<sup>39</sup> som tilbyr en arena der forskning og næring kan møtes for sammen å utvikle fremtidens industri basert på dyrkede makroalger.

Den totale forsknings- og utviklingsaktiviteten på tare knyttet til Trøndelag gjennom kompetansemiljøene i SINTEF og NTNU setter regionen i en positiv særstilling når det gjelder å kunne ha tilgang på relevant kunnskap og teknologi for industriell dyrking og utnyttelse av tare. Miljøet har som ambisjon å fremstå som et "*Global centre of gravity for macroalgae cultivation and utilization*" i årene fremover.

---

<sup>38</sup> [Salget stuper: Nutrimar permitterer alle ansatte i tareproduksjonen - mn24.no](#)

<sup>39</sup> <https://norsktaresenter.no/>

### 3.1.5 Midtnorske synergier

Midt-Norge har et bredt sammensatt næringsliv. Ulike verdikjeder er knyttet til utnyttelse av naturressurser som f.eks. landbruk, emballasje, trelast, lakseindustri, foredling av villfisk eller produksjon av metaller på basis av tilgang på elektrisk kraft. En gjennomgang av de ulike verdikjedene (Fig. 3.2.) viser at det foreligger synergimuligheter inn mot disse som direkte eller indirekte kan bidra til å skape miljøgevinster. De økonomiske kalkylene for produksjon av ulike produkter fra tare viser at utnyttelse av de mulighetene som knyttet til andre verdikjeder kan være en forutsetning for å oppnå lønnsomhet.



Fig.3.2. Synergier og mulige grønne gevinster i grensesnittet mellom industriell tare dyrking og andre trønderske verdikjeder

#### 3.1.5.1 Pelagisk industri

Den pelagiske fiskeindustrien i Norge eksporterte i 2022 ca. 600 000 tonn fisk til en samlet verdi av 7 milliarder kroner. Makrell utgjorde 44,1 % av det som ble fanget, mens sild utgjorde 37,8 %. Dette er et sesongpreget fiskeri der perioden fra september til mars utgjør den mest travle<sup>40</sup>. Fisken saltes eller fryses før den settes på lager for eksport. Dette betyr at pelagiske bedrifter i perioder har ledig kapasitet både til infrysing og lagring.

Dersom det blir aktuelt å fryse inn taren før eventuell tørking og videre bearbeiding, kan det her foreligge en mulighet for bedre kapasitetsutnyttelse for den pelagiske bedriften samtidig som tareprodusenten får stabilisert sitt råstoff. Grøntvedt Pelagic AS på Ørlandet stod i 2022 for ca. 15 % av den nasjonale verdiskapingen innen pelagisk sektor og er derfor en stor aktør. Denne muligheten er i møte 11.1.2024 diskutert med daglig leder Bjørnar Grøntvedt ved bedriften og blitt betraktet som aktuelt for utnyttelse av ledig kapasitet.

<sup>40</sup> [Nøkkeltall \(seafood.no\)](https://nøkkel tall.seafood.no)

### 3.1.5.2 Lakseindustrien

Trøndelag er Norges andre største havbruksfylke og det finnes muligheter for samarbeid og gode synergier mellom lakseindustrien og tareneringen. Nedenfor drøftes et relevant utvalg.

#### IMTA og fjerning av utslipp

Det er godt dokumentert at tare vokser mye raskere når den dyrkes integrert med lakseoppdrett, i såkalt integrert multitrofisk akvakultur (IMTA)<sup>41,42</sup>. Laksenæringens arealer kan dermed utnyttes bedre ved at flere arter oppdrettes i samme anlegg eller i umiddelbar nærhet til hverandre (Figur 3.3).



Figur 3.3. Integrert multitrofisk akvakultur (IMTA). Bildet er fra et dyrkingsforsøk med tare like ved laksemerdene på Rataren i Frøya (foto SINTEF Ocean).

Foruten gevinsten med økt total biomasseproduksjon pr. arealenhet, bidrar tare dyrking til å fjerne næringsalter som laksen har sluppet ut i sjøen. Havbruksnæringen i Trøndelag produserte 311 000 t laks og ørret i 2022<sup>43</sup>, noe som tilsvarer et utslipp av 11 000 tonn oppløst uorganisk nitrogen (ammonium) og totalt 3000 tonn fosfor (fosfat)<sup>44</sup>. Bare disse næringssaltene, som altså kommer i tillegg til det som allerede tilføres naturlig til Trøndelagskysten (74 000 tonn oppløst uorganisk nitrogen per år<sup>45</sup>), dekker næringssaltbehovet for produksjon av minst 6 millioner tonn sukkertare.

<sup>41</sup> Handå, A. et al., 2013. Seasonal- and depth-dependent growth of cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in close proximity to salmon (*Salmo salar*) aquaculture: Implications for macroalgae cultivation in Norwegian coastal waters. *Aquaculture* 414–415: 191–201. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.006

<sup>42</sup> Fossberg, J., et al. 2018. The potential for upscaling kelp (*Saccharina latissima*) cultivation in salmon-driven integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Front. Mar. Sci.* 5, 2018

<sup>43</sup> [Fiskeridirektoratet, 2023](#)

<sup>44</sup> Wang, C and Olsen, Y. 2023. Quantifying regional feed utilization, production and nutrient waste emission of Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquacult Environ Interact* Vol. 15: 231–249, 2023 <https://doi.org/10.3354/aei00463>

<sup>45</sup> Hilmarsen, Ø., et al. 2021. Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av organisk materiale og næringsalter fra havbruk. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901572/>

Dette er svært grove beregninger som ikke viser det totale bildet med hensyn på variasjoner gjennom året i utslipp, naturlig primærproduksjon og vekst av tarebiomassen, men som likevel eksemplifiserer at det er grunnlag for mye taredyrking før det eventuelt går ut over primærproduksjonen som utføres av planktonalger i havvannet. Tare har et mye mindre effektivt opptak av næringsalter enn planktonalger og vil derfor tape kampen om næring i en konkurransesituasjon<sup>46</sup>. Uavhengig av størrelse vil taredyrkingsanlegg derfor ikke ha negativ effekt på primærproduksjonen<sup>47</sup>. Men for å forebygge en mulig interessekonflikt om de naturlig tilførte næringsaltene i havet kan det være hensiktsmessig med en øvre grense for uttak av nitrogen i Trøndelag gjennom taredyrking, for eksempel at man "bare" produserer biomasse med et forbruk av max. 5% av det som tilføres (naturlig og fra havbruk), noe som tilsvarer ca. 2 millioner tonn tare pr. år. Selv om man ikke vil utligne utslippene i fylket med en slik dyrking vil det kunne skape en mer positiv oppfatning og et bedre omdømme for både tarenæringen og lakseindustrien.

Størst effekt vil man oppnå ved å dyrke i integrerte anlegg. Foreløpig har ikke den trønderske havbruksnæringen vist interesse for å starte med IMTA for å fjerne utslipp, men det finnes eksempler på dette andre steder i Norge. I Steigen i Nordland testes nå et helintegrert IMTA-anlegg i regi av Folla Alger og Cermaq, med SINTEF, NTNU og Nord Universitet som forskningspartnere<sup>48</sup>.

Havbruksnæringen i Norge slipper årlig ut 5,2 millioner tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter<sup>49</sup>. Taredyrking bidrar til opptak av 10-12 tonn CO<sub>2</sub> pr. 100 tonn dyrket tare og det forskes på hvordan dette kan brukes som verifisert klimatiltak. Det er hovedsakelig to måter taredyrking kan bidra på: 1) Passivt, ved at en del av den dyrkede tarebiomassen faller av eller lekker ut og at en del av biomassens karbon etter hvert havner i sedimenter og dermed holdes utenfor karbonsyklusen i svært lang tid. 2) Aktivt, ved at biomassen høstes inn og brukes i produkter som bidrar til å lagre CO<sub>2</sub> og dermed holder karbonet utenfor karbonsyklusen i svært lang tid. Biokull laget av tare er et aktuelt produkt. Foreløpig krever biokullproduksjon av tare mer optimalisering og integrering med annen industri for tilgang på overskuddsvarme og CCS for fullstendig CO<sub>2</sub>-fjerning, og produksjonskostnadene er høye (se Kap. 3.3.2.8). Dersom metodene blir verifiserte som karbonfjerning kan bedrifter med uunngåelige CO<sub>2</sub>-utslipp kjøpe karbonkreditter for å kompensere for utslippene sine.

### Rensefisk-skjul

Lakselus er en av de største utfordringene i lakseoppdrett og ett tiltak for å holde lusebestanden i merdene nede er å bruke lusespisende leppefiskearter som rognkjeks og berggyllt som rensefisk. Disse fjerner lakselus effektivt, men svært høy dødelighet reiser spørsmål rundt velferden til rensefisk i merdene. Noe som bedrer forholdene for rensefisken er å tilby den skjul i form av plaststrimler som illuderer tare, fiskens naturlige habitat, der den kan feste seg og gjemme seg i hvileperioder. Det finnes mange ulike rensefisk-skjul på markedet, men disse medfører risiko for utslipp av plastfragmenter og mikroplast, spesielt i forbindelse med rengjøring. Enkelte oppdrettere tester derfor naturlig rensefisk-skjul i form av levende, dyrket tare i stedet og observerer i tillegg bedre helse hos rensefisken. Naturlig tareskjul forutsetter tilgang på dyrket tare fra samme region for å hindre genetisk forurensing, en forutsetning som kan dekkes gjennom samarbeid mellom aktørene i havbruksnæringen i fylket.

---

<sup>46</sup> Forbord S, Etter SA, Broch O, Dahlen VR, Olsen Y (2021) Initial short-term nitrate uptake in juvenile, cultivated *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) of variable nutritional state. *Aquat. Bot.* 168: 103306

<sup>47</sup> Hancke et al., 2021 Miljøpåvirkninger av taredyrking og forslag til utvikling av overvåkingsprogram <https://niva.brage.unit.no/niva-xmloi/bitstream/handle/11250/2731345/7589-2021%20high.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>48</sup> <https://www.sintef.no/prosjekter/2022/aurora-imta/>

<sup>49</sup> Ziegler et al., 2023. [Greenhouse gas emission reduction opportunities for the Norwegian salmon farming sector - can they outweigh growth? - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.scitech.2023.100000)

### Fôringredienser og sirkulærøkonomi

Siden Norge foreløpig ikke har noe sterk tradisjon for å spise tare, kommer ikke bruk i fôr i direkte konkurranse med bruk som menneskeføde. Men med rundt 40% karbohydrat, bare 10-15% protein og mindre enn 1% fett er tare ikke fullverdig som fôr til laks, og prisen på protein ekstrahert fra tare er per i dag ikke konkurransedyktig med prisen på soyaprotein, som er den viktigste proteinkilden i laksefôr. Bruk av tareprotein i laksefôr vil derfor måtte tilføre andre verdier som kunden etterspør eller aksepterer å betale ekstra for, og produksjonskostnadene for tare må ned via storskala dyrking<sup>50</sup>. Tare er likevel et interessant råstoff for laksefôr.

Tare inneholder bioaktive forbindelser som kan ha positive effekter på laksen om de brukes som funksjonelle fôringredienser og den kan brukes som diett i oppdyrking av mer protein- og fettrike lavtrofiske organismer, som for eksempel insektlarver<sup>51</sup> og børstemark<sup>52</sup>, som så videre anvendes i fiskefôr. Tare som fôringrediens er, sammen med biostimulanter, ifølge The World Banks rapport fra 2023 en av de mest sannsynlige markedsvinnere på kort sikt (se Kap. 4.3.2. om Markeder under utvikling).

#### 3.1.5.3 Landbruket

##### Tare til husdyrfôr

Potensialet for å benytte tare som fôr til husdyr har blitt evaluert i Makkar et al. 2016<sup>53</sup>. På grunn av et lavt proteininnhold (opptil 16 % protein i tørrstoff<sup>54</sup>) sammenlignet med andre mye brukte fôringredienser som soyamel (48 % protein i tørrstoff) og fiskemel (68,7 % protein i tørrstoff)<sup>55</sup>, vil anrikning av proteinfraksjonen og/eller ko-ekstraksjon med andre høyverdige ingredienser antagelig være nødvendig for kommersielt levedyktig prosessering<sup>39,56</sup>. Sukkertare er en god kilde til mikroelementer, inkludert jod (I), kobber (Cu), jern (Fe), og selen (Se). Imidlertid er det høye innholdet av totalt arsen (As), som rapporteres i området fra 20 til 90 mg pr. kg tørrstoff<sup>57,33,58</sup> en mulig begrensende faktor for bruk av sukkertare i fôr, som har en grense på 40 mg pr. kg tørrstoff totalt i "seaweed meal and feed materials derived from seaweed"<sup>59</sup>. Det bør bemerkes at den største andelen (>99 %) av As i sukkertare er organisk, noe som er mindre problematisk for helsen sammenlignet med uorganisk As<sup>60,61,62</sup>. Selv om høye inklusjonsnivåer av hel sukkertare i dyrefôr kan være problematiske,

<sup>50</sup> Emblemsvåg et al., 2020. Strategic considerations for establishing a large-scale seaweed industry based on fish-feed application: a Norwegian case study. *J. Appl. Phycol.* 32, 4159–4169. 10.1007/s10811-020-02234-w

<sup>51</sup> Liland et al., 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0183188

<sup>52</sup> <https://gemini.no/2022/06/i-framtida-kan-norsk-laks-mates-med-denne-korteste-krabaten/>

<sup>53</sup> Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, et al (2016) Seaweeds for livestock diets: A review. *Anim Feed Sci Technol* 212:1–17

<sup>54</sup> Bruhn A, Tørring D, Thomsen M, et al (2016) Impact of environmental conditions on biomass yield, quality, and bio-mitigation capacity of *Saccharina latissima*. *Aquac Environ Interact* 8:619–636.

<sup>55</sup> Angell AR, Angell SF, De Nys R, Paul NA (2016) Seaweed as a protein source for mono-gastric livestock. *Trends Food Sci Technol* 54:74–84

<sup>56</sup> Aasen IM, Sandbakken IS, Toldnes B, et al (2022) Enrichment of the protein content of the macroalgae *Saccharina latissima* and *Palmaria palmata*. *Algal Res* 65:102727

<sup>57</sup> Schiener P, Black KD, Stanley MS, Green DH (2015) The seasonal variation in the chemical composition of the kelp species *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *J Appl Phycol* 27:363–373

<sup>58</sup> Kreissig KJ, Hansen LT, Jensen PE, et al (2021) Characterisation and chemometric evaluation of 17 elements in ten seaweed species from Greenland. *PLOS ONE* 16:e0243672

<sup>59</sup> EU (2019) Commission Regulation (EU) 2019/1869 of 7 November 2019 amending and correcting Annex I to Directive 2002/32/EC of the European Parliament and of the Council as regards maximum levels for certain undesirable substances in animal feed (Text with EEA relevance). *Off J Eur Union* 289:32–36. <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1869/oj/eng>; accessed 2 May 2023

<sup>60</sup> Trumbo P, Yates AA, Schlicker S, Poos M (2001) Dietary reference intakes: Vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. *Am Diet Assoc J Am Diet Assoc* 101:294–30

<sup>61</sup> Pétursdóttir ÁH, Blagden J, Gunnarsson K, et al (2019) Arsenolipids are not uniformly distributed within two brown macroalgal species *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. *Anal Bioanal Chem* 411:4973–4985

<sup>62</sup> Blikra MJ, Wang X, James P, Skipnes D (2021) *Saccharina latissima* cultivated in northern Norway: Reduction of potentially toxic elements during processing in relation to cultivation depth. *Foods* 10:1290

kan tare fortsatt være en interessant funksjonell føringrediens som gir laminaran, fucoidan og små mengder essensielle fettsyrer<sup>63,64</sup>.

### Reduksjon av metanutslipp

Etter FNs COP26 klimamøte har det vært et stort fokus på å redusere metanutslipp fra kvegproduksjon for å motvirke pågående klimaendringer. Nå som oppmerksomheten rundt dette temaet stadig øker har tang og tare som en potensiell fôrtilsetning kommet i søkelyset. Makroalger inneholder bromoform, et trihalometan som reduserer metanutslipp fra drøvtyggere ved å hemme et spesifikt enzym i tarmen under fordøyelsen av fôr. Det er tusenvis av ulike makroalgearter, men det er gruppen av rødalger, og da særlig arten *Asparagopsis taxiformis*, som har fått særlig oppmerksomhet for å hemme metanproduksjon fra kyr med mere enn 80% på grunn av det høye bromoforminnholdet<sup>65</sup>. *A. taxiformis* er en tropisk eller sub-tropisk art som ikke vokser naturlig i Norge, men som dyrkes forsøksvis i lukkede systemer i Danmark og Sverige.

Det er flere bekymringer rundt å inkludere *A. taxiformis* eller andre potensial metanreducerende makroalger inn i fôret til drøvtyggere. Man vet for lite om hvordan denne fôringsstrategien påvirker vomhelse og fôropptak hos dyrene, og om dette nye fôret påvirker bromoforminnholdet i kjøttet og melka siden et høyt inntak av bromoform er en potensiell bekymring for human helse<sup>66</sup>. Bromoform fra makroalger kan i tillegg ha en ozonfortynnende effekt, men denne mekanismen er enda ikke fullt ut forstått<sup>67</sup>.

Det er gjennomført fôringsstudier på melkekyr for å undersøke om brune makroalger fra den nordlige halvkule, blant annet sukkertare, har samme observerte effekt ved bruk av *A. taxiformis*<sup>68</sup>. Det ble ikke observert noen effekt på metanreduksjon etter fôring, og heller ingen effekt på melkeproduksjon. Brunalgene som ble studert har dessuten et for høyt innhold av jod, kadmium og arsen til å bli tillatt i fôr for bruk i kommersiell drift av melkekyr etter dagens regelverk. Andre makroalger fra våre havområder bør derfor undersøkes med tanke på denne bruken.

Det er foreløpig for få studier på effekten av fôring med makroalger på metanutslippet fra kveg til å kunne anbefale bruk og det trengs mer kunnskap om hvordan denne fôrtilsetningen påvirker dyrets biologi og helse, samt kjøtt- og melkeproduksjonen. Det er også nødvendig med livssyklusanalyser for hele verdikjeden slik at man kan sørge for at fôring av kyr med makroalger ikke medfører mer utslipp av klimagasser.

### Fremstilling av biokull

Bruk av biokull til jordforbedring får interesse på grunn av sine lovende effekter på jordkvaliteten, økt effekt av gjødsel, samt muligheten for karbonlagring. Imidlertid er biokull som stammer fra terrestrisk biomasse en knapp ressurs på grunn av begrenset tilgjengelighet av plantebiomasse. I tillegg har trebasert biokull andre bruksområder, for eksempel i metallurgisk industri. Den potensielle etterspørselen etter biokull er dermed større enn landbaserte avlinger kan gi. EUs gjødseldirektiv

<sup>63</sup> Samarasinghe MB, Van Der Heide ME, Weisbjerg MR, et al (2021) A descriptive chemical analysis of seaweeds, Ulva sp., Saccharina latissima and Ascophyllum nodosum harvested from Danish and Icelandic waters. Anim Feed Sci Technol 278:115005

<sup>64</sup> Øverland M, Mydland LT, Skrede A (2019) Marine macroalgae as sources of protein and bioactive compounds in feed for monogastric animals. J Sci Food Agric 99:13–24. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9143>

<sup>65</sup> Roque BM, Venegas M, Kinley RD, de Nys R, Duarte TL, Yang X, et al. (2021) Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. PLoS ONE 16(3): e0247820

<sup>66</sup> Min BR, Parker D, Brauer D, et al (2021). The role of seaweed as a potential dietary supplementation for enteric methane mitigation in ruminants: Challenges and opportunities. Animal Nutrition, 7, pp. 1371-1387

<sup>67</sup> Abbott, D.W.; Aasen, I.M.; Beauchemin, K.A. et al. (2020). Seaweed and Seaweed Bioactives for Mitigation of Enteric Methane: Challenges and Opportunities. Animals, 10, 2432

<sup>68</sup> Thorsteinsson M, Weisbjerg M.R, Lund P, Bruhn A, e al (2023). Effects of dietary inclusion of 3 Nordic brown macroalgae on enteric methane emission and productivity of dairy cows. J. Dairy Sci. 106:6921–6937

(2022) understreker viktigheten av overgang til sirkulære gjødselprodukter. Tang og tare har et stort potensial, spesielt hvis det produseres biokull fra rester i bioraffinerier. Fordi dyrket tang og tare hovedsakelig inneholder vann og salter, er det nødvendig med ytterligere tiltak til for- og etterbehandling for å sikre at biokullet har den nødvendige produktkvaliteten til jordforbedring og lagring av karbon, eller for bruk i metallurgisk industri.

Gjødsel med biokull har vist større forbedring enn konvensjonell gjødsel i matavlinger og kan også forbedre jordkvaliteten i områder med komprimering, saltstress eller tørke. Denne effekten er forårsaket av forbedret mikrobiell aktivitet, bedre lufting, forbedret pH i sure jordarter og økt kationbyttekapasitet ved aldring<sup>69,70</sup>. Ved å bruke den porøse strukturen til biokull, økes vannholdingskapasiteten og næringsretensjonen, noe som reduserer vanlige problemer som nitrattutvasking og vannforurensning, samtidig som bruken av mineralgjødsel reduseres<sup>71</sup>. I tillegg kan gassformige produkter fra pyrolyseprosessen brukes til oppvarming og tørking, mens det flytende produktet kan oppgraderes til råstoff for industrielle applikasjoner. På denne måten kan selv fraksjoner av råstoff med lavere verdi oppgraderes til brukbare produkter. Bruk av biokull i jord gir i tillegg en langsiktig stabil karbonlagringsløsning, noe som gjør et bruksklart biokull til en negativ utslippsteknologi. Dette forhindrer at karbon i råstoffet blir klimagasser, for eksempel CO<sub>2</sub>, samtidig som N<sub>2</sub>O-utslippene reduseres ved bruk av alternativ N-gjødsel<sup>72</sup>. Biokullet er helt økologisk og kan derfor også brukes i økologisk landbruk.

SINTEF, DNV, NIVA, Equinor og Lundin (AkerBP) har startet et 3-årig pilotprosjekt (*JIP Seaweed Carbon Solutions*) på offshore tare dyrking for naturbasert CDR (carbon dioxide removal) og inkluderer tarebiokull som CDR-produkt. Resultatene og innsikten fra dette prosjektet vil bli anvendbare innen det foreliggende prosjektet. Videre har SINTEF vært involvert i en rekke aktiviteter innen skreddersydd biokullproduksjon for ulike anvendelser, og har nylig avsluttet to prosjekter om biokullproduksjon for jordendring, det nasjonale prosjektet *CarboFertil* og det internasjonale initiativet *ABC4Soil*.

Fremstilling av biokull er avhengig av en pyrolyseprosess der biomassen forkulles ved 400-900 grader. Tilgang på spillvarme ligger på betydelig lavere temperaturer og kan ikke anvendes direkte i denne sammenhengen, men til tørking av taren før pyrolyseprosessen er den relevant og i Trøndelag ligger det til rette for at dette kan la seg utvikle. Firmaet Jordpro AS i Trondheim har i dag et pyrolyseanlegg som kan anvendes til fremstilling av biokull.

#### 3.1.5.4 Smelteverksindustrien

##### Utnyttelse av overskuddsvarme til tørking

I Norge ligger de kraftintensive industriene med tilgjengelig overskuddsvarme nær kysten. En undersøkelse gjennomført av ENOVA<sup>73</sup> i 2009 vurderte den totale overskuddsvarmen fra norsk industri med oppgavegivere som utgjorde opptil 63 % av det norske energiforbruket i industrien. Denne studien konkluderte med at overskuddsvarme utgjorde 36 % av energiforbruket i Norge, med 53,7 TWh/år, hvorav en stor andel ble sluppet ut enten i kjølevann eller røykgass. Denne rapporten fremhever også omfanget av lavtemperatur varmetap fra industrien og viktigheten av å identifisere mulige bruksområder for denne overskuddsvarmen. Særlig norsk aluminiumsindustri slipper ut en stor andel overskuddsvarme. Denne næringen bruker ca. 34 TWh/år, tilsvarende 20% av det nasjonale innenlandske stasjonære energiforbruket. Fra denne energien går 19 TWh/år (55 %) tapt som overskuddsvarme, primært ved lave temperaturer (<140°C).

<sup>69</sup> Glaser et. al. (2014) Argon. Sustain. 35, 6674

<sup>70</sup> Batista EMCC, Shultz J, Matos TTS. et al. (2018) Effect of surface and porosity of biochar on ... Sci Rep 8, 10677

<sup>71</sup> Meyer S, Glaser B, Quicker P. (2011) Technical, economical ... aspects of biochar ... Environ Sci Technol. 45:9473-83.

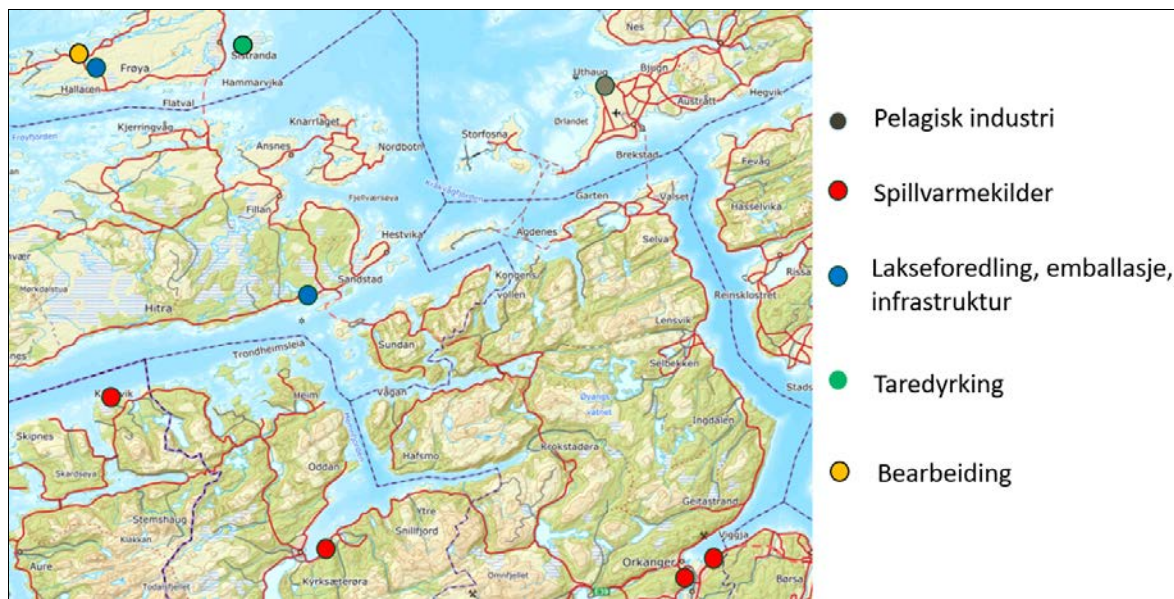
<sup>72</sup> Kammann C, Ippolito J et al (2017) Biochar as a tool to reduce agricultural GHG ... J Environ Eng Landscape Man,25:2, 114-139

<sup>73</sup> ENOVA, Rapport 2009



Flere tørke- og dehydreringsprosesser har potensial til å utnytte varme ved relativt lave temperaturer, for eksempel i form av lavtrykksdamp. Lave temperaturnivåer er ofte ønsket i prosessene for tørking av varmfølsomt ferskt biomateriale. Dette gjør overskuddsenergi fra industrielle prosesser egnet for prosessering av tare. I Trøndelag foreligger det betydelige mengder overskuddsvarme blant annet fra smelteverksindustrien, herunder Holla Metall på Kyrksæterøra (Wacker Chemie), Washington Mills og Elkem Thamshavn på Orkanger samt metanol- og luftgassfabrikken på Tjeldbergodden (Møre og Romsdal) (Figur 3.4).

Smelteverksindustrien bruker store mengder fossilt kull i produksjonen (fra gruver bl.a. på Svalbard inntil nylig). Som nevnt i kap. 2.4.2 kan tare brukes til fremstilling av biokull og det pågår forskning for å avklare egnetheten av slikt biokull i smelteverk og hva som eventuelt må til av prosessering for å gjøre det anvendbart<sup>74</sup>.



Figur 3.4. Lokalisering av industri i Trøndelag med synergi til taredyrking.

Taredyrking er en sesongpreget aktivitet som foregår bare deler av året. Skal dette råstoffet bearbeides videre til ulike produkter (se. Kap. 4.3.2) er det ønskelig å kunne etablere produksjonslinjer for bearbeiding som utnyttes over en større del av året. For å oppnå dette vil det være nødvendig å stabilisere taren for lagring gjennom tørking, frysing eller ensilering. Bruk av overskuddsvarme til tørking vil derfor kunne gi en betydelig synergieffekt mellom tareindustrien og smelteverksindustrien som resulterer i en miljøgevinst. Smelteverksindustrien må derfor vurderes inn i den verdikjeden som starter med dyrking av tare i sjøen for så å ende opp som produkter med ulike anvendelsesområder.

Tjeldbergodden industrianlegg lokalisert til Aure kommune i Møre og Romsdal er også sentralt lokalisert i forhold til industriell taredyrking på Trøndelagskysten. Her er mottaksanlegg for gass fra Heidrunfeltet og en luftgassfabrikk eid av Equinor, Linde Gas og Conoco Phillips som fremstiller oksygen, nitrogen og argon. Her foreligger det betydelige mengder overskuddsvarme som kan anvendes til tørking av tare tilsvarende det som er beskrevet for smelteverksindustrien over.

<sup>74</sup> [HighEFF \(sintef.no\)](http://HighEFF.sintef.no)

### 3.1.5.5 Emballasjeindustrien

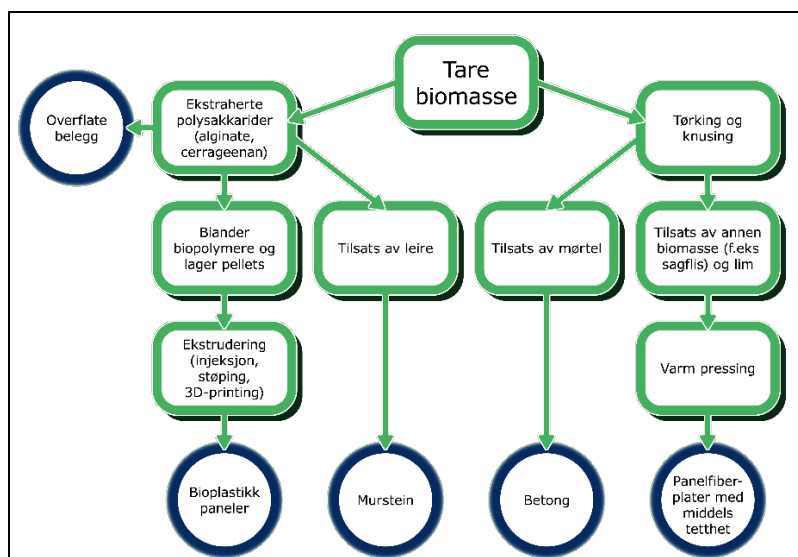
Bruk av tare til fremstilling av bioplast i form av biofilm eller mer strukturelle produkter som kopper, beholdere etc. er under utvikling (Kap. 4.3.2.) Drivkraften bak dette er emballasjeindustriens ønske om å bli mer bærekraftig ("go green") og oppnå karbonnøytralitet. Markedet er anslått til å bli 733 millioner dollar i 2030, og det investeres derfor betydelig <sup>75</sup>. Gjennom både Norske Skog og BEWI står Trøndelag for en betydelig kompetanse innen emballasjeproduksjon som delvis er basert på fornybare råvarer (skog), men også på fossile petroleumsbaserte råvarer. Det vi vil derfor kunne foreligge en interessant synergimulighet og en mulig grønn gevinst dersom tare kan være en av bestanddelene og bidra til at emballasje produsert i Trøndelag blir enda grønnere.

### 3.1.5.6 Byggematerialer

World Green Building Council <sup>76</sup> beregnet i 2021 at bygging og drift av bygninger utgjorde ca. 40 % av de globale utslippene av karbon, derav 11 % direkte fra materialer og byggeprosess. Som en respons på dette er det flere oppstartselskaper i verden som prøver å utvikle "green construction" gjennom å fremskaffe materialer som har mindre effekt på miljøet og som eventuelt også lagrer karbon.

En av fordelene med å kunne anvende tare er den raske veksthastigheten sammenlignet med skog. Det er fortsatt et begrenset marked, men det antydes å ha et betydelig fremtidig potensial (Figur 4.2).

Med utgangspunkt i tares direkte innhold av fiber (taremél) eller gjennom ekstraksjon av polymere (alginat) har det vært gjennomført utviklingsprosjekter for å se på anvendbarheten i bygningsmaterialer. Figur 3.5 <sup>77</sup> viser eksempler på hvordan tare kan anvendes innenfor bygningsmaterialer. Det fremgår at tare kan anvendes som tilsats til overflatebelegg, murstein, betong og fiberplater. Dersom det er aktuelt å fremstille høykostprodukter som f.eks. fucoidan som utgjør 2-6% av tørrstoffinnholdet i tare <sup>78</sup>, kan det resterende råstoffet anvendes til dette formålet. Trøndelag har industrielle aktører innenfor tilvirkning av byggematerialer som f.eks. Inntre Kjelstad AS.



Figur 3.5 Mulig bruk av tare i bygningsmaterialer

<sup>75</sup> World Bank Group (2023) Global Seaweed. New and emerging markets report.

<sup>76</sup> World Green Building Council (2021)

<sup>77</sup> World Bank Group (2023) Global Seaweed. New and emerging markets report.

<sup>78</sup> Bruhn, A., T. Janicek, D. Manns, M. M. Nielsen, T. J. S. Balsby, A. S. Meyer, M. B. Rasmussen, X. Hou, B. Saake, C. Göke, and A. B. Bjerre, 2017. "Crude fucoidan content in two North Atlantic kelp species, *Saccharina latissima* and *Laminaria digitata*—seasonal variation and impact of environmental factors," Journal of Applied Phycology, vol. 29, no. 6, pp. 3121-3137. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29213185/>

## 3.2 Klimapositive bidrag. Karbonregnskap

Ved hjelp av fysisk-biologisk havmodellering har vi estimert potensialet for tare dyrking langs hele Trøndelagskysten og Norge for øvrig<sup>79</sup>. Resultatene kan brukes til å beregne arealbehovet ved dyrking av en gitt biomasse. Modellen som er benyttet kan også simulere opptak av karbon som en funksjon av miljøbetingelsene over flere år og sesonger. Vi har også beregnet en sammenheng mellom potensial for CO<sub>2</sub>-opptak og behov for dyrkingsareal. Den er, for alle praktiske formål, lineær (Figur 3.6). Vi ser at for å ta opp f.eks. 160 000 t CO<sub>2</sub> kreves et areal på ca. 82 km<sup>2</sup> innenfor grunnlinjen, eller ca. 2,0 % av det totale arealet innenfor grunnlinjen når potensielt "konfliktareal" som fiskeri- og gyteområder, farledsareal, naturreservater, øvingsfelt og så videre, er tatt bort (se avsnitt 3.3.1.1 og 3.3.1.4). Vi har her sett på *netto* CO<sub>2</sub>-opptak i den biomassen man kan høste inn, altså det man har i hånden ved slutten av vekstsesongen (den svarte linjen i figur 3.6).

For å tallfeste klimapositive bidrag ved tare dyrking og biomasselagring, må vi balansere dyrkingssystemets evne til å ta opp karbon mot utslippene ved dyrking (jfr. avsnitt 2.6 og figur 2.11). Vi må skille mellom *opptak av karbon i biomasse* og *karbonfjerning*. Alle alger og planter binder karbon ved CO<sub>2</sub>-opptak, men karbonet inngår normalt i det naturlige kretsløpet og blir tilbakeført til hav og atmosfære i form av CO<sub>2</sub> i større eller mindre grad over en relativt kort tidshorisont. I naturen går budsjettet, ideelt sett, i null.

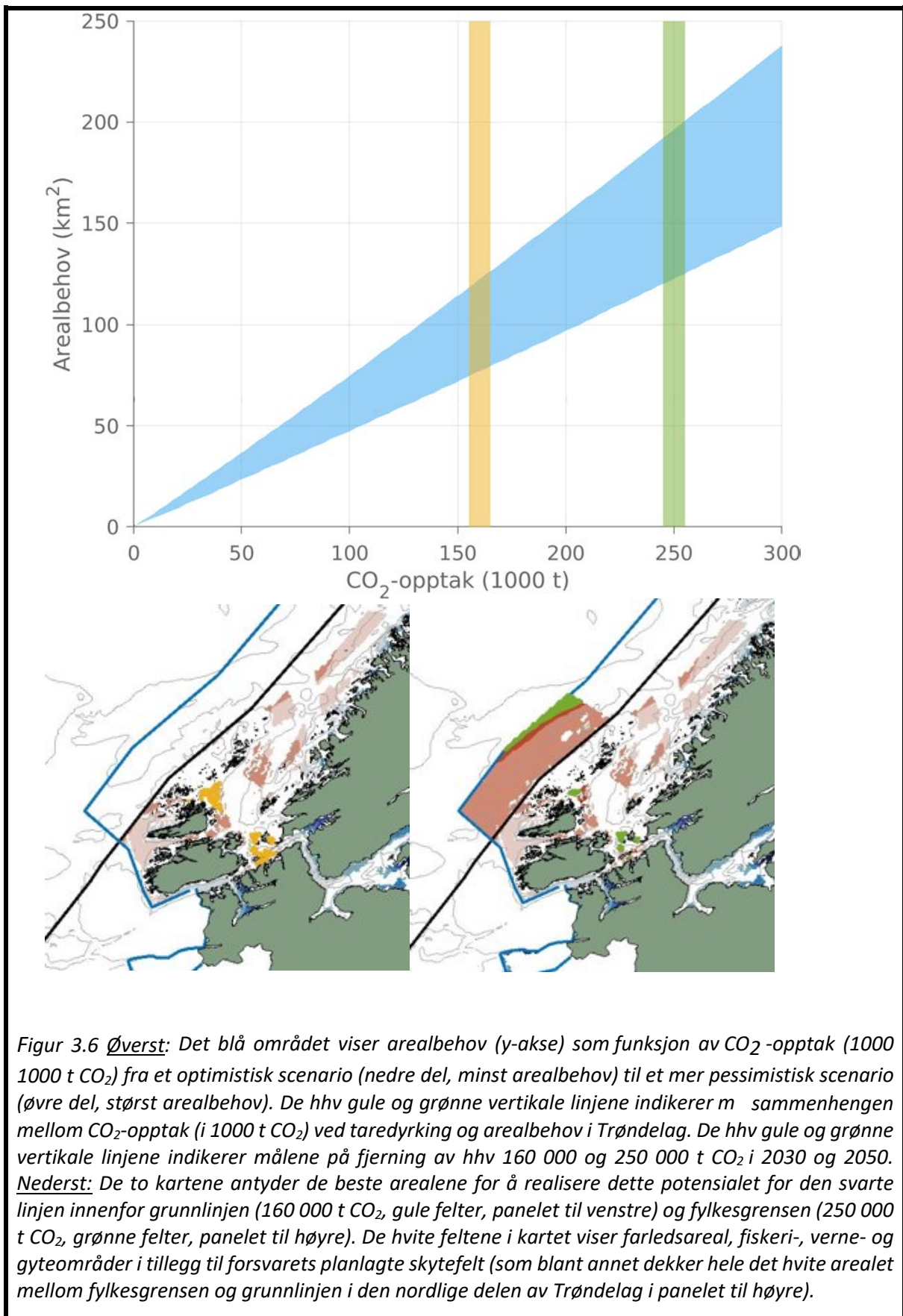
For å estimere potensialet for *karbonfjerning* og behovet for sjøarealer til dette, må vi derfor også ta hensyn til 1) karbonutslippet ved dyrking og stabilisering av biomassen ved bruk av fossilt brensel<sup>80</sup> og 2) det positive (og uavvendelige) *passive* bidraget ved utslipp av oppløst organisk karbon (DOC) og partikulært organisk karbon (POC) gjennom veksten til algene i sjøen. Figur 3.6 viser arealbehovet med et pessimistisk og et optimistisk scenario. I det pessimistiske scenariet antas det at karbonutslippet ved produksjon, høsting og stabilisering/prosessering av biomassen er relativt høyt, mens det passive bidraget er lavt. I det optimistiske scenariet er det antatt at karbonutslippet ved produksjon og prosessering er lavt, mens det passive bidraget gjennom dyrking er høyt. Det må legges til at det ikke finnes presise tall her.

I det pessimistiske scenariet kreves hhv 120 og 196 km<sup>2</sup> til fjerning av (hhv) 160 00 og 250 00 t CO<sub>2</sub>. I det optimistiske tilfellet er tallene hhv 76 og 120 km<sup>2</sup>. Med andre ord er det snakk om 1,5 til 4 % av det tilgjengelige gjenværende arealet innenfor grunnlinjen når konfliktarealer som fiskeri- og verneområder, farled og militæraktivitet er tatt bort. Det tilsvarer på samme måte kun noen få prosent av det arealet som vurderes for havvind utenfor Trøndelagskysten. Selv om Norge (kan man si mot all forventning?) oppfyller sin del av Montrealavtalen og verner 30 % av alt marint areal, vil det fortsatt være rikelig areal tilgjengelig til karbonfjerning ved makroalgedyrking.

---

<sup>79</sup> Broch OJ, Alver MO, Bekkby T, Gundersen H, Forbord S, Handå A, Skjermo J, Hancke K. (2019) Kelp cultivation potential in coastal and offshore regions of Norway. *Front. Mar. Sci.* 5:529; <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.0059>

<sup>80</sup> Siden det er et globalt underskudd på fornybar energi har vi antatt at enhver form for energibruk i forbindelse med dyrking, høsting og stabilisering av biomasse er basert på fossil energi.



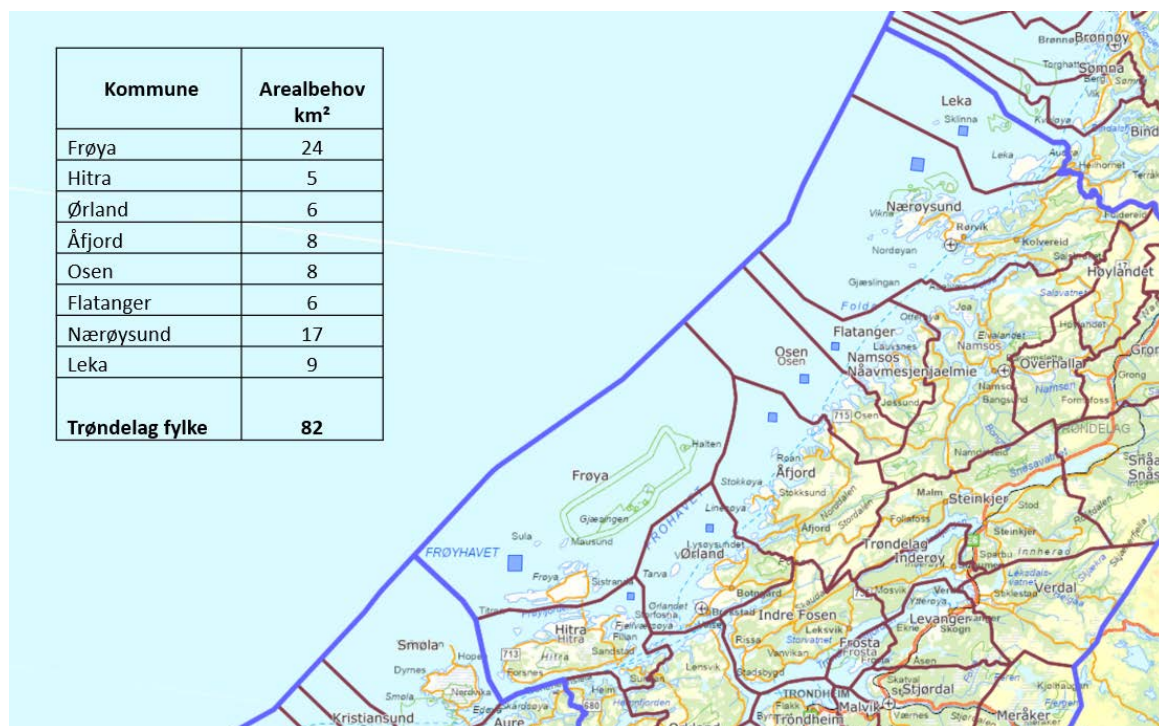
### 3.3 Begrensende faktorer

#### 3.3.1 Arealer på Trøndelagskysten

##### 3.3.1.1 Arealbehov

Ved å ta utgangspunkt i den lineære sammenhengen mellom CO<sub>2</sub>-opptak og areal, som vist i Figur 3.6 over, er det estimert et behov for 82 km<sup>2</sup> dyrkingsareal for tare i Trøndelag, eller 0,24 % av det totale sjøarealet i fylket. For å konkretisere dette arealbehovet er det interessant å se nærmere på hva dette vil bety på et kommunalt nivå.

I Trøndelag er det særlig åtte kystkommuner som utgjør kystlinjen og havområdene i fylket. Dette er kommunene Frøya, Hitra, Ørland, Åfjord, Osen, Flatanger, Nærøysund og Leka. Sammenlagt har disse kommunene et sjøareal på rett i overkant av 15 200 km<sup>2</sup>, målt til territorialgrense, altså 12 nautiske mil utenfor grunnlinjen. Kommunenes planmyndighet etter plan- og bygningsloven (PBL) går til 1 nautisk mil utenfor grunnlinjen. Det er stor variasjon i totalt sjøareal og i totalt tilgjengelig sjøareal per kommune. For å konkretisere arealbehovet på kommunalt nivå er det derfor vurdert som hensiktsmessig å fordele de 82 km<sup>2</sup> basert på to faktorer: prosentvis andel sjøareal (4/5 deler fordeles på denne måten), og en mindre andel som fordeles likt mellom kommunene (1/5 del fordeles på denne måten). Sistnevnte er inkludert siden kommuner med store sjøareal også har store areal som er satt av til spesifikke formål (f.eks. forsvarsareal, verneområder osv.). Ved en slik distribusjon vil arealbehovet for tarelokalteter i Frøya kommune bli 24 km<sup>2</sup> og for Nærøysund kommune, 17 km<sup>2</sup>. For resterende kommuner hvor sjøarealet er vesentlig mindre vil arealbehovet bli henholdsvis 5 – 9 km<sup>2</sup>. Se Figur 3.7 for ytterligere informasjon om arealbehov per kommune, vist i innfelt tabell, samt for en visuell fremstilling av behovet.



Figur 3.7. Arealbehov (km<sup>2</sup>) for tare dyrking basert på prosentvis andel sjøareal per kommune (4/5 deler) og per kommune (1/5), (Kystinfo.no, aktuell kommune). Arealbehov er visuelt fremstilt med blå firkant.

### 3.3.1.2 Eksisterende akvakulturareal i Trøndelag

I Trøndelag er det i dag totalt 13 konsesjoner for alger til konsum, fordelt på 10 lokaliteter (se Tabell 2.1). Disse utgjør sammenlagt et areal på 1,17 km<sup>2</sup> eller 1177 daa<sup>81</sup>. Lokalitetene er plassert i Frøya-, Hitra- og Nærøysund kommune, hvorav flest lokaliteter ligger i Frøya kommune. Til sammenligning er det 206 tillatelser for Matfisk fordelt på 159 lokaliteter i sjø<sup>82</sup> (antall tillatelser/lokaliteter per 31. desember 2023 fordelt på fylket). Dette vil tilsi et areal på rundt 86 km<sup>2</sup>, hvis en tar utgangspunkt i den gjennomsnittlige arealbruken for matfisklokaliteter i sjø i Norge<sup>83</sup>.

### 3.3.1.3 Kommunale planer

Kommuneplanen er kommunens overordnede plan og har som hensikt å tilrettelegge for å utvikle kommunesamfunnet og avklare hvordan arealene i kommunen kan nyttes. Planen er et verktøy som skal ivareta nasjonale, regionale og kommunale mål, interesser og oppgaver. Den legger overordnede føringer for hva som kan etableres, hvor dette kan skje og i hvilket omfang<sup>84</sup>. Tiltak som er i strid med overordnet plan er ikke tillatt og det er derfor essensielt at behovet for taredyrkingsareal inngår i kommunale planer.

I de 8 kystkommunene er noen avgrensede områder satt av til akvakultur, i tillegg til at store havareal er satt av til flerbruksareal der akvakultur tillates (BV, NAF, FFFNA). Flerbruksareal hvor akvakultur tillates gir en stor fleksibilitet i forhold til lokalitetsvalg, særlig siden ulike akvakulturnæringer ønsker ulike miljøbetingelser, men også med tanke på arealbehov og rom for vekst i tradisjonelle- og nye akvakulturnæringer. I de aktuelle kommunene gjør slike flerbruksareal det mulig å etablere nødvendig areal til tare innenfor rammene i de gitte kommuneplanene (det nyeste vedtatte planprogrammet for hver kommune). Det er likevel viktig å påpeke at selv om flerbruksareal gir stor fleksibilitet kan det være en mer krevende søknadsprosess å søke innenfor disse arealene, siden det enda gjenstår avklaring rundt potensiell konflikt med andre interesser. For areal avsatt til akvakultur er dette derimot håndtert på et tidligere stadium. En konsekvent innlemming av taredyrking i kommunale planer og planstrategier, i tillegg til lokal vilje, vil være et viktig grunnlag for å utviklingen av tarenæringen i Trøndelag.

### 3.3.1.4 Interesser i kystsonen

På lik linje med kystsonen ellers er det stor kamp om areal blant ulike interessegrupper tilknyttet Trøndelagskysten. Areal som i stor grad kan komme i konflikt med tarenlegg i Trøndelagsregionen er Forsvaret sitt forbudsområde for skytefelt i sjø, naturvern, fiskeri, gyte- og oppvekstområder, havvind samt farledsareal. Avklaringer knyttet til forsvar, verneområder og farledsareal håndteres av aktuelle sektormyndigheter; derav Forsvarsbygg, Statsforvalter og Kystverket. Interesser knyttet til fiskeri og gyte- og oppvekstområder håndteres av fylkeskommune, men med sterk innflytelse fra Fiskeridirektoratet og kommune.

For Trøndelagskysten er det særlig store areal tilknyttet til forsvar, verneområder og fiskeri. Forsvaret disponerer store sjøareal både i Frohavet og på Folda. Det foregår et arbeid med justering av disse arealene, hvor Forsvarsdepartementet i 2021 sendte på høring et forslag til ny forskrift om skyte- og

<sup>81</sup> [Fiskeridirektoratet kart - akvakultur](#), dato 2023.05.03

<sup>82</sup> [Fiskeridirektoratet akvakulturstatistikk](#), dato 20.10.2023

<sup>83</sup> [Barentswatch.no – Arealbruk](#), dato 10.10.2023

<sup>84</sup> [Regjeringen \(2023\) Kommunale planoppgaver](#), hentet 20.10.2023

øvingsfelt i sjø<sup>85</sup>. Basert på forslaget er det trolig at totalt forsvarsareal i indre/sentrale deler av Frohavet vil reduseres til Frohavet I og II, Tarva, Hoøya og Vågan. I tillegg vil Halten-areal videreføres, og det vil etablering et nytt areal "*Halten dronekorridor*" som vil knytte feltet til land. I ytre deler av Frohavet/Folda vil det etableres nye areal til havs, Halten I og II (Se figur 3.7). Innenfor disse arealene er det et generelt forbud mot etablering av faste installasjoner (med noen unntak, som f.eks. Halten dronekorridor). Etablering av tareanlegg er sådan ikke tillatt, med mindre forsaret selv gir tillatelse<sup>86</sup>  
<sup>87</sup>. Det er tatt initiativ til og opprettet en kontakt med Forsvaret om videre dialog rundt tare dyrking.

Det er også avsatt store areal til naturvernområder og areal som er foreslått til naturvernområder (også underlagt marine verneplaner). Froan naturreservat og landskapsvernområdet i Frøya kommune utgjør rett i overkant av 490 km<sup>2</sup>, i tillegg til en 2-km randsoner rundt verneområdet. Området fikk i 2003 status som Ramsarområdet for nasjonale verneverdier. Det er flere mindre verneområder spredt rundt i fylket, samt to større areal som er foreslått verneområder: Kråkvågsvaet-Grandefjæra-Bjugn fjorden i Ørland kommune og Borgan-Frelsøy i Nærøysund kommune (Figur 3.7). Det er derfor sterke føringer for hva som tillates å etableres innenfor et verneområde og randsonen til dette området. Hvorvidt et tareanlegg faller innenfor disse begrensningene er en interessant problemstilling og trolig en vurdering som må tas for hvert enkelt tilfelle.

Det er stor fiskeriaktivitet langs Trøndelagskysten og det er store areal som er merket med fiskeriaktivitet. I tillegg til oppmerket fiskeriaktivitet er det også lokalt viktige områder for fiskeri som gjerne må innhentes gjennom dialog med lokale fiskarlag eller kommunen. Erfaring og kunnskapsutveikling mellom lokale fiskarlag, kommuner og tare næringen kan være en nyttig fremgangsmåte for å få bedre kunnskap om hvordan næringene kan eksistere side om side, samt kartlegge potensielle former for synergier.

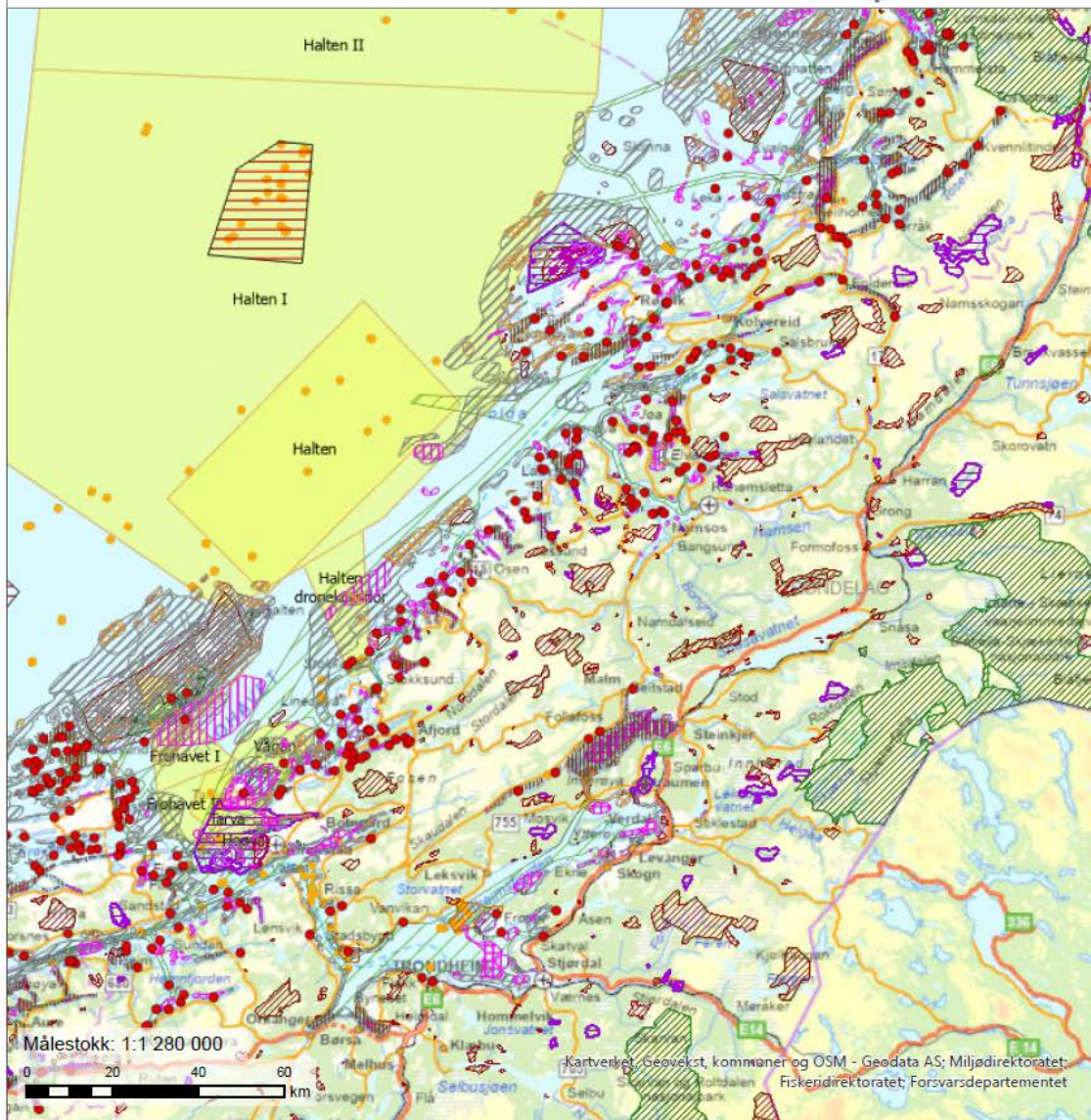
---

<sup>85</sup> [Regjeringen \(2021, desember\) Høring – forskrift om skyte- og øvingsfelt i sjø](#), hentet 13.09.2023

<sup>86</sup> [Regjeringen \(2021\) Høringsnotat -Forskrift om skyte- og øvingsfelt i sjø, Vedlegg 2 Kart](#), hentet 13.12.2023

<sup>87</sup> [Regjeringen \(2021\) Høringsnotat - Forskrift om skyte- og øvingsfelt i sjø, forskrift](#), hentet 13.12.2023

# Kart Fiskeridirektoratet



## Akvakulturregisteret

### Lokaliteter

- Mattfisk laks, ørret, regnbueørret
- Særtillatelser
- Settefisk laks, ørret, regnbueørret
- Stamfisk laks, ørret, regnbueørret
- Slaktemerd
- Andre
- Blottdyr, krepsdyr, pigghuder
- Alger

## Kystnære fiskeridata

- ▨ Gytefelt torsk MB
- ▨ Gyteområder alle arter
- ▨ Gyteområder torsk
- ▨ Fiskeplasser - Aktive redskap
- ▨ Fiskeplasser - Passive redskap
- ▨ Rekefelt - Aktive redskap

## Verneområder (Fiskerireg.)

### Korallrev - forbudsområde

- ▨ §2

## Verneområder

### Naturverneområder

- ▨ Annen fredning
- ▨ Landskapsverneområde
- ▨ Marint verneområde
- ▨ Nasjonalpark
- ▨ Naturreservat
- ▨ Foreslåtte verneområder

## Korallrev - forbudsområde

### Korallrev - forbudsområde

- ▨ §2
- korallrev\_observert\_rev

## Farled og sjømerker

- ▨ Farledsareal GJELDENDE-Farledsareal

## Høring 2021: Forbudsområder for skytefelt i sjø

- ▨ Høring 2021 - Forbudsområder for skytefelt i sjø

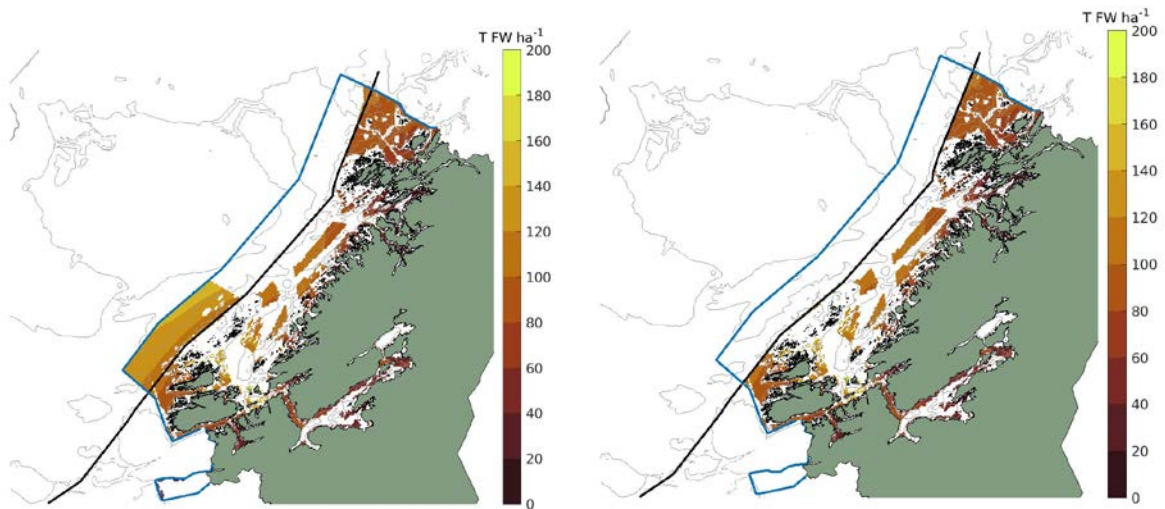
Dato: 12.09.2023

Fig. 3.8. Bruk av arealer på Trøndelagkysten (Fiskeridirektoratet – Kart)

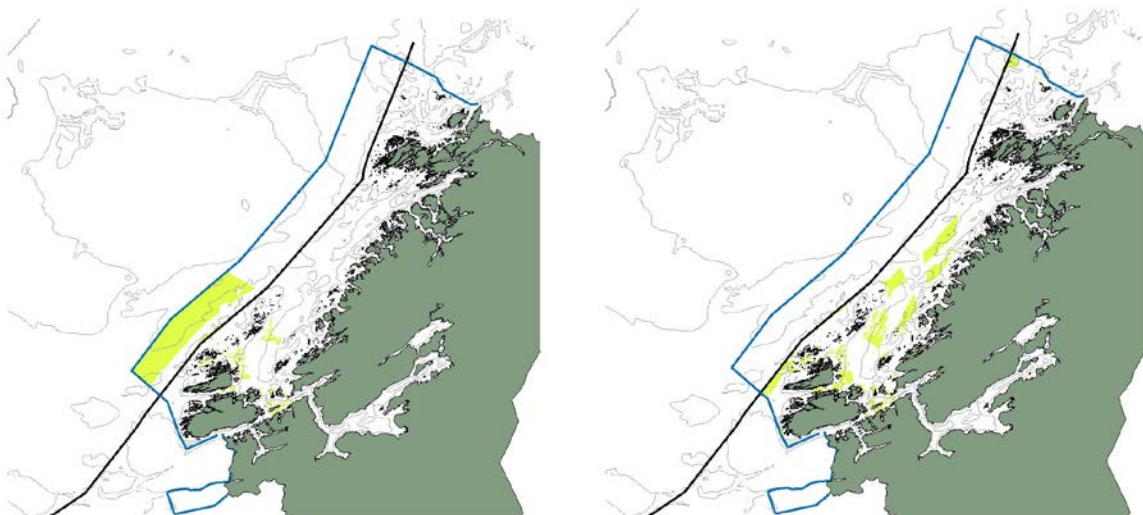


### 3.3.1.5 Arealtilgang og dyrkingspotensial

Det er videre interessant å se arealtilgang i sammenheng med dyrkingspotensial for aktuelt areal. De fargelagte områdene i kartene i figur 3.9 viser tilgjengelig sjøareal når de viktigste konfliktarealene er tatt bort. Fargene angir dyrkingspotensial. Mesteparten av arealet utenfor grunnlinjen, men innenfor fylkesgrensen, er satt av som øvingsområder for forsvaret og er dermed ikke tilgjengelige. Disse områdene har det høyeste potensialet for tareproduksjon i Trøndelag. Dette ser vi av fargene i figur 3.10 der de 25 % beste arealene til tare dyrking innenfor grunnlinjen (høyre) og innenfor fylkesgrensen (venstre) er tegnet inn. Nesten hele det beste arealet ligger utenfor grunnlinjen.



Figur 3.9. Tilgjengelige areal i Trøndelag når konfliktarealer er tatt bort. Til venstre: arealer innenfor fylkesgrensen (blå strek). Til høyre: arealer innenfor grunnlinjen (svart strek). Fargene angir dyrkingspotensial under "ellers like betingelser" (f.eks. lik teknologi, likt utsett- og høstetidspunkt).



Figur 3.10. De 25 % beste arealene for tare dyrking innenfor fylkesgrensen (blå strek, til venstre) og grunnlinjen (svart strek, til høyre) når konfliktarealer er tatt bort.

Tabell 3. 1 Tilgjengelige arealer for taredyrking i Trøndelag, totalt og når konfliktarealer ikke er tatt med.

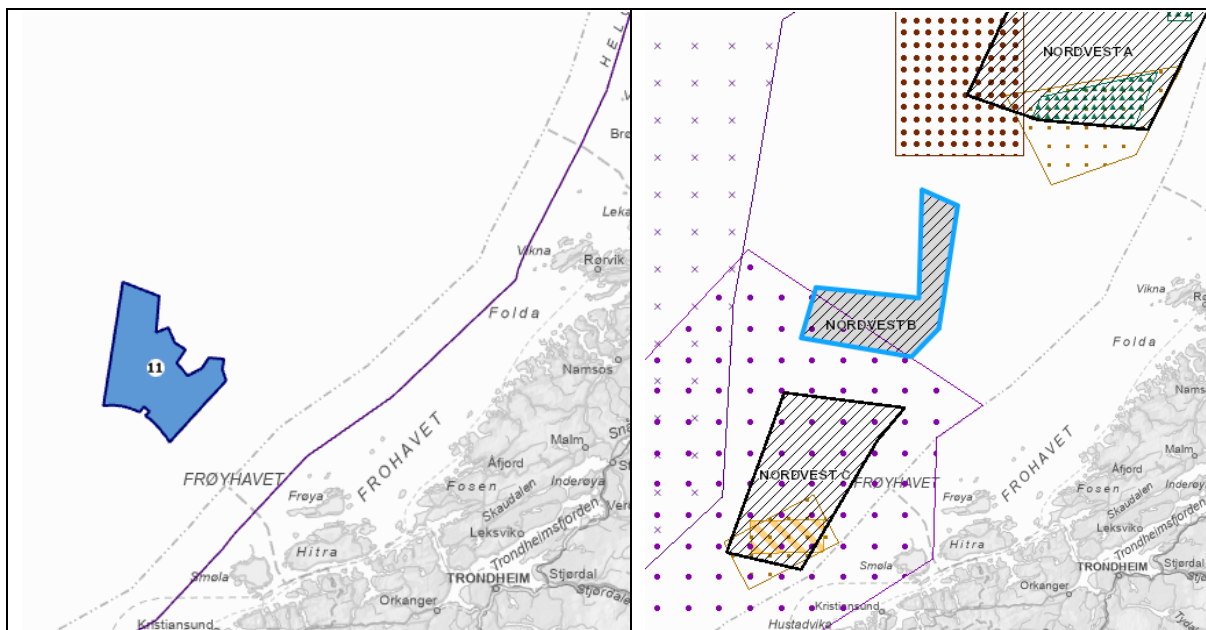
	Med konflikteareal	Uten konflikteareal
Areal innenfor Grunnlinjen (km <sup>2</sup> )	11 000	4000
Areal innenfor fylkesgrense (km <sup>2</sup> )	16 000	5800
Gjennomsnittlig dyrkingspotensial innenfor Grunnlinjen (tonn per hektar)	88	83
Gjennomsnittlig dyrkingspotensial innenfor fylkesgrense (tonn per hektar)	101	95

For å gjøre arealbehovet til tarenæringen så lite som mulig er det viktig å velge gode lokaliteter som vil gi en høy produksjon. For å komme frem til arealbehovet på 82 km<sup>2</sup> til taredyrking ble det lagt til grunn at dyrkingen foregår innenfor de 25% beste dyrkingsarealene uten konflikt, hvor snittproduksjon er henholdsvis 130-140 tonn FW per hektar. Med utgangspunkt i disse tallene er det tilstrekkelig tilgjengelig areal for å realisere taredyrking i en slik skala på Trøndelagskysten. De mest produktive arealene for taredyrking er likevel ikke inkludert her (innenfor grunnlinjen). Disse arealene er omfattet av andre interesser. For å kunne nyttiggjøre disse vil dialog, sameksistens og synergier med andre interesser være essensielt. Fra et taredyrkingsperspektiv vil en nyttig gjøring av mer produktive areal potensielt kunne redusere totalt nødvendig areal til dyrking. Siden sjøareal langs kysten er en begrenset og verdifull ressurs, og siden det er mange ulike interesser knyttet til arealene vil sameksistens være en forutsetning.

### 3.3.1.6 Muligheter

NVE har nylig identifisert nye utredningsområder for havvind (figur 3.11)<sup>88</sup>. Utenfor kysten av Trøndelag ligger områdene Nordvest B og C på henholdsvis 3437 og 5582 km<sup>2</sup>. De biologiske- og fysiske forholdene for taredyrking i Nordvest B virker enda bedre enn forholdene innenfor fylkesgrensen med et potensial opp mot 170 tonn pr. hektar (jfr. tabell 3.1). Det betyr at 75 km<sup>2</sup>, eller drøyt 2 %, av arealet innenfor område Nordvest B kan gi en biomasse på opp mot 1,28 millioner tonn tare i løpet av en dyrkingssesong. Den nærmest vedtatte sannheten om at taredyrking krever store arealer blir dermed satt i et nytt lys. Det bør også være gode muligheter for sameksistens innen havvindområdene med tanke på at en enkelt vindturbin kan legge beslag på opp mot 1,5 km<sup>2</sup>. I prinsippet bør tarekulturer i liten grad komme i konflikt med trygg og effektiv operasjon av vindturbinene. Det er også logistikkfordeler med denne typen sambruk av areal. På den annen side må man balansere de potensielt store transportkostnadene og -avstandene mot biomasseutbyttet.

<sup>88</sup> <https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/kart/interaktivt-kart/>



Figur 3.11. Til venstre: Området utenfor Trøndelag som er kan være egnet for havbruk til havs (Skjermdump fra [Fiskeridirektoratets kartverktøy](https://www.fiskeridir.no/kartverktoy)). Til høyre: Skjermdump fra NVEs interaktive kart (<https://veiledere.nve.no/havvind/identifisering-av-utredningsomrader-for-havvind/kart/interaktivt-kart/>) over utredningsområder for havvind.

### 3.3.2 Oppskalering av produksjonen

#### 3.3.2.1 Plan for oppskalering, JIP Seaweed Carbon Solutions

Etablering av en taredyrkingsindustri i Trøndelag med et produksjonsmål på 1,3 millioner tonn mot 2030 krever flere oppskaleringstrinn. Her vil det være naturlig å se på hvilke relevante prosjekter som foreligger innenfor den løpende prosjektporteføljen i Trøndelag (se Vedlegg 5.1 under) og som direkte kan bidra til realisering av veikartet.

Prosjektet *JIP Seaweed Carbon Solutions*<sup>89</sup> (JIP= Joint Industry Project) er et forsknings- og utviklingsprosjekt som skal designe, bygge og drifte storskala dyrking av tare for å fange og lagre karbon som et klimapositivt bidrag. Prosjektet har som mål å utvikle et rammeverk og en modell for bærekraftig og effektiv utvinning av karbon fra biosfæren og utforske alternativer for permanent lagring på land og til havs. Den foreliggende forskningsinfrastrukturen (*Norsk Taresenter*<sup>90</sup>) som er finansiert av Norges Forskningsråd og utviklet spesielt for forsknings- og utviklingsformål knyttet til oppskalering av taredyrking og bearbeiding benyttes. *JIP Seaweed Carbon Solutions* har en rekke samarbeidspartnere og er finansiert av SINTEF, DNV, Equinor, Aker BP og Wintershall. Utstørsleverandøren Ocean Rainforest bidrar med kompetanse. Prosjektet som er ledet av SINTEF Ocean, har foreslått en plan for oppskalering som vist i tabell 3.2. Siktemålet for prosjektet er å legge teknologigrunnet for en produksjon på 1 million tonn tare i 2030. Deltagerne har inngått en forpliktende avtale om gjennomføring av den første fasen, med en opsjon til å gå inn i fase 2 og 3.

<sup>89</sup> [Seaweed Carbon Solutions \(JIP\) - SINTEF](https://www.seaweedcarbon.com/)

<sup>90</sup> <https://norsktaresenter.no/>

Tabell 3.2. Plan for oppskalering i prosjektet JIP Seaweed Carbon Solutions

Prosjektfase	Aktivitet	År	Finansiert	Kapasitet		
				Tonn våtvekt tare	Tonn CO <sub>2</sub> -fangst/år	
1	JIP Seaweed – CDR pilot	Pågående	2023	Ja	150	15
		Pågående	2025	Ja	500	50
2	JIP Option - Demonstration	Planlagt	2026	Nei	10 000	1000
3	Industrialisation, Commercialisation	Planlagt	2029	Nei	100 000	10 000
		Planlagt	2030	Nei	1 000 000	100 000

Arbeidet innenfor prosjektet *JIP Seaweed Carbon Solutions* startet i 2022 og er godt i gang. Prosjektet hadde sitt første utsett på lokaliteten Storflua høsten 2023. Fremdriften av dette prosjektet vil ha direkte betydning for hvordan de mål som er satt for veikartprosjektet (se kap. 2.2.) kan oppnås. Det er derfor viktig å støtte opp om og legge til rette for at dette prosjektet kan utvikle seg som planlagt.

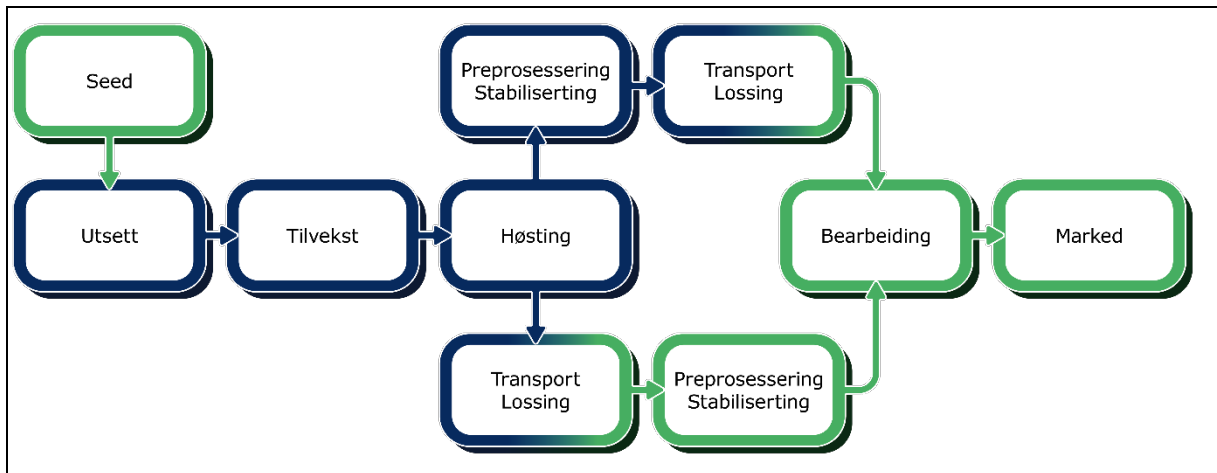
### 3.3.2.2 25 000 tonn tare. Et eksempel

Imidlertid er det ut over å følge prosjektet *JIP Seaweed Carbon Solutions* som beskrevet over nødvendig å definere et forretningseksempel for en helhetlig vurdering av mulige salgsinntekter, kalkyler for produksjonskostnader, investeringskostnader etc. På basis av et mest mulig realistisk kunnskapsgrunnlag er det ønskelig å kunne gjennomgå hele verdikjeden for å kunne presentere et forretningsprospekt. Ut fra produksjons- og investeringsdata som fremskaffes gjennom den første delen av *JIP Seaweed Carbon Solutions*, estimerte kostnader knyttet til videre bearbeiding og vurdering av markedsmuligheter vil bidra til at de blir mulig å fatte fremtidige investeringsbeslutninger.

Gjennom å sette et eksempel på produksjon av 25 000 tonn tare i 2030 vil det være mulig å foreta beregninger som kan gi en indikasjon på om det vil være mulig å investere i industriell taredyrking på Trøndelagskysten. Et kvantum på 25 000 tonn representerer kun ca. 2 % (1/50 del) av den totale målsettingen om en produksjon på 1,3 millioner tonn i 2030 og følgelig et potensial for karbonfjerning på bare 3,125 t CO<sub>2</sub> pr år.

### 3.3.2.3 Verdikjedemodell

Figur 3.12 viser en prinsippsskisse for taredyrking. Kimplanter produseres på land og settes ut i sjøen om høsten for tilvekst. Påfølgende vår, etter ca. 6 (3-9) måneder i sjø, høstes taren og tas om bord i en båt der den kan stabiliseres f.eks. gjennom ensilering eller fraktes direkte til land i ubearbeidet tilstand der den så blir stabilisert. Stabiliseringsmåten gjennom f.eks. ensilering, frysing eller tørking kan variere alt etter hvilken anvendelse taren skal gå til. Videre bearbeiding til ulike produkter foregår i landanlegg.

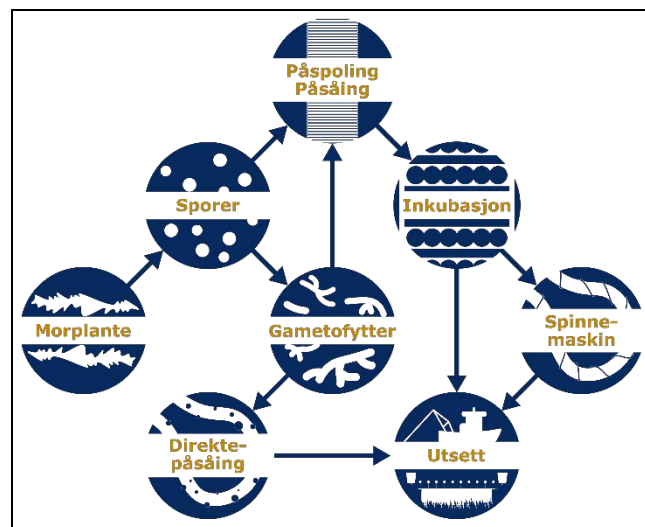


Figur 3.12. Prinsippskisse for dyrking, høsting, stabilisering og videre bearbeiding av tare.

### 3.3.2.4 Produksjon av kimplanter

Kimplanter produseres fra sporer, som har opprinnelse i kjønnsmoden tare (se Figur 2.1.) Sporedannelse skjer til gitte tider av året og det er da mulig å hente inn "morplanter" (sporofytter) og stimulere disse til å slippe sporer. Sporene kan sås direkte på tau eller dyrkes videre i flytende næringsmedium der de holdes i gametofyttfase ved hjelp av rødt lys. Slike gametofyttkulturer kan opprettholdes i månedsvis og sikrer tilgang til materiale for på-såing av tau (eller annet substrat) og kimplanteproduksjon. De på-sådde tauene kan oppbevares i inkubatorer på land for å sikre vekst og utvikling til små kimplanter (3-5 mm), en fase som tar 5-6 uker, før de spinnes over på tykkere bæretau med en maskin og settes ut i sjøanlegget.

Alternativt kan tauene settes direkte ut i sjøanlegget, uten inkubasjon på land. Denne metoden, "direktepåsåing", krever bruk av et lim som sikrer at gametofyttene ikke skylles av rett etter at de kommer i sjøen og en egnet maskin til påføring. Det finnes kommersielle lim og så-maskiner for bruk på land til dette, men det kan være hensiktsmessig at denne operasjonen utføres om bord i fartøy. Beskrevet prosess er skissert i Figur 3.13.



Figur 3.13. Prinsippskisse for fremstilling av tare til utsett i sjø.

Råvarekostnadene utgjør en stor andel av kostnadene ved fremstilling av tarebaserte produkter og av dette står kimplanteproduksjonen for en stor andel (50 %, se Vedlegg 5.2). Dette gjennomføres lite rasjonelt i dag og det foreligger store forbedringsmuligheter. Det er i utgangspunktet ikke mulig å påvirke kostpris av tau osv., men flere prosesser kan automatiseres for å minske produksjonspris. En av de prosesstrinnene der dette er lettest er produksjonen av spoler og gjennomføring av inkubasjonsprosessen. Produksjon av spoler med tau er en prosess hvor man kan dra erfaringer fra for eksempel klesindustrien. Inkubasjonsprosessen tar 4-6 uker, og består for det meste av venting, mens gametofyttene/sporofyttene får de betingelsene de trenger for å vokse seg til robuste kimplanter som så er klare for betingelsene til den lokasjonen hvor de settes ut i sjøen. Dette er en prosess som bør automatiseres i tillegg til å optimaliseres for å kutte ned produksjonstiden.

### 3.3.2.5 *Fra seed til ferdig høstet biomasse*

Norge er et høykostland som er avhengig av kostnadseffektiv industriell produksjon for å oppnå lønnsomhet. Dette gjelder også innenfor dyrking og produksjon av tare, hvor produksjon av store volum med effektive og automatiserte dyrkingsanlegg, fartøy/logistikk-løsninger og prosessanlegg er en forutsetning for en industriell oppskalering av tare dyrking. Eksisterende anleggsdesign og høstemetoder medfører mye manuelt arbeid, noe som fører til tidkrevende operasjoner, i tillegg til at dette er tungt fysisk arbeid, som igjen kan gå på akkord med personlig helse og sikkerhet.

Det er behov for design og utvikling av nye konseptløsninger for helhetlige anlegg som ivaretar kostnadseffektiv drift i alle faser av tare dyrking, som oppdyrking og utsett av kimplanter, driftsoperasjoner, overvåking av anlegg og biomasse, høsting, pre-prosessering og transport av tare.

### 3.3.2.6 *Stabilisering av biomassen*

Når taren har nådd ønsket størrelse må den høstes før begroing av marine organismer skader biomassen. Hva taren skal brukes til har betydning for hvor tidlig den må høstes. I Trøndelag er tidsvinduet for selve innhøstingen 2-3 måneder, fra april til juni. Videre taper makroalger raskt kvalitet etter høsting, som krever stabilisering av biomassen for å hindre mikrobiell vekst og nedbrytning av makromolekyler. Det kreves derfor raske og kostnadseffektive metoder for å stabilisere biomassen, for å bevare kvalitet og forlenge tiden frem til videre prosessering, f.eks. i et bioraffineri.

Tare dyrket i Norge stabiliseres i dag fortrinnsvis gjennom frysing, ensilering, salting, fermentering, eller tørking. Frysing benyttes fortrinnsvis til næringsmiddelapplikasjoner, og muliggjør rask stabilisering med lite tap av kvalitet. Det er imidlertid en betydelig energikostnad i forbindelse med innfrysing, lagring og transport. Skånsom og rask tining for å bevare kvaliteten helt inn til prosessering har også en kostnad. På den andre siden ligger det muligheter i å utnytte ledig kapasitet i eksisterende fryseanlegg, særlig når høstesesongen for tare i liten grad sammenfaller med sesongen på f.eks. pelagisk fisk. Samarbeid eller kombinasjon med eksisterende industri med ledig frysekapasitet vil kunne gi store besparelser i investering og kan redusere uutnyttet tid. Kontinuerlig, helårs drift er mer fordelaktig enn store anlegg med korte sesonger som står uten drift i lange perioder.

Fermentering har blitt benyttet for stabilisering av taren for anvendelser i fôr, hvor bruk av probiotiske bakterier kan ha en helsefremmende effekt for dyr. Fermentering er videre fordelaktig ved at det ikke krever store mengder energi, men krever spesialiserte bakteriekulturer som kan omdanne komponenter fra taren og produsere melkesyre ved lav temperatur og høyt saltinnhold. Videre vil effektiviteten av fermenteringsprosessen være avhengig av tarens sammensetning, som kan variere betydelig gjennom høstesesongen og ved ulike lokaliteter.

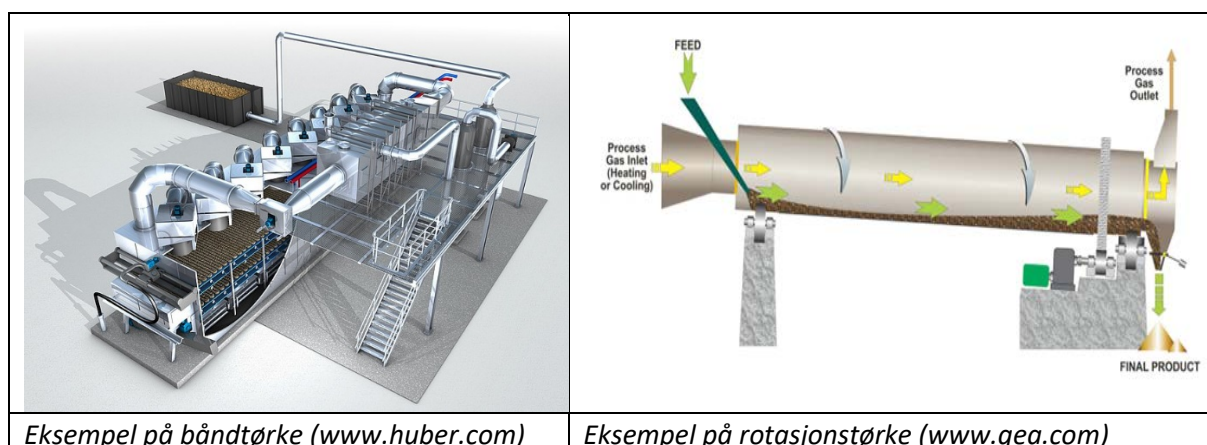
Bruk av syre for å senke pH i taren og derigjennom oppnå en konservering er en metode som har lange tradisjoner når det gjelder å ta vare på andre marine råvarer som f.eks. restråstoff fra filetindustrien. Spesielt der råvarer skal transporteres over lange avstander er dette en mye anvendt metode. Metoden med bruk av organiske syrer er billig og effektiv, men kan gi begrensninger på hva råstoffet kan anvendes til i etterkant.

Uønsket bakterievekst under lagring av råvaren kan også unngås gjennom salting. Dette er en metode som har lange tradisjoner innenfor fiskeforedlingsindustrien. Stabilisering av råvaren gjennom salting vil være en mulig metode, men det kan også begrense mulige videre anvendelser av råvaren.

Tørking er den konserveringsmetoden som gir produktet størst anvendbarhet i forhold til ulike markeder. Utfordringen med tørking er imidlertid i utgangspunktet det høye vanninnholdet i taren. For bruk av tare i næringsmidler eller for videre bearbeiding til andre produkter er det ofte ønskelig med et tørket produkt. Ulike tørkeutstyr kan brukes til tørking av tare. Før tørking er det ofte nødvendig med en forprosessering bestående av vasking, blanchering og hakking før. Følgende kriterier viktige å vurdere når man skal optimaliserer tørkesystemet:

- Oppvarmingstemperatur, materialbehandlingstid og fôringshastighet må justeres for å oppnå beste tørkeeffekt.
- Luftmengde og distribusjonssystemer for å få varmluften til å fordele seg jevnt gjennom produktene og opprettholde konstant kvalitet på produktene.
- Energieffektivitet og luftgjenvinning må planlegges for å muliggjøre energisparing.
- Backup-systemer med damp, elektrisitet eller olje er nødvendig for å opprettholde en stabil energiforsyning gjennom tørkeperioden ved bruk av overskuddsvarme som energikilde.

I en industriell sammenheng vil det også være viktig at tørkeprosessen er kontinuerlig. Her kan man bruke ulike typer av båndtørker. Også rotasjonstørker kan være aktuelle. Eksempel på disse er vist i figur 3.14.



Figur 3.14. Eksempel på tørkesystemer som kan anvendes til tørking av tare.

SINTEF Ocean har deltatt i et prosjekt for utnyttelse av overskuddsvarme fra et avfallsforbrenningsanlegg ("Promac"-prosjektet)<sup>91</sup>. Resultatet viste at luftoppvarming fra fjernvarme ga lufttemperatur opp mot 100 °C. Tester og beregninger i Promac viste at 1000 kg sukkertare krever

<sup>91</sup><https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/244244?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&Fritekst=Promac>

fjerning av 833 kg fuktighet, tilsvarende 774 kWh, men man tok ikke hensyn til energitap i tørkeutstyret i denne estimeringen. Det er anslått at minst 35% skal legges til på grunn av tap. Derfor krever tørking av 1000 kilo rå tare 1042 kWh.

For å kunne oppnå en kontinuerlig fremstilling av tareprodukter basert på sesongdyrking, er det i første omgang helt avgjørende å finne frem til en hurtig metode for å stabilisere de store kvanta tare som høstes (f.eks. ved frysing eller ensilering) for så i neste omgang å tørke kontinuerlig. Muligheter i å bruke ledig kapasitet i allerede eksisterende fryseanlegg f.eks. i pelagisk industri må vurderes.

### 3.3.2.7 *Bearbeiding til ulike produkter*

Dagens produkter fra dyrket tare er fortrinnsvis basert på minimal bearbeiding for bruk av hel biomasse til mat og fôr. For prosesserte matprodukter med høyt innhold av tare vil det være nødvendig å redusere innholdet av jod f.eks. gjennom blansjering før pakking og frysing. I denne prosessen reduseres også innholdet av salt og andre løselige komponenter som fucoïdan, laminaran, mannitol, og frie aminosyrer. Pågående forskning ser på hvordan denne prosessen kan oppskaleres og optimaliseres for mest effektivt å kunne fjerne uønskede elementer og bevare næring og andre ønskede egenskaper i biomassen, til en lav kostnad. Til fôr har mikrobiell fermentering blitt benyttet for å stabilisere biomassen (se kap. 3.3.2.6) og introdusere funksjonelle egenskaper.

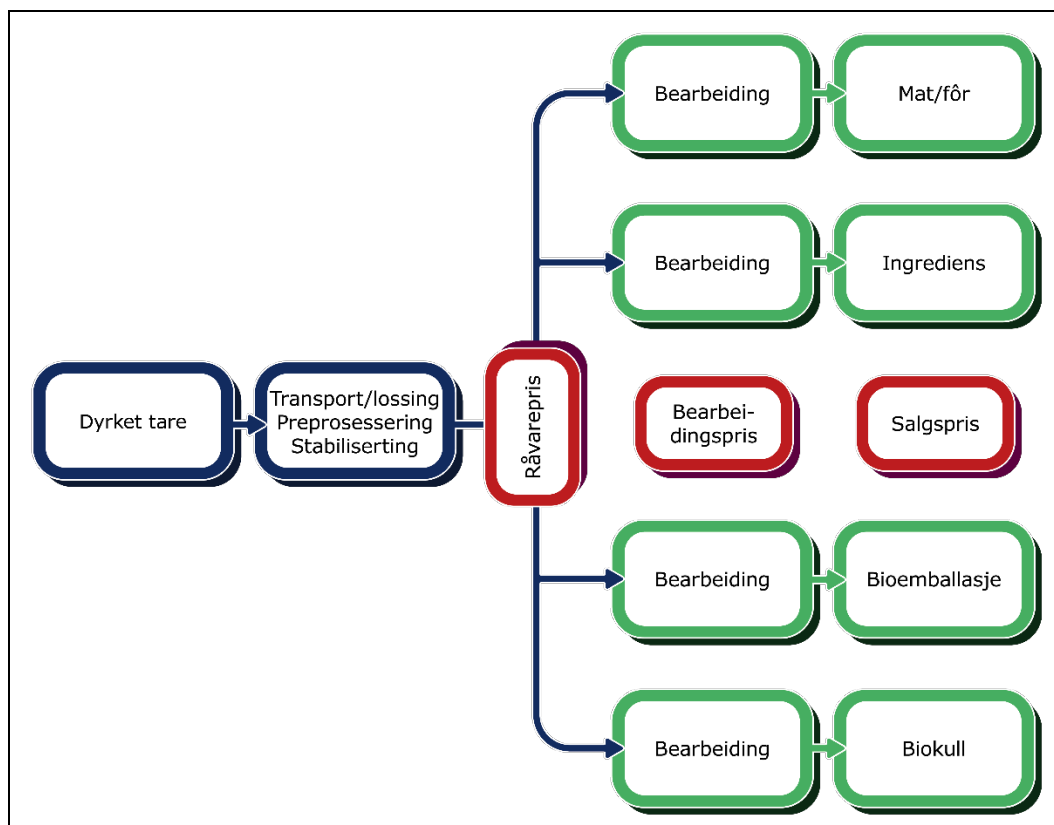
I de kommende 3-4 årene forventes en økning i utvinning av flere produkter fra dyrket tare gjennom bioraffineriprosesser. Aktører som Oceanium (UK) og Origin by Ocean (FI) tar utgangspunkt i bærekraftig produsert tare, fortrinnsvis gjennom dyrking, og er i en oppskaleringfase med planlagt inntak av råstoff fra flere leverandører i Europa. Etablering av bioraffineri for dyrket tare i Norge, tilsvarende IFF/Dupont for villhøstet tare, vil være en viktig forutsetning for videre oppskalering til produksjon av 100.000-200.000 tonn råstoff, og økt verdiskaping. Alginat vil være det viktigste produktet her, basert på et eksisterende stort og variert marked, mens andre produkter som fucoïdan vil kunne ha en fremtidig høy verdi forutsatt videre utvikling av applikasjoner og marked. Hovedproduktene fra en slik bioraffineriprosess vil være (1) Vannløselige karbohydrater (fucoïdan, laminaran), (2) Alginat, (3) Gjenværende fiber (cellulose, proteiner, mineraler, m.m.). Disse produktene kan utvinnes i sekvens fra det samme råstoffet og benyttes mot et ingrediensmarked (mat, fôr, materiale), eller foredles videre til spesialprodukter f.eks. til spesialmaterialer eller legemidler. Ny teknologi for effektiv prosessering av råstoffet, og nye anvendelser for produktene er under utvikling i pågående forskningsprosjekter.

På lengre sikt (>10 år) vil råstoffproduksjon i stor skala til lav kostnad muliggjøre produkter innen emballasje-, kjemikalie-, og energimarkedet. Dette vil også kreve bearbeiding, henholdsvis gjennom ekstraksjon av biopolymer-rike fraksjoner og videre stabilisering av produkter (tørking).

### 3.3.2.8 *Økonomiske kalkyler*

Nedenfor (Figur 3.15) er gitt en prinsippskisse for fremstilling av ulike produkter fra tare. Etter at fremstillingen av kimplanter er gjennomført på land settes plantene ut i sjøen for tilvekst frem til høsting etter ca. 6 måneder. Taren transporteres til egnet oppbevaring/stabilisering der råvarekosten (NOK/kg våtvekt tare) beregnes. Råvarekosten kan betraktes å være den samme uavhengig av hvilket sluttprodukt som skal fremstilles fra råstoffet. Bearbeidingsprisen (prosesseringskostnaden) vil derimot være ulik avhengig av hvilket sluttprodukt som fremstilles.





Figur 3.15. Prinsippkisse for fremstilling produkter fra tare

Det er gjennomført lønnsomhetsbetraktninger for fire ulike produkter fremstilt av tare herunder

- Mat/fôr
- Biokull
- Bioingredienser
- Bioemballasje

Detaljerte kalkyler er gitt i Vedleggene 5.3.1-5.3.4. Figur 3.16 viser de totale prosesseringskostnadene pr. kg vårvekt tare der råvarekostnaden (kr. 11,33 pr. kg våtvekt) er det samme uansett hvilket sluttprodukt som skal fremstilles.

#### Kommentarer til vedlagte beregninger i Vedlegg 5.3.1.- 5.3.4.

Beregningene for den videre bearbeidingen frem til ulike produkter må leses som en sammenligning av de fire utvalgte prosessmetodene, produktene og markedene, og ikke som en komplett investeringsanalyse som underlag til investorer. Tallene og selve oppsettet tar ikke høyde for alle eventualiteter, men er basert på eksempel-mengder, varierende datagrunnlag og utvalgte eksempel-prosesser.

Det er viktig å merke seg at sammenligningen kun gir en indikasjon på hvilke alternativer som kommer best ut som hovedprosess og hovedprodukt i dag. I virkeligheten vil et prosesseringsanlegg for tare ikke basere seg på kun én metode/ett produkt, men ha et hovedprodukt og flere biprodukter i samme anlegg. Endringer i samfunn, teknologi og markeder kan også endre regnestykkene. Det understrekes derfor at disse tallene ikke må leses som kroken på døra for noe alternativ, men som en indikasjon på hva det er mest lønnsomt å starte med.

Data er hentet fra avsluttede eller pågående prosjekter på tare, samt via innspill fra industriaktørene, og i noen tilfeller fra offentlig tilgjengelig tallmateriale. Mange av tallene er omdiskutert; i en umoden industri som norsk tareprosessering og med umodne markeder for samme vil datagrunnlaget stadig være i utvikling. Enkelte tall vil derfor være "feil", og ikke alle tall er mulige å få kvalitetssikret. For eksempel er det stor usikkerhet knyttet til hvilke produktpriser som kan oppnås i markedene. Beregningene vil likevel på et overordnet nivå danne et godt grunnlag for å vurdere de forskjellige alternativene opp imot hverandre.

Det er også krevende å finne relevante tall etter pandemien i 2020 og prisene på råvarer skjøt i været. Dette er illustrert av CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index), publisert av Chemical Engineering Magazine<sup>92</sup>. Følgelig kan investeringsdata fra før 2020 stemme dårlig med situasjonen i dag, selv om forventningen er at priser på frakt, stål og maskineri stabiliseres.

Flere prosjekter på tare som er i gang i dag arbeider med å få oversikt over kostnader knyttet til investering i prosessanlegg, men disse er pågående og har ikke konkludert ennå. Usikkerheten knyttet til disse investeringstallene er derfor stor. Anleggsinvestering er derfor anslått skjønnsmessig og burde selv om de endres over tid stemme nogen lunde bra forholdsmessig i størrelsesorden mellom hver av eksempelprosessene.

Lignende tall som ikke er vesentlige for hovedinntrykket er satt like for alle prosesser. Dette betyr at tall som for eksempel er påvirket av forhandling (som lønnskostnader) ikke slår forskjellig ut for den enkelte prosess enten det skal fremstilles mat, biokull, bioingredienser eller bioemballasje.

#### *Råvarepris 11,33 kr/kg*

Samme for alle prosesseringsalternativer. Beregnet ut fra hva som er mulig å få til i dag med oppskalering av mengder og drift. Det er antatt at innhøsting vil være en aktivitet i samme bedrift som foretar prosesseringen, altså at innhøstingen er foretatt til selvkost uten påslag/egen inntjening.

#### *Råstoffgrunnlag 25.000 tonn og oppskalert 250.000 tonn*

Det er tatt utgangspunkt i sukkertare (forenklet fra flere mulige arter), og sannsynliggjort et volum på 25.000 tonn årlig. Hvor stort volum som skal benyttes her har vært debattert mye, da dagens totale høstede volum er svært langt under. For å få til et relevant eksempel på en industriell satsning er det sett over til fiskeindustrien, der "break even" for et fiskemel- og oljeanlegg til fôrproduksjon lenge har ligget rundt 3 tonn/time. Dette gir et godt grunnlag for beregning av investerings- og energikostnader basert på sammenligning av relevant prosessutstyr og anleggsstørrelse. Oppskaleringen til 250.000 tonn er gjort for å synliggjøre stordriftsfordeler ved en større satsning på tare, i skala tilsvarende trøndersk produksjon av laks.

#### *Sesong 90-180 dager*

Det antas at det kan prosesseres tare i hele høstingssesongen juni-juli-august (ca. 90 dager). Samtidig antas det at sesongen kan dobles ved å fryse inn halvparten av mengden som høstes for senere prosessering, slik at prosesseringssesongen blir 180 dager.

#### *Stabilisering: Innfrysing eller ensilering*

---

<sup>92</sup> <https://www.chemengonline.com/pci-home>

Noen metoder kan benytte ensilering for å stabilisere (biokull og noen former for emballasje), mens for matproduksjon og ingredienser er det nødvendig med innfrysing. Innfrysing er heller ikke en voldsom kostnad, og skånsom tining i rennende vann er ikke vesentlig dyrere enn tining i romtemperatur luft.

#### *Innsatsfaktorer*

Dette vil være forskjellig for de ulike produktalternativene. Noen kan benytte enzymer eller store mengder vann til utvasking (som fucoidan), andre kan greie seg helt uten tilsetninger og virkestoffer (som biokull).

#### *Energibruk*

Beregningene tar utgangspunkt i hvor mange kwt energi (enten kilden er el, gass eller fyringsolje) som er nødvendig for å prosessere et tonn vått råstoff (høstet tare) til tørt produkt. Videreforedling er ikke tatt med.

- Mat 1042 kwt/tonn (beregnet ut fra tørking av tare i moderne mel- og oljeanlegg)
- Ingrediens 1542 kwt/t (tall-likheten er tilfeldig og ikke en skalerbar størrelse fra Mat)
- Bioemballasje 1000 kwt/tonn (anslått, referansetall finnes ikke)
- Biokull 800 kwt/tonn (anslått basert på lignende produksjon)

#### *Antall operatører*

Antall operatører som er nødvendig (per skift). Lønnskostnader tar utgangspunkt i gjennomsnittlig lønnsnivå for industriarbeidere i 2023, og noe høyere for administrativt personell. Ingrediens og bioemballasje er mest arbeids- og kompetansekrevene fordi metodene er mer komplekse. Mat (de første trinn til tørt pulver mellomprodukt) og biokull er kjent og enkel teknologi som langt på vei er automatisert og ikke krever mye tilsyn.

#### *Indirekte kostnader*

Her er det benyttet standardtall fra norsk industri i tilsvarende typer prosesser og tilsvarende skala. Vedlikeholdskostnader anslås til 2,5 % av investeringskostnaden (over tid; økende mot slutten av utstyrets levetid). Avskrivning er satt til 5 år. Rente på investering er satt til 10 %. Rente på drift er satt til 10 %. Dette er konservativt regnet og vil kunne se annerledes ut avhengig av investor-tilgang.

#### *Utbyttetall*

Det antas forenklet at sukkertaren har omtrent 10 % tørrstoff som kan omdannes til tørt produkt. Videre reduseres utbyttetallene for bioingrediens til 0,6 % (av våtvekt tare) der fucoidan betraktes som modellprodukt. Det antas for bioemballasje at 5 % av råstoffet (av våtvekt tare) kan bli til papp-erstattende emballasje. For biokull vil 35 % av tørrstoffet bli til biokull (utbyttetall 3,5 % av våtvekt). Når umodne teknologier betraktes er utbyttetallene fremdeles svært usikre, og de har meget stor innvirkning på regnestykkene.

#### *Produktpriser*

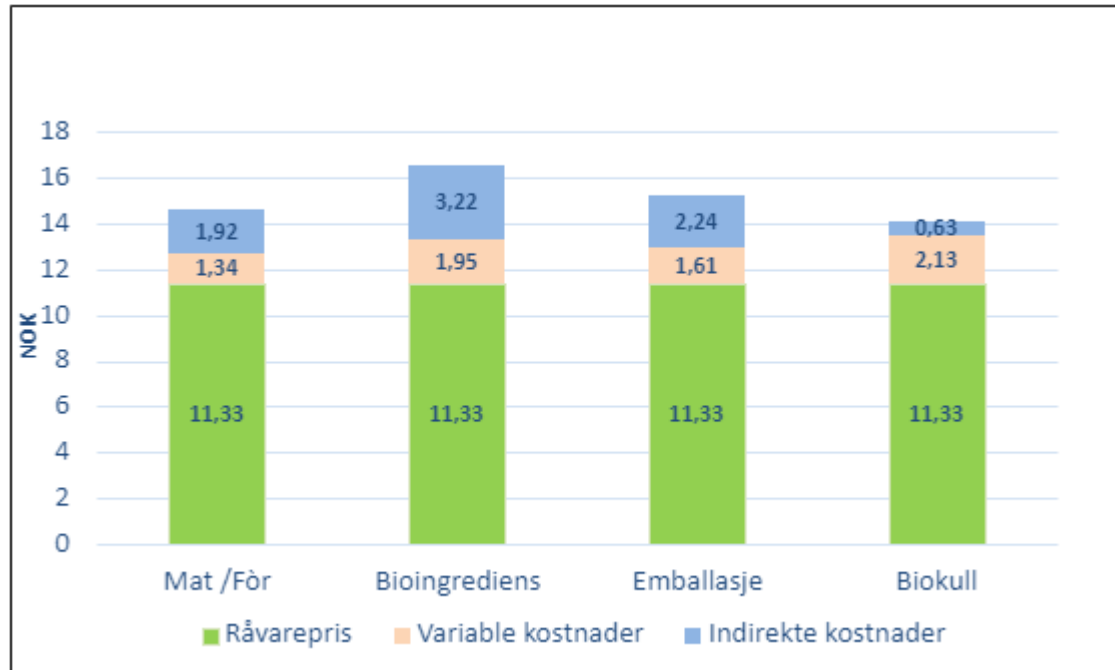
Det er kanskje aller størst usikkerhet tilknyttet produktprisene, da disse er knyttet til forventninger til et foreløpig ikke-eksisterende hjemmemarked og et usikkert verdensmarked. Prisen på fucoidan er hentet fra et japansk polysakkarid produkt der fucoidaninnholdet er på 50 % på tørrvektbasis<sup>93</sup>.

---

<sup>93</sup> [Pris på fucoidan vitamondo - Search Images \(bing.com\)](#)

### Sensitivitet

Mest relevante kostnader/talldata er råvarepris, utbyttetall og produktpris. Selve prosesseringen (Fig. 3.10) er i alle tilfeller lavere enn råvarekostnaden, men vil likevel ha noe innvirkning på lønnsomheten, først og fremst gjennom energikostnader, dernest gjennom driftskostnader og investeringskostnad.



Figur 3.16 Prosesseringskost NOK / kg vårvækt tare

Tabell 3.3 viser de totale prosesseringskostnadene pr. kg på tørrstoffbasis med et antatt tørrstoffinnhold på 10 % i høstet tare. Det er relativt store variasjoner fra 145 NOK/kg for mat/før som det laveste til bioingredienser (fucoïdan) med 2750 NOK/kg. For å oppnå et positivt dekningsbidrag må den prisen det er mulig å oppnå i markedet for det ferdige produktet være høyere enn dette. Det er i tabell 3.3 lagt inn noen priser som antas å være oppnåelige i ulike markeder. Det foreligger imidlertid lite verifisert informasjon når det gjelder markedspriser og det som er tatt inn i tabellen må ansees som mulige eksempler. Tabellen viser at det vil være mulig å oppnå positive dekningsbidrag dersom taren anvendes til mat eller til bioingredienser mens det er usikkert om det vil være mulig å oppnå et positivt bidrag ved en videre bearbeiding til emballasje. Anvendelse av taren til fremstilling av biokull er med dagens priser på biokull langt fra å kunne gi et positivt bidrag.

Tabell 3.3. Prosesseringskostnad vs salgspris (NOK / kg tørrvekt)

Produkt	Prod.kost NOK/kg tørrvekt	Salgspris NOK/kg tørrvekt
Mat (Mel 100 % av tørrvekt)	145,9	250
Bioingrediens (Fucoïdan 0,6 % av tørrvekt)	2750,0	6000
Emballasje (50 % av tørrvekt)	303,6	100
Biokull (35 % av tørrvekt)	402,6	6

De kalkylene som her er utarbeidet, legger til grunn at det utvikles ett produkt av råvaren og at alle prosesseringskostandene legges på dette produktet. Det vil imidlertid foreligge muligheter for å utnytte råvaren til flere produkter. Dersom det f.eks. produseres en bioingrediens (fucoidan) som utgjør bare 0,6 % av den tørkede råvaren, men har en salgspris som kan bære hele råvarekostnaden, er det muligheter for å utnytte de resterende 90 % av råvaren til andre produkter (f.eks. biokull) uten at det legges en råvarekostnad på produkt nummer to. Ved en oppskalert produksjon av produkter basert på dyrking av tare vil en totalutnyttelse av råstoffet være nødvendig for å oppnå miljømessig og økonomisk bærekraft. Her vil det foreligge flere mulige kombinasjonsmuligheter.

### 3.3.3 Logistikk

Dagens tare dyrkingsanlegg i Norge har relativt lite produksjonsvolum, der mye er basert på manuell håndtering og bruk av eksisterende systemer fra andre applikasjoner som ikke er tilpasset hensikten, noe som fører til tidkrevende operasjoner. For å kunne oppnå en reell og stor industriell produksjon, som sikrer økonomisk lønnsomhet, vil det være avgjørende å ha løsninger som sikrer effektive operasjoner og tilstrekkelig produktkvalitet, samtidig som god HMS ivaretas.

Taren degraderes raskt etter høsting og må derfor ombord i fartøy og raskt til land for videre prosessering, eller den må konserveres ombord i fartøy. Høstsesongen for tare er tidsbegrenset. Det nødvendiggjør metoder for å konservere taren for derved å kunne sikre tilgang på tare året rundt for kontinuerlig utnyttelse av prosessutstyr på land. Spesialiserte fartøy- og logistikk-løsninger vil ha stor betydning i internasjonale høykostland med høye personalkostnader, og vil være viktig for at tare dyrking blir økonomisk lønnsomt, ved håndtering av store volum til lave driftskostnader.

Fartøy spiller en viktig rolle i havbruksnæringen og er sentrale i mange av operasjonene ved oppdrettsanleggene. Fartøysoperasjonene omfatter oppgaver som utføres av lokalitetenes egne arbeidsbåter, eks. daglige røkteroppgaver som fjerning av dødfisk, inspeksjon, transport av personell og forsyninger til anleggene. Videre utføres installasjon av anlegg, forankringsinspeksjon, vedlikehold og reparasjon av oppdrettsanleggene og notvask som oftest av innleide eksterne servicebåter. Til fôrleveranse, transport av ensilasje, transport av smolt og slaktefisk og andre større fiskehåndteringsoperasjoner benyttes det større spesialiserte fartøy, som hhv. fôrfartøy, ensilasjefartøy og brønnbåter.

Havbruksflåten er stadig voksende, og det er estimert at over 1300 fartøy betjener havbruksnæringen i Norge. Fartøyene betjener rundt 1000 registrerte oppdrettslokaliteter i Norge for produksjon av atlantisk laks og regnbueørret, langs norskekysten fra Rogaland til Finnmark<sup>94</sup>.

Da tare dyrking inntil videre er sesongbasert og har et begrenset produksjonsvolum, er det, for en tidlig fase i tare dyrkingsnæringen, vurdert mest hensiktsmessig med en tilpasning av fartøy som anvendes innenfor andre næringer. Det store antallet fartøy, fartøyflåtens geografiske utstrekning, havbruksnæringens kompetanse på installasjon, drift og vedlikehold av fleksible sjøanlegg og ikke minst fartøyenes egnethet for oppgaver knyttet til tare dyrking, gjør det relevant å se på mulige synergier mellom tarenæringen og oppdrettsnæringen. Dette utelukker imidlertid ikke at fartøy fra fiskeri eller andre næringer også kan være relevante for tilpasning og utrustning med tare dyrkingsfunksjoner.

Servicebåtflåten er en stor del av oppdrettsnæringen, hvor den har vokst seg større og viktigere over de siste årene. Operasjoner som tidligere ble utført av oppdrettsanleggenes egne arbeidsbåter eller

---

<sup>94</sup> Fiskeridirektoratets statistikk, 2022

mindre servicebåter, utføres nå av større spesialiserte servicebåter fra servicebåtskaper. Flåten består per i dag av omtrent 300 fartøy som eies av rundt 60 rederier. Rederiene kan deles inn i tre grupper: 10 store, 15 mellomstore og et 30-talls små rederier. De fem største servicebåtrederiene er, i rangert rekkefølge: Frøy Akvaservice, AQS, FSV Group, Abyss Group og AKVA Marine Services. Det er også flere oppdrettsselskaper som eier egne servicebåter. De fleste servicebåtene har lengder mellom 15-24 meter og fartøyene karakteriseres ved:

- Stort og åpent akterdekk, styrehus plassert langt frem
- God stabilitet
- Liten dypgang for å redusere konflikt med forankrings-/fortøyningslinjer
- Stor grad av standardisert utrustning, eks. kraner, vinsj og nokker
- Lavt fribord og trapp i skuteseide for å forenkle entring til merd.

Arbeidsbåter, også kjent som dagbåter eller røkterbåter, er fartøy med lengde 8-15 meter, uten lugarkapasitet. De minste fartøyene i dette segmentet er ofte enskrogsfartøy, mens de største fartøyene hovedsakelig er katamaraner. De største arbeidsbåtene kan ha tilsvarende skrogutforming og hoveddimensjoner som de minste servicebåtene, men hovedforskjellen mellom arbeidsbåter og servicebåter er at servicebåter har lugarkapasitet og mer og kraftigere dekksutstyr, som større kraner og utstyr for slepe- og ankerhåndtering. Arbeidsbåtene vil likevel vil kunne benyttes til enklere taredyrkingsoppgaver. Det er anslått at det er en arbeidsbåt per operativ lokalitet, noe som betyr at arbeidsbåtflåten består av ca. 700 båter (Miljødirektoratet 2021<sup>95</sup>).

Servicebåtene har generelt et stort og åpent arbeidsdekk, som gjør det mulig å utføre varierte oppgaver innenfor taredyrking. Et stort og åpent arbeidsdekk og lavt fribord gjør også båtene godt egnet for installasjon av modulløsninger om bord. Modulbaserte løsninger for høsting, håndtering, lagring og konservering av tare, muliggjør at fartøy effektivt kan skifte mellom ulike typer oppdrag og dermed sikre god utnyttelse av fartøy. God stabilitet og relativt liten dypgang gjør båtene godt egnet til å operere i taredyrkingsanlegg. Servicebåtene er utstyrt med kraner, nokker og vinsjer, som er nødvendige for å håndtere både lastbærende tau i taredyrkingsanlegg og for å håndtere dyrkingstau for tare.

Servicebåtene i oppdrettsnæringen anses å kunne utgjøre en godt egnet arbeidsplattform for ulike taredyrkingsoperasjoner, herunder utsett av taredyrkingsanlegg, transport og utsett av kimplanter, og høsting og transport av ferdigvokst tare. Det er likevel avgjørende at det utvikles nye håndteringsløsninger for kimplanter og ferdigvokst tare som tilrettelegger for høy grad av mekanisering og automatisering for å bidra til mer kostnadseffektive operasjoner, tilstrekkelig kvalitetsbevaring og god sikkerhet for personell.

### 3.3.4 Sesongbasert produksjon, alternative råstoffer

I Trøndelag varer høstsesongen fra april til juni. Kvaliteten på taren endrer seg i løpet av denne perioden, da det utover våren vil bli mer synlig begroing på taren. Det kan derfor være hensiktsmessig at fersk tare til mat høstes tidlig i sesongen mens tare som skal prosesseres tas opp mot slutten. Tare til produkter som skal erstatte eller fjerne fossilt karbon (for eksempel biokull, bygningsmaterialer og bioenergi) bør høstes så sent som mulig for å oppnå størst mulig biomasse, men før begroingen har begynt å forårsake biomassetap gjennom lekkasje og biter som faller av. Kort sesong for høsting av

---

<sup>95</sup> Miljødirektoratet, 2021. [Bedre datagrunnlag i havbrukssektoren - Miljødirektoratet \(miljodirektoratet.no\)](https://www.miljodirektoratet.no/tema/havbruk/bedre-datagrunnlag-i-havbrukssektoren)

tare gir en del utfordringer. Det er kostbart å bygge store prosesseringsanlegg med høy kapasitet som skal stå ubrukt store deler av året, uten drift og inntjening av investeringen.

En mulighet er å doble varigheten av prosesserings-sesongen for tare ved å fryse inn halvparten av det som høstes for tining og prosessering etter at sesongen for fersk tare er over. Dette er svært fordelaktig når det gjelder størrelsen på prosesseringslinjene, da man kan halvere dimensjonerende kapasitet og utnytte større deler av året.

Dette vil mest sannsynlig likevel ikke vært nok til å oppnå helårs drift. Derfor kan det være ønskelig å vurdere kombinasjon med alternative råstoffer. Noen muligheter kan være restråstoff fra pelagisk fisk, krabbe, calanus, mesopelagisk fisk, encelleproteiner, gress, tanniner fra granbark – alt som har en lik/tilsvarende hovedprosess og produserer tørket produkt, og har en sesongvariasjon som passer.

# 4 Industriell produksjon frem mot 2030



*Dyrket tare klart for bearbeiding i SINTEF Oceans laboratorier (SINTEF Sealab) på Brattøra i Trondheim (foto SINTEF Ocean).*



## 4.1 Lokal forankring

Gjennom møtevirksomhet med kommuner og dialog med andre brukere av sjøarealer, er det et inntrykk at dyrking av tare oppfattes som et mulig positivt bidrag til næringsutvikling i enkeltkommuner på Trøndelagskysten. Imidlertid har en del kommuner erfaring med utnyttelse av tare gjennom innhøsting av villtare til industrielle formål. Her foreligger det ulike erfaringer både når det gjelder samarbeid og hvilken verdiskaping som tilføres den enkelte kommune. Det må derfor tydelig opplyses om at dyrking av tare er en virksomhet mer på linje med annen oppdrettsvirksomhet. Det må også presiseres at dyrking av tare er i en startfase og avkastningen kan derfor så langt på ingen måte sammenlignes med lakseoppdrett. Selv om noe av kompetansen innenfor lakseoppdrett vil være overførbart til dyrking av tare, vil bruken av tare til fremstilling av ulike produkter være mer differensiert enn bare direkte anvendelse til mat.

Det må derfor kommuniseres til alle interessenter at utvikling av en tarenæring basert på dyrking i Trøndelag er å betrakte som utvikling av en helt ny verdikjede. Dette omfatter kompetanse både på teknologi, marked og forvaltning. Det er derfor helt avgjørende at dialogen er god både med kommuner som ønsker å delta i utviklingen av denne nye næringen og aktører som i dag er avhengig av sjøarealene for å drive sine virksomheter (fiskeri, oppdrett, militære formål, sjøtrafikk etc.). De må alle ta del i planleggingen og eierskapet til utviklingsprosessen.

## 4.2 Sammenligning av norsk og europeisk tareindustri

*Seaweed for Europe* har utgitt en rapport der tareindustrien i Europa blir betraktet ut fra et investeringsståsted<sup>96</sup>. Rapporten viser at det gjennom perioden 2010-2020 har vært investert ca. 70 millioner Euro fordelt på 92 ulike investorer med en gjennomsnittsramme pr. investering på 610 000 Euro. Etter at EU lanserte sin *Green Deal* har det mot slutten av perioden 2010-2020 vært en eksponentiell vekst. EU anser økt tareproduksjon som en viktig del av arbeidet med å nå sine klimamål. Investeringer i tareproduksjon bli ansett å ha lave risikoprofiler samtidig som det har positive innvirkninger på folk og natur. En viktig terskel for europeiske tareprodusenter er å oppnå langsiktige leveringsavtaler med kosmetikk-, næringsmiddel-, pharma- eller førselskaper. Med utgangspunkt i kunnskap om norsk tareindustri og det som beskrives i rapporten fra *Seaweed for Europe*, er det mulig å foreta en komparativ analyse mellom situasjonen for utvikling av tarenæringen i Norge og resten av Europa. Tabell 4.1. gjennomgår ulike parametere som er viktige for utviklingen av tarenæringen. Det fremgår at på områder som nærhet til markeder, interesse fra investorer, politisk engasjement står tarenæringen i Norge svakere enn i Europa for øvrig.

For å oppnå en ønsket utvikling av tarenæringen i Norge og i Trøndelag kan det være aktuelt å foreslå forbedringstiltak på enkelte punkter:

- Styrke kundebasen gjennom å komme mer direkte i kontakt med europeiske industri (næringsmiddel, kosmetikk, farmasi og fôr)
- Styrke politisk engasjement (her kan Veikartet bidra)
- Adressere lokale, nasjonale, europeiske og globale investorer med gode industriprosjekter
- Utfordre FoU-miljøene på kommersialisering. Skape flere bedrifter.

---

<sup>96</sup> Seaweed for Europe (2022) Investor memo: "The case for seaweed investment I Europe" Executive Summary.

Tabell 4.1. Komparativ analyse av vilkår for tarenæringen i Norge og resten av Europa.  
Blå områder: Like vilkår, Røde områder: Dårligere vilkår i Norge

Parameter	Europa	Norge
Biokjemisk sammensetning av tare	Ingen forskjell	
Miljømessige gevinster	Ingen forskjell	
Naturgitte forhold	Ingen forskjell (bedre i Norge?)	
Kundebase	Sterk og voksende	Langt unna ?
Forsknings- og utviklingsaktivitet	Stor og voksende	
Politisk momentum	Sterk og økende	Mye som mangler
"Investorappetitt"	Sterk	Mangler ?
Kontakt mellom investorer og FoU	Sterk	Ikke så sterk ?
Marked 2030	2030 Europa: 9,3 milliarder Euro, 1/3 til Europeiske leverandører	
Bedrifter	221 (eks. Norge)	22
TRL-nivå	85 % på 8+9	Lavere ?

## 4.3 Markedsmuligheter

### 4.3.1 Eksisterende markeder

Siden de fleste av de artene som dyrkes globalt ikke inneholder toksiske komponenter og er relativt lett tilgjengelige over hele verden, er de egnet til humant konsum. Dette er derfor hovedmarkedet for tare i dag. Det er lange tradisjoner for denne måten å utnytte tare på og det er foreliggende ca. 700 arter egnet til konsum, herunder 195 brunalger, 345 rødalger og 125 grønnalger. Taren går blant annet inn som ingrediens i supper, salater, sushi og snacks. Etter hvert som asiatisk kjøkken har blitt mer populært internasjonalt har dette fått større utbredelse. Tare fremstår som helsemessig positivt, har lavt kaloriinnhold og har preferanser hos konsumenter som ønsker lavt karbohydratinnhold og plantebasert opprinnelse. Noen arter er dessuten kjent for sine høye proteininnhold på tørrvektbasis. De artene som dyrkes i Norge, sukkertare og butare, er egnede arter til konsum, dog i nøye kontrollerte mengder på grunn av høyt innhold av jod.

Produksjonen av makroalger har gjennom de senere årene utgjort ca. 30 % av den biomassen (våtvekt) som totalt fremskaffes gjennom akvakultur. Den totale akvakulturproduksjonen var i 2020 på ca. 122 millioner tonn. Ifølge FAO hadde denne produksjonen i 2019 en totalverdi på 275 MRDUSD. Makroalge-produksjonen utgjorde 5,4 % av denne verdien tilsvarende ca. 137 MRDNOK<sup>97</sup> (10 NOK/USD). Det er forventet en årlig vekst (CAGR) på 2,3 % fra 2022 til 2030 da totalproduksjonen antas å nå ca. 43 millioner tonn.

Det er også blitt foretatt en gjennomgang av eksporten av tare og tarebaserte hydrokolloider som f.eks. alginat. Tabell 4.1. gir en oversikt over eksportverdiene fra ulike land<sup>98</sup>.

<sup>97</sup> [Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development \(fao.org\)](#)

<sup>98</sup> UN Comtrade (7 april 2021)

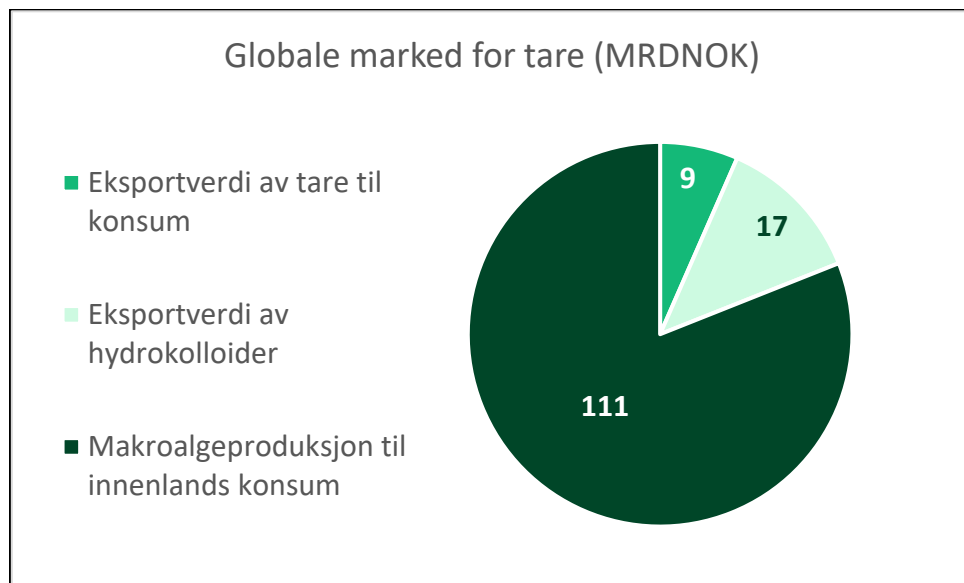
Tabell 4.1. Eksport av tare og tarebaserte hydrokolloider i 2019 (UN Comtrade)

Seaweeds and seaweed-based hydrocolloids			Seaweeds <sup>1</sup>			Seaweed-based hydrocolloids <sup>2</sup>		
Exporter	Million USD	Share of world (%)	Exporter	Million USD	Share of world (%)	Exporter	Million USD	Share of world (%)
1. China	578	21.79	1. Rep. of Korea	278	30.55	1. China	523	30.00
2. Indonesia	329	12.39	2. Indonesia	218	24.01	2. Philippines	214	12.28
3. Rep. of Korea	320	12.08	3. Chile	86	9.43	3. Spain	138	7.91
4. Philippines	252	9.52	4. China	55	6.03	4. Chile	123	7.06
5. Chile	209	7.87	5. Philippines	38	4.23	5. France	114	6.53
6. Spain	145	5.48	6. Ireland	33	3.60	6. Indonesia	110	6.34
7. France	124	4.68	7. Peru	22	2.43	7. United States of America	84	4.82
8. United States of America	102	3.85	8. Japan	21	2.33	8. Germany	76	4.39
9. Germany	82	3.11	9. United States of America	18	1.98	9. United Kingdom	65	3.75
10. United Kingdom	78	2.93	10. Canada	18	1.97	10. Rep. of Korea	43	2.45
Rest of the world	432	16.30	Rest of the world	122	13.45	Rest of the world	252	14.47
<b>World</b>	<b>2 652</b>	<b>100.00</b>	<b>World</b>	<b>909</b>	<b>100.00</b>	<b>World</b>	<b>1 743</b>	<b>100.00</b>

1)Tare inkluderer kultiverte og villfangete bulkprodukter under HS120220, HS 120221 og HS 120229

2)Tarebaserte hydrokolloider inkluderer HS 130231 (agar), HS130239 (carrageenan) og HS391310 (alginat).

Tabell 4.1. viser at mens eksportverdien av tare eller tarebaserte produkter i 2019 var på ca. 26 MRDNOK, utgjorde salget av hydrokolloider hele 17 MRDNOK (10 NOK/dollar). Når dette sammenholdes med det forhold at den totale verdien av den taren som produseres beløper seg til 137 MRDNOK, fremgår det at det aller meste går til innenlands konsum. F.eks. står Kina for hele 56,7 % av den globale produksjonen og en tilsvarende andel av konsumet.



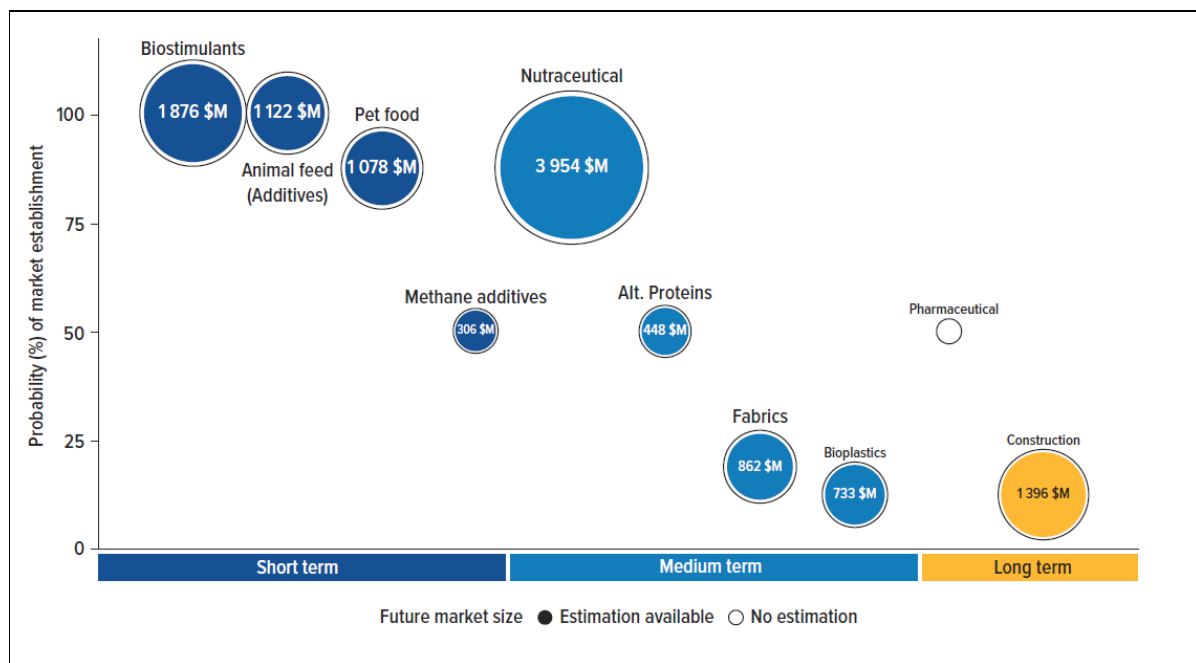
Figur 4.1. Globale marked for tare

Med en totalproduksjon i Norge på f.eks. 1 million tonn vil dette i 2030 utgjøre litt over 2% av den forventede globale produksjonen. Dette er markedsandeler som må opparbeides i et voksende marked. Norge er allerede gjennom Du Pont Nutrition Norge AS i Vormedal (Norsk datterselskap av IFF, International flavours and fragrances) en betydelig aktør innenfor produksjon av hydrokolloider (alginat) med en omsetning i 2022 på ca. 1,6 MRDNOK.

### 4.3.2 Markeder under utvikling

Verdensbanken har i 2023 kommet med rapport som ser på nye markeder for tare brukt direkte eller indirekte som råstoff i mer bearbejdede produkter. Her fremholdes det at dyrking av tare demonstrerer hvordan utvikling, klima, og naturen kan arbeide sammen for å oppnå verdiskaping i nye områder av verden. Rapporten identifiserer 10 globale markeder for tare som til sammen kan bidra med en vekst i totalmarkedene frem mot 2030 med 118 MRDNOK. Dette er markeder ut over dagens anvendelser til direkte konsum, eller som fremstilte hydrokolloider som tilsats til næringsmidler.

De nye markedsmulighetene som foreligger deles inn i forhold til en tidsakse (1) kort sikt (2) middels sikt og (3) lang sikt. Figur 4.2. viser denne horisontale tidsaksen der de ulike markedsmulighetene er lagt inn og der arealene for de sirkelene som er tegnet inn angir det estimerte markedsvolumet. Plasseringen av sirkelene langs den vertikale aksen angir en estimert sannsynlighet for at markedet blir etablert.



Figur 4.2. Estimerte nye markeder for tarebaserte produkter i 2030 (Millioner USD) <sup>99</sup>.

Biostimulanter, tilsatsstoffer til dyrefôr, og kjæledyrmarkedet er de markedsområdene som vurderes å ha et potensiale på kort sikt (innen 2025) på til sammen 4,4 MRDUSD. Dette er produktområder der tarebaserte produkter allerede er konkurransedyktig både på pris og produkttegenskaper. Disse produktene er relativt enkle å fremstille og oppskalere produksjonen av. Tarebaserte tilsatsstoffer til dyrefôr reduserer behovet for syntetiske produkter og bedrer produktiviteten gjennom redusert fôrfaktor. Metanreduserende tilsatsstoffer representerer allerede i dag et marked og selv om det foreligger teknologiske og regulatoriske utfordringer settes det mye inn på løse dette på kort sikt. Imidlertid er det slik at de tareartene vi dyrker i Norge ikke har vist noen tydelige effekter som metanreduserende effekt på drøvtyggere. Skal dette bli et marked for norske produsenter må alger som ikke er naturlig forekommende i Norge i dag dyrkes<sup>100</sup> (se kap.3.1.5.3).

<sup>99</sup> World Bank Group (2023) Global Seaweed. New and emerging markets report.

<sup>100</sup> [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42642/seaweed\\_farming\\_climate.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/42642/seaweed_farming_climate.pdf)

På mellomlang sikt, frem til 2028, fremstår markedet for nutraceuticals som det mest lovende og estimeres til 6,0 MRDUSD i 2030. Nutraceuticals er et begrep som brukes for å beskrive et hvert produkt fremstilt fra næringsmidler med helsefordeler ut over den basale næringsverdien i det aktuelle næringsmidlet.

Alternative proteiner, bioplast eller plastikk substitutter fra fornybare biomassekilder og tekstiler er også markeder som vil utvikles på mellomlang sikt. Fordi utfordringene fortsatt er betydelige med tanke på produksjonskost, pris og funksjonalitet, vil det her fortsatt kreves mye utvikling for at dette skal komme på plass og ikke bare bli nisjeprodukter i fremtiden.

Går vi lengre frem i tid enn til 2030 fremstår farmasøytiske produkter som en mulighet, men her er utfordringen høye utviklingskostnader. På grunn av kompleksiteten, kostnadene og den tiden det tar for å utvikle farmasøytiske produkter fremstår dette som svært usikkert marked i dag. Derimot er det grunn til å fremheve bruken av tare i bygningsmaterialer som en kommende mulighet som estimeres til 1,4 MRDUSD i 2030. Dette vil være et nisjeprodukt som går ut på å skape verdier av restråstoffer fra prosessering av tare til andre produkter, f.eks. hydrokolloider.

### **4.3.3 Konkurransen om råvarene**

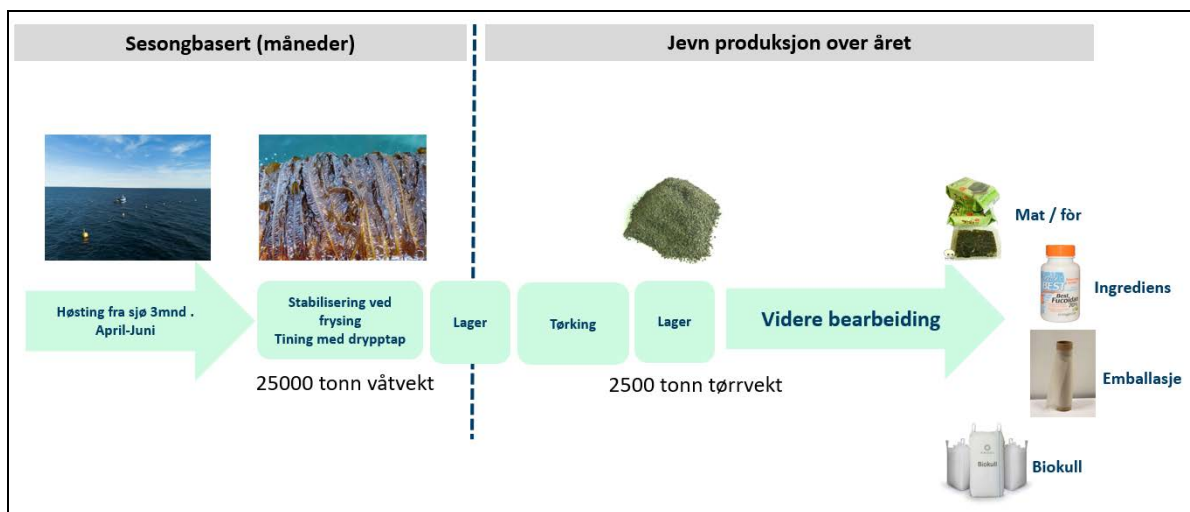
Ved å anvende taren til det som over (kap. 4.3.1 og 4.3.2) er beskrevet som markedspotensialer, kan tilgjengelighet av tare som råstoff med god kvalitet og i tilstrekkelig volum bli begrensende. Dagens hovedmarkeder med tare direkte til konsum og fremstilling av hydrokolloider er voksende og nye produkter må konkurrere om tilgang på råvarene. Primærproduksjonen av tare vil derfor måtte ekspandere både globalt og lokalt for at tilstrekkelig med råvarer kan bringes til veie. Konkurransen på pris med tarebaserte produkter som allerede er handelsvarer, som f.eks. fossile plastprodukter og tradisjonelle bygningsmaterialer kan bli ekstra krevende.

For å komme videre i forhold til denne utfordringen kan utviklingen innenfor bioraffineri gjennom å kunne hente ut flere produkter fra den samme råvaren gi muligheter. Imidlertid vil konkurranse mellom ulike produkter til ulike markeder, men som er basert på den samme råvaren kunne gi konkurranse om råstoffet. Utnyttelsen av tare som råstoff vil bøye seg i retning av de produktene der fortjenesten er høyest.

Krav om å erstatte fossile produkter (f.eks. plast) med fornybare produkter (f.eks. bioplast) vil også kunne bidra til å favorisere produkter fremstilt fra tare.

## **4.4 Produksjonsmuligheter**

Produksjon i sjøen, høsting, stabilisering og videre bearbeiding av tare er en prosess preget av sesongvise produksjonsopplegg. Figur 4.3. viser en skjematisk fremstilling av tarebaserte produkter med utgangspunkt i 25 000 tonn dyrket tare. En beskrivelse av prosessen, oppskalering og logistikk foreligger i kap. 3.3.2 og 3.3.3 over. En stor utfordring er å klare å kombinere vekstsesongen i sjøen som løper fra september/oktober til høsting i mai/juni med mottakskapasitet og stabiliseringsmuligheter



Figur 4.3. Skjematisk fremstilling av tarebaserte produkter med utgangspunkt i 25 000 tonn høstet tare.

for råstoffet på land. Her vil innfrysing/fryselagring eventuelt ensilering være anvendbare metoder. Når råstoffet først er stabilisert vil det så i neste omgang ligge til rette for en kontinuerlig videre bearbeiding med tørking som et første trinn i den videre prosessen. Et tørket produkt (taremél) vil direkte kunne anvendes inn mot næringsmidler eller som tilsats til fôr. Tørking er en svært energikrevende prosess. Om det er mulig vil det være hensiktsmessig å bruke overskuddsvarme fra tilgrensende industri. Mulige kontinuerlige industrielle tørkemøter vil være en rotasjonstørke eller en båndtørke. Dersom det skal utvikles ingredienser som fucoidan, eller det skal fremstilles bioemballasje, vil dette kreve ytterligere raffinering / bearbeiding. Detaljerte kalkyler for bruk av tare til mat/fôr, ingredienser (fucoidan), bioemballasje og til biokull gjennom pyrolyse foreligger i Vedlegg 5.3.1-5.3.4.

Innenfor de industrielle strukturene som foreligger på Trøndelagkysten foreligger det konkrete muligheter for å etablere den produksjonskjeden som her er beskrevet. Dette er drøftet i kapittel 4.8 under der modellbedriften Trøndelag Tarekompani beskrives. Det er også utarbeidet et forslag til et kommersialiseringsprosjekt som anbefales gjennomført i etterkant av Veikartrapporten.

## 4.5 Standardisering

### 4.5.1 Standardisering av produksjonsdata

Standardisering av produksjonsdata er relevant for myndigheter, taredyrkere, forskere, leverandører og andre aktører i verdikjeden som kan ha nytte av sammenliknbare data og konsistent terminologi for dokumentasjon av produksjonsdata.

Biologiske prosesser er komplekse, og man trenger flere påfølgende år med data for å forstå eller tolke trender. Biotiske og abiotiske faktorer vil påvirke vekst av tare på ulike lokasjoner, og kan variere betydelig fra år til år. Variasjoner i anleggsutforming og driftsvariabler vil også påvirke samlet biomassevolum og kvalitet i et gitt år.

#### Faktorer som påvirker biomassevolum og kvalitet:

- Biotiske faktorer: Tidspunkt og grad av planktonoppblomstring og marin begroing

- Abiotiske faktorer: Temperatur, lys, saltholdighet, turbiditet, næringstilgang, bølger og strøm (eksponering) og andre fysisk-kjemiske parametere.
- Produksjonsavhengige variabler: Plassering (eksponering), tidspunkt for utsetting, tidspunkt for høsting og manipulasjonsstrategier under vekst (senke/heve substrat, beskjæring osv.), art, påsåingsmetode, substrattype, posisjonering (horisontal/vertikal plassering av dyrkingssubstrat) og dybde.

Foreløpig er det ingen standardisert måte å overvåke biomasseproduksjon på tareanlegg på, og heller ikke begroende arter som påvirker avling og kvalitet. I tare dyrking er bryozoer/mosdyr av stor bekymring, men det kan også være andre organismer som forekommer til forskjellige tider i sesongen, for eksempel tunikater, nakensnegler, spøkelseskreps, amfipoder, hydroider, trådalger, kiselalger, blåskjell og mer<sup>101</sup>

Begroing, så vel som ønsket kjemikalieinnhold i taren, vil bestemme tidspunktet for høsting. Derfor er det nødvendig med bedre og raskere måter å overvåke dem på. Forskningsfremskritt gjøres for å estimere biomasse på vekstlinjer til tareanlegg ved hjelp av kameraer festet på undervanns fjernstyrte kjøretøy (Monitare-prosjektet, NTNU<sup>102</sup>) eller fra luftbårne droner (SeaBee-prosjektet, NIVA<sup>103</sup>). Ny teknologi og metodeutvikling vil sannsynligvis løse flere utfordringer med overvåking av sjøanlegg i nær fremtid.

Det er også en økende interesse for fjernovervåking av produksjonsmiljøet med kostnadseffektive og tilpassede sensorpakker, noe som har trigget flere oppstartsbedrifter innen sensorteknologi. Målet er å bruke en rekke sensorer for å levere miljødata til modeller, som så kan predikere vekst og kvalitet på forskjellige steder, og forutsi de beste tidspunktene for høsting. I realiteten vil disse dataene trenge verifisering på stedet med biologiske målinger og vannprøver, i det minste i noen år når aktiviteter starter på et nytt område. Jo flere år som inkluderes i dataanalysen, desto mer pålitelige blir modellene, og jo større blir muligheten for sikker prediksjon av det påfølgende års resultat.

Standardiserte overvåkingsprogrammer styrker prediksjonene om tarevekst (volum) og kvalitet (visuell vs. kjemisk) ved å tilby konsistente metoder og data som er lettere å sammenligne mellom år (som tar høyde for sesongvariasjon) og mellom steder (geografisk variasjon). Dette gir pålitelighet til produsenter, beslutningstakere og andre interessenter.

#### 4.5.2 Designstandard for tareanlegg

Eksisterende tare dyrkingsanlegg er relativt små og plassert innaskjærs. En industriell oppskalering av tare dyrking i Norge vil kreve større anlegg og det er sannsynlig at anleggene vil bli plassert i mer værutsatte områder. Dette setter større krav til anleggsdesign, både med hensyn til tekniske og operasjonelle forhold. Det eksisterer ingen spesifikk designstandard for tare dyrkingsanlegg, men flere eksisterende anlegg er designet i henhold til prinsippene i NS9415:2021, " *Flytende akvakulturanlegg - Lokalitetsundersøkelse, prosjektering, utførelse og bruk* " (Norsk Standard, 2021). Denne standarden har som formål å redusere risikoen for rømming som følge av teknisk svikt og feil bruk av oppdrettsanlegg.

For design av tare dyrkingsanlegg vil det være mulig å redusere sikkerhetskravene i forhold til relevante standarder innenfor andre havnæringer (eks. NS-9415 for oppdrettsanlegg eller DNV-standarder for

<sup>101</sup> Forbord et al. 2020. Latitudinal, seasonal and depth-dependent variation in growth, chemical composition and biofouling of cultivated *Saccharina latissima* (Phaeophyceae) along the Norwegian coast. *Journal of Applied Phycology* 32:2215-2232

<sup>102</sup> [MoniTARE - NTNU](#)

<sup>103</sup> [Niva - Seabee Norway](#)

olje- og gass installasjoner), fordi konsekvensene av teknisk svikt vil være betydelig mindre enn for tilfeller der man kan få rømming av fisk eller utslipp av hydrokarboner. Tare dyrkingsanlegg vil normalt heller ikke være bemannet på daglig basis, noe som betyr at strukturell svikt, f.eks. under uvær, ikke medfører risiko for personell. Dette kan gi grunnlag for et lavere målsatt sikkerhetsnivå sammenlignet med sikkerhetsnivået som er påkrevd innenfor oppdretts- eller olje -og gassnæringen. Tidspunkt for maksimal biomasse i anlegget sammenfaller heller ikke nødvendigvis med tidspunkt for maksimal miljøbelastning, og en designstandard for tareanlegg bør derfor kunne åpne for bruk av sesongbaserte variasjoner både for biomasseutvikling og miljølaster.

Det er behov for å utarbeide en spesifikk designstandard for tareanlegg, med et sikkerhetsnivå som er tilpasset de faktiske konsekvensene av uønskede hendelser. Dette vil bidra enkeltlig, sikker og mer kostnadseffektiv utforming av tareanlegg.

#### 4.5.3 Kvalitetsstandarder for høsting og foredling av tare til mat og fôr.

Kvalitet og mattrygghet er viktig for å kunne oppnå markedsaksept for tarebaserte produkter. Tareselskapene i Norge har derfor i samarbeid gjennom sin interesseorganisasjon *Norwegian Seaweed Association*<sup>104</sup> utviklet "*Guidelines for growing and processing of sugar kelp and winged kelp*" for å sikre trygge og gode produkter. Herunder en utviklet kvalitetsstandard for "*Seagreens of Norway*"<sup>105</sup>. Tare anvendt som næringsmiddel blir sammenlignet med grønnsaker. I tillegg til dette har *Norwegian Seaweed Association* utviklet en rekke nyttige retningslinjer knyttet til tare dyrking og produktutvikling<sup>106</sup>.

Videre publiserte The Global Seafood Alliance rapporten "*Seaweed Farm Standard, Best Aquaculture Practices Certification Standard*"<sup>107</sup> i august 2023, som beskriver standarder for mattrygghet, sosial ansvarlighet, miljøansvar, dyrevelferd og sporbarhet.

#### 4.6 Utvikling av leverandørindustri

Akvakulturnæringen i Norge eksporterte i 2022 laks og ørret for ca. 90 MRDNOK der Trøndelag stod for 19,5 MRDNOK, noe som utgjør 21 %. Norske leverandører til havbruksnæringen bestod i 2021 i alt av ca. 1557 bedrifter som samlet sett omsatte for 52 MRDNOK og sysselsatte ca. 15300 personer<sup>108</sup>. I Trøndelag var det i 2021 ca. 2340 personer sysselsatte innenfor leverandørindustrien. Et estimat basert på at forholdet mellom totale salgstall for laks og ørret og leverandørindustrien er det samme i Trøndelag som i resten av landet, tilsier en omsetning i trøndersk leverandørindustri på ca. 10 MRDNOK. Dette estimatet bør være konservativt da regionen har en del større aktører som f.eks. Scale AS. Blant leverandørbedriftene i Trøndelag finnes noen som allerede er leverandører til tare næringen. Eksempel på tjenester og utstyr som tare næringen etterspør og som bedrifter i Trøndelag kan levere er:

- Miljø: Miljøundersøkelser og overvåking (sensorer/målere/rov med mer)
- Anlegg: Bygging av tareanlegg (forankring, analyser, strekk/tau osv.)
- Logistikk: Utleie av arbeidsfartøy, utstyr, kaianlegg etc. for utsett, inspeksjon, høsting, transport av folk, utstyr og biomasse

<sup>104</sup> [Norwegian Seaweed Association \(norseaweed.no\)](https://www.norseaweed.no/)

<sup>105</sup> [644910c3598f8771a583581e\\_Kvalitetsstandard\\_Seagreens\\_of\\_Norway\\_ver\\_1.pdf \(website-files.com\)](https://www.seagreensofnorway.com/files/644910c3598f8771a583581e_Kvalitetsstandard_Seagreens_of_Norway_ver_1.pdf)

<sup>106</sup> [Quality and food safety \(norseaweed.no\)](https://www.norseaweed.no/)

<sup>107</sup> [Public Input Sought for New BAP Seaweed Farm Standard \(globalseafood.org\)](https://www.globalseafood.org/)

<sup>108</sup> Menon-publikasjon Nr. 126/2022. "Rinvirkninger av sjømatnæringen i 2021" Per Fr.Johnsen et.al.



- Prosessering: Utleie av prosesseringsfabrikker, som anlegg for sortering/tørking/frysing/pakking/distribusjon m.m., og salg av prosesskompetanse

Selv om industriell taredyrking i Trøndelag fortsatt er helt i starten bør det legges til rette for at lokale leverandører er med på de utviklingsløp som foreligger og opparbeider kompetanse inn mot denne nye verdikjeden. EUs ambisjoner om å oppnå et taredyrkingsvolum på 8 millioner tonn innen 2030 krever mekanisert, rasjonell dyrking og videre bearbeiding til produkter i Europa. Den samme muligheten foreligger i utgangspunktet i forhold til Kina som har ambisjon om å øke sin tareproduksjon, men som mangler billig manuell arbeidskraft og derfor må gjennom et omfattende mekaniseringsprogram for å nå dette målet<sup>109</sup>.

## 4.7 Finansiering og virkemidler

### 4.7.1 Hva vil det koste å utvikle en tarenæring?

Etablering av industriell dyrking av på Trøndelagskysten vil i praksis innebære oppbygging av en helt ny industri fra grunnen av. Selv om de naturgitte forholdene og kompetansen foreligger vil det være kapitalkrevende å etablere infrastruktur for en stabil produksjon og videre bearbeiding av større kvanta tare. Det vil også være kapitalkrevende å velge og utvikle produkter for betalende markeder. Dette kan i omfang bedre sammenlignes med å etablere nye industrier som produksjon av havvind eller gruvedrift på havbunnen, enn f.eks. etablering av mindre anlegg for oppdrett av et nytt fiskeslag.

Det er vanskelig å anslå det kapitalbehovet som her vil være nødvendig. SINTEF Ocean har gjennom erfaring med etablering og igangkjøring av et dyrkingsanlegg med kapasitet opp til 500 tonn pr. år estimert Capex for dette anlegget til ca. 10-12 MNOK.

Dersom disse erfaringstallene legges til grunn direkte uten å spekulere i stordriftsfordeler eller andre kostnadsreducerende elementer, (f.eks. rabatter på kjøp av anlegg, opparbeidet erfaring med utsett etc.) fremkommer overslagene for kapitalbehov ved etablering av dyrkingsanlegg som beskrevet i Tabell 4.2.

Tabell 4.2 Estimert kapitalbehov ved etablering av dyrkingsanlegg i sjøen.

Anlegg	Kapasitet tonn/år	Estimert kapitalbehov
SINTEFs pilotanlegg	500	10-12 MNOK
Industriecase	25 000	0,5-0,7 MRDNOK
Oppskalert industriecase	100 000	2-3 MRDNOK
Endelig veikartmål	1 000 000	20-25 MRDNOK

I tillegg til selve dyrkingsanlegget må det etableres anlegg for å stabilisere biomassen, f.eks. ved frysing/tørking og anlegg for bearbeiding av taren frem til et ferdigprodukt. Her ligger det imidlertid en mulig synergieffekt opp mot andre regionale verdikjeder som gjør at kapitalbehovet kan reduseres noe.

<sup>109</sup> Pers.meddelelse, Jektvollen 2023, prof. Duan Delin, Inst. Of Oceanology, Chinese Academy of Sciences

## 4.7.2 Finnes det virkemidler?

En oppskalering av taredyrkingen på Trøndelagkysten må i første rekke skje på kommersielle vilkår basert på privat kapital og engasjement. Imidlertid vil det være nødvendig med betydelig risikoavlastning i årene fremover før dette blir en lønnsom virksomhet som står fullt ut på egne ben.

Under arbeidet med Veikartet har det derfor vært gjennomført samtaler med ulike finansieringsinstitusjoner. Møtene har vært av orienterende karakter der hensikten har vært å innvie institusjonene i de muligheter som foreligger for å etablere kommersielle virksomheter basert på dyrking av tare i Trøndelagsregionen. Institusjonene har også blitt gitt status for pågående prosjekter i Trøndelag og det estimerte kapitalbehovet ved oppskalering som er beskrevet i Tabell 4.2. Det er i tillegg til de institusjonene som er nevnt under løpende kontakt med Norges forskningsråd som så langt har finansiert utviklingsprosjektene (Se Vedlegg 5.1.).

Innovasjon Norge v/ regiondirektør Vigdis Harsvik ([Trøndelag | Innovasjon Norge](#))

Innovasjon Norge har programmer som kan understøtte utvikling av en tarnæring i Trøndelag. Institusjonen har i tillegg utenlandskontorer som kan bidra til gjennomføring av spesifikke markedsundersøkelser. Det er etablert dialog med kontoret i Frankrike for å se på markedet for ulike tareprodukter der.

Investinor v/ investeringsdirektør Ronny Wikdahl ([Forsiden - Investinor](#))

Investinor besitter venturekapital som rettes mot selskaper i vekstfasen som trenger eksternt kapital til videre vekst og utvikling. Dette innebærer at selskapene ofte har fått positive tilbakemeldinger på sitt produkt i markedet, har oppnådd vesentlig omsetning, og ser et videre vekstpotensial. Investinor har en portefølje innenfor marin sektor.

Enova v/ seniorrådgiver Boy Kåre Kristoffersen ([Enova](#))

Enova arbeider for Norges omstilling til lavutslippssamfunnet. Omstillingen krever at vi kutter utslipp av klimagasser, bidrar til teknologiutvikling og innovasjon og skaper nye verdier. Derfor jobber Enova for at ny energi- og klimateknologi blir utviklet og tatt i bruk i markedet. Smelteverksindustrien og annen industri i Trøndelag disponerer store mengder overskuddsvarme (Se kap. 3.1.5.4.). Utnyttelse av denne energien til f.eks. tørking av tare er tema som ligger innenfor det Enova kan støtte.

Sparebank 1 SMN v/ konserndirektør Ola Neråsen ([Privat | SpareBank 1 SMN](#))

Sparebank 1 SMN er som finansieringsinstitusjon knyttet opp mot EU's Green Deal / Taxonomy som krever at investeringer skal foregå i henhold til seks definerte miljøkrav<sup>110</sup>. Investeringer i taredyrking vil ligge innenfor disse kravene, men bankens engasjement vil være avhengig av at utviklingen mot en kommersiell virksomhet er kommet lengre enn i dag.

Samlet kan det sies at det er vist en betydelig interesse og velvilje fra de aktørene som her er besøkt til å bidra positivt til å få på plass en industriell dyrking av tare på Trøndelagkysten. Imidlertid er det slik at i en utviklingsprosess har aktørene ulike roller som må legges til grunn for hver enkelts engasjement. Likevel bør det inngå som en del av det kommersialiseringprosjektet som er beskrevet i Kap. 4.8.3 å få de institusjonene som her er besøkt samlet i tale.

---

<sup>110</sup> [EU taxonomy for sustainable activities - European Commission \(europa.eu\)](#)

## 4.8 Veien videre. En mulig modell.

### 4.8.1 Trøndelag Tarekompani.

Etter at prosjektet "Veikart for industriell tare dyrking i Trøndelag" er gjennomført og tiltakene fremover mot 2030 definert (Kap. 1.2 -1.4 over), har det ut vært nødvendig å gjøre en konkretisering av en kommersiell vei. Dette for å kunne anskueliggjøre mer direkte hva som skal til for å utvikle en tarenæring på Trøndelagskysten. Gjennom å ta utgangspunkt i regionale fortrinn og begrensninger (kap. 3.1 og 3.3 over) er muligheten for å etablere et selskap "Trøndelag Tarekompani " diskutert ut fra styrker, svakheter, trusler og muligheter (SWOT, Tabell 4.3) på en mer direkte måte. Et selskap kan etableres på følgende grunnlag:

- Formål: Dyrke, stabilisere og bearbeide tare til lønnsomme produkter for ulike markeder
- Forretningssidé: Utnytte våre samlede fortrinn (veier opp våre samlede ulemper)
- Kritiske faktorer: Markedskompetanse og "motivert kapital"

Tabell 4.3 SWOT-analyse for Trøndelag Tarekompani

Styrke	Svakhet
<ul style="list-style-type: none"><li>• Naturgitte forhold</li><li>• Kompetanse</li><li>• Infrastruktur og erfaring fra å drive biologisk produksjon i sjøen</li><li>• Tilgang på kapital</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avstand til eksisterende markeder</li><li>• Manglende investorlyst i Norge</li><li>• Moderat interesse fra myndigheter</li></ul>
Trussel	Mulighet
<ul style="list-style-type: none"><li>• Stagnerende taremarked</li><li>• Genmanipulerte arter</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utvikle produkter for ulike markeder</li><li>• Utvikle synergier med andre trønderske verdikjeder</li></ul>

### 4.8.2 Trøndelag Tarekompani, driftsmodell

Med utgangspunkt i regionale fortrinn, taredyrkingens sesongbaserte behov og eksisterende infrastruktur og logistikksystemer på Trøndelagskysten, er det foreslått en modell (Fig. 4.4) for hvordan en verdikjede kan etableres som flere parter kan dra nytte av.

Modellen går i korte trekk ut på følgende:

- Det etableres taredyrkingsanlegg i nærheten av lakseanlegg i alle åtte kommuner. Dette for å kunne utnytte logistikksystemer og infrastruktur som allerede foreligger i lakseindustrien.
- Taren høstes og bringes til land på Trøndelagskysten der den stabiliseres, f.eks. ved innfrysing og lagring. Dette kan skje ved Grøntvedt Pelagic AS på Ørlandet.
- Fra fryselager kan taren tines og tørkes kontinuerlig og selges direkte eller eventuelt anvendes til videre prosessering av andre produkter.



Figur 4.4 Verdikjede for dyrking og bearbeiding av tare på Trøndelagskysten.

Fortrinn:

Taredyrkere på Trøndelagkysten:

- Faste kunder til den dyrkede taren.

Laksenæringen:

- Etablering av et tareanlegg i nærheten av lakseanlegget vil føre til bedre utnyttelse av næringskomponenter som lekker ut og dermed føre til noe redusert utslipp.
- Tare kan inngå i fôrprodukter som en kortreist komponent.
- Miljøprofilen for laksenæringen vil bli styrket, noe som er avgjørende for mulig videre vekst i laksenæringen.

Pelagisk industri:

- Pelagisk industri på Trøndelagskysten (som f.eks. Grøntvedt Pelagic) vil kunne få bedre kapasitetsutnyttelse i perioder da det ikke er mottak av makrell og sild.

Videreforedlere av tare:

- Jevn tilgang på tørket råvare for utvikling av produkter. Kan oppnå sikre og langsiktige leveranser til markedet gjennom å dokumentere jevn leveringsdyktighet.

Logistikkleverandører:

- Får utvidet sitt marked til tareneringen og oppnår bedre kapasitetsutnyttelse.

Ulemper:

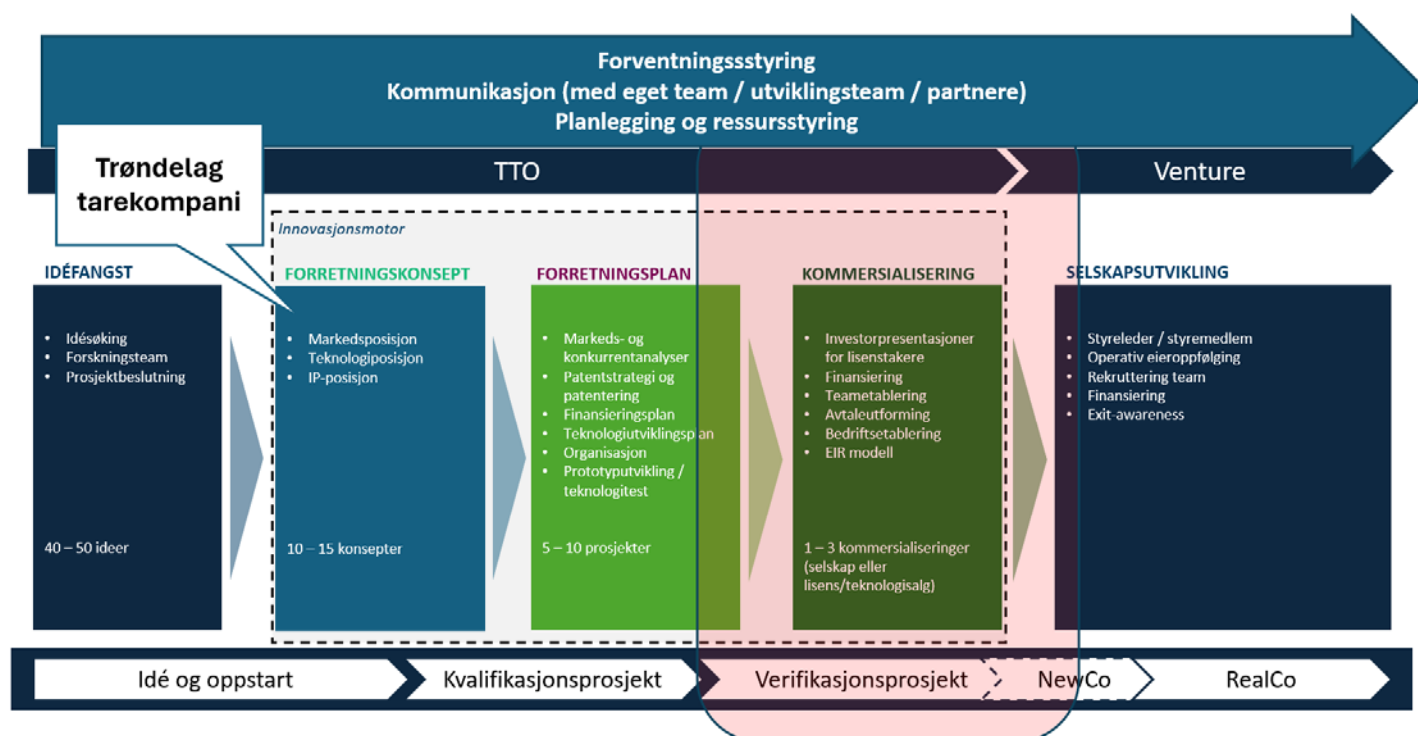
- Tareproduksjon i nærheten av et lakseanlegg kan komplisere driften.
- Det må gjennomføres investeringer langs hele verdikjeden.

For å realisere formålet med å dyrke, høste/stabilisere og bearbeide tare til lønnsomme produkter for ulike markeder gjennom denne driftsmodellen, er det nødvendig med engasjement både fra det offentlige og fra ulike private aktører. Det kan derfor i etterkant av det foreliggende "Veikart for industriell tare dyrking i Trøndelag" være aktuelt å se på et mer konkret kommersialiseringsløp. Dette vil være en prosess der alle nødvendige aktører deltar under et felles formål. Det har derfor vært en diskusjon med SINTEF TTO (*technology transfer office*) om hva som bør inngå i et kommersialiseringsprosjekt. Kapittel 4.8.3 under beskriver dette.

#### 4.8.3 Hvordan kommersialisere Trøndelag Tarekompani?

SINTEF TTO<sup>111</sup> har lang fartstid og erfaring med å kommersialisere teknologier og løsninger gjennom lisensiering og etablering av fokuserte oppstartsselskaper. Den foretrukne modellen er oppstartsselskaper da man ser at dette er modellen som tiltrekker seg mest kompetent utviklingskapital og markedsaksess, og dermed størst sannsynlighet for suksess.

Ambisjonen er å kunne etablere et fokusert oppstartsselskap for å kommersialisere teknologien og forretningsidéen Trøndelag Tarekompani. Fremgangsmåten som beskrives er forankret i fremgangsmåten SINTEF TTO har benyttet for å kommersialisere de over 15 selskapene SINTEF har etablert og oppkapitalisert i fondene SINTEF Venture V og VI fra 2018 og frem til nå. Figur 4.5 under beskriver hvordan SINTEF arbeider med investeringsmulighetene og senere, selskapene.



Figur 4.5 SINTEF TTO Kommersialiseringsmodell

Trøndelag Tarekompani vil, i denne modellen, starte som et forretningskonsept i og med at prosjektet er forbi idéfasen og er relativt etablert. Som kommersielt konsept følger det ikke helt utviklingen til majoriteten av prosjektene som ender opp som selskaper. Dette fordi den teknologiske delen av TT-prosjektet er kommet veldig langt, mens andre kommersielle delene ikke er utviklet i samme grad. Andre ulikheter sammenlignet med andre prosjekter er at ressursene inn i dette prosjektet er av en

<sup>111</sup> [Om SINTEF TTO - SINTEF](#)

litt annen natur. En av hovedtankene bak Trøndelag Tarekompani er at det skal fungere som et samarbeid mellom trønderske kystkommuner og private aktører. Dette innebærer en annen dynamikk enn for et typisk oppstartsselskap. Men, gitt at dette lykkes bør det kunne skaleres ut til andre geografier og bli noe mer enn bare et regionsprosjekt. Dette vil styrke selskapet og kommersialiseringen.

SINTEF TTO mener den beskrevne kommersialiseringsmetodikken vil fungere veldig bra inn mot Trøndelag Tarekompani, og dermed sikre den helhetlige tilnærmingen som må til for å lykkes med å utvikle en slik ny industriell løsning.

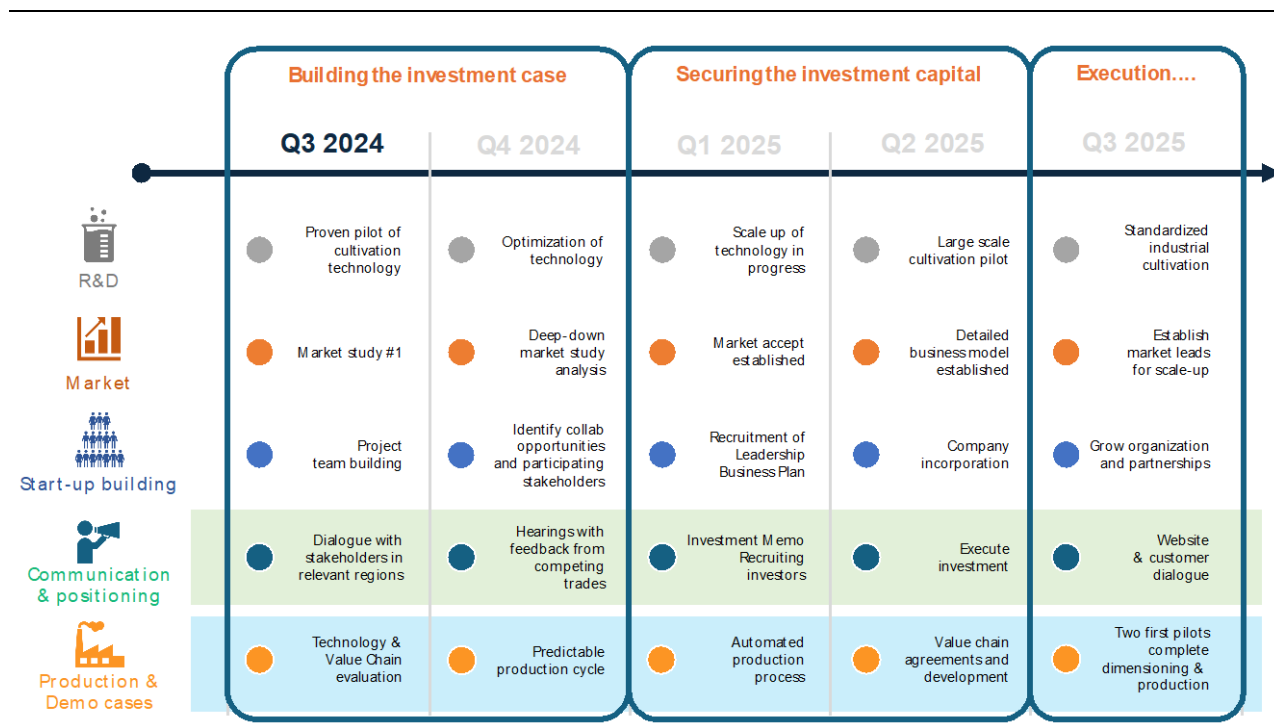
#### **4.8.4 Hva innebærer et kommersialiseringsprosjekt?**

Den mest avgjørende delen av et kommersialiseringsprosjekt er oppstarten ettersom det er her målene skal defineres og investeringsnivåene skal avklares. Ettersom resultatet av en kommersialiseringsprosess er et oppstartsselskap, er det helt essensielt at de involverte forplikter seg til å bygge et oppstartsselskap. Typiske mål for et slikt kommersialiseringsprosjekt blir da å skape et oppstartsselskap med;

- Et klart forretningskonsept og –plan
- Kjerne til et kompetent, ambisiøst og villig oppstartsteam
- Sterke, engasjerte medinvestorer forpliktet til modellen og første investeringsrunde

Et slikt kommersialiseringsløp frem til en investering, forutsetter tildelt utviklingskapital, hvor den foretrukne kilden i tidligere prosesser har vært Forskningsrådet (NFR). I dette prosjektet derimot, er NFR ikke så aktuell av tre hovedgrunner: (1) det ikke er tilstrekkelig teknisk innovasjonshøyde, (2) de vil klassifisere dette som mer forretningsutvikling enn innovasjon, og (3) det ikke passer inn i deres timeplan for tildelinger. Sannsynligvis vil ikke NFR bevilge mer utviklingskapital til slike Verifikasjonsprosjekter før ut i 2025. For dette spesifikke prosjektet vil heller kilder som industriselskaper og regionale organer være mer relevante og aktuelle. Når prosjektet er blitt til et oppstartsselskap, bør det kunne finansieres gjennom kommersialiseringsstøtte fra Innovasjon Norge og utviklingsstøtte fra NFR for de konkrete tekniske utfordringene i selskapet.

Et kommersialiseringsprosjekt handler i all hovedsak om å legge grunnlaget for et fungerende oppstartsselskap. Dette grunnlaget må legges på flere områder. For å kunne starte et selskap må man ha et produkt og/eller tjeneste, et marked å selge til, en måte å produsere produktet på, et team, og kommunikasjon med omverdenen, og selvsagt utviklingskapital fra investorer og støtteordninger. Disse områdene kan settes opp som ulike dimensjoner av et kommersialiseringsprosjekt, med hver sine milepæler og mål. Figur 4.6 viser en skisse til en kommersialiseringsplan for Trøndelag Tarekompani, hvor mål er definert for å sikre fremdrift og retning på prosjektet.



Figur 4.6 Overordnet utkast til kommersialiseringsplan for Trøndelag Tarekompani

Den første dimensjonen, R&D, har et hovedfokus på å utvikle et ferdig, salgbart produkt innen prosjektet er gjennomført, eller i det minste få redusert den teknologiske risikoen betydelig. Dette innebærer både at produktet i seg selv skal kunne selges til kunder, men også at produktet skal være mulig å produsere i tilstrekkelig skala. For Trøndelag Tarekompani vil derfor hovedfokuset være på å ferdigstille utvikling av storskala produksjon for å muliggjøre lønnsomhet.

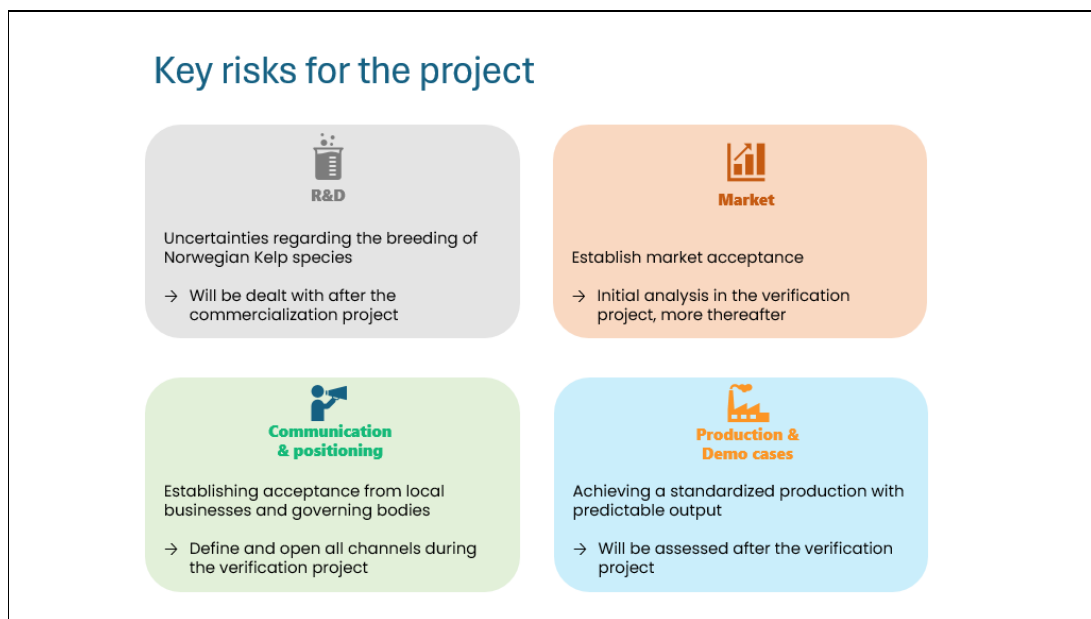
Markedsdimensjonen er hovedsakelig sentrert rundt identifisering av markedet. For å oppnå markedsforståelse må man vite hvor markedet er, hvor stort det er, hvilke andre aktører som opererer i markedet, differensieringspotensial for å estimere markedspenetrering, og utarbeidelse av en forretningsmodell som definerer hvordan man skal tjene penger på produktet. Dette gjøres ofte i flere faser, hvor man stegvis får en dypere og mer detaljert forståelse av markedsdynamikken. Her har Trøndelag Tarekompani allerede en grunnleggende forståelse, men en grundigere og mer detaljert gjennomgang er nødvendig for å kunne kommersialisere prosjektet.

Start-up byggingen er allerede til en viss grad beskrevet ved at man ønsker å skape et team med input fra involverte kommuner og private aktører i prosjektet. Dette teamet vil være en viktig støtte og rådgiver for oppstartsteamet i selskapet. Det er stor forskjell på å være involvert i et utviklingsprosjekt og å forplikte seg til å bli med i et oppstartsselskap. Teamet som blir med i selskapet skal rekrutteres basert på selskapets behov for kompetanse, erfaring og engasjement, og spiller en stor rolle i utviklingen til selskapet. Et annet aspekt ved teamet er at det skal overbevise mulige investorer om at dette er mennesker som skal få selskapet til å vokse og blomstre.

Kommunikasjonen for dette prosjektet skiller seg veldig fra andre ettersom det både er et utviklingsprosjekt og et initiativ på regionsnivå. Dette innebærer at posisjoneringen vil være ganske annerledes, i tillegg til at kommunikasjonen må gå ut til lokalbefolkning i større grad enn ved et tradisjonelt oppstartsselskap. I tillegg vil det være andre interessenter i et slikt prosjekt, noe som vil påvirke arbeidet som må gjøres innenfor kommunikasjon. Etter at selskapet er etablert er det selskapet som må eie denne kommunikasjonen.

Den siste dimensjonen er ofte undervurdert av mange oppstartsselskaper. Det å ha en gjennomarbeidet og klar produksjonsprosess og verdikjede er en stor fordel. Dette er også målet med kommersialiseringsprosjektet, slik at man faktisk er klar til å levere produktet kort tid etter selskapsstiftelsen. For Trøndelag Tarekompani er dette et viktig aspekt, ettersom det fortsatt er flere udefinerte momenter relatert til produksjonen og produksjonsprosessen ved taren.

Ved alle disse dimensjonene er det risiko for at ikke alt går som det skal. Figur 4.7 viser en overordnet fremstilling av mulige risikoer innenfor noen av dimensjonene. Ikke alle kommersialiseringsprosjekter lykkes, så det å identifisere mulige hindringer tidlig, og adressere dem, er viktig for å øke sannsynligheten for suksess.



Figur 4.7 Risikofaktorer ved kommersialisering av industriell tare dyrking på Trøndelagskysten

#### 4.8.5 Hvordan engasjere medinvestorer i prosessen?

SINTEF TTO jobber tett med medinvestorer og gjennomfører alltid første investering sammen med investorer med bransjekompetanse (smart kapital), og jobber deretter i fellesskap med å utvikle selskapet og investorlandskapet for å forberede de neste kapitaliseringsrundene.

Dette samarbeidet starter ofte 6-9 måneder før en selskapsetablering, nettopp for å sikre felles adressering risikoelementer og derigjennom øke sannsynligheten for suksess. God kjennskap til det du investerer i er en forutsetning for suksess.



## 5 Vedlegg

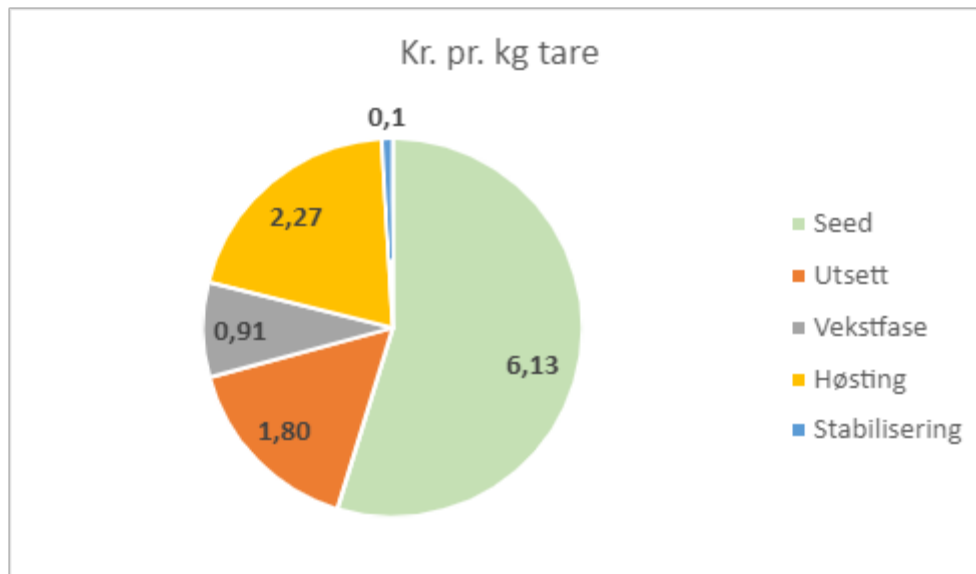
### 5.1 Prosjektportefølje innenfor tareforskning



*Vedlegg 5.1. viser utvalgte gjennomført og planlagt prosjektaktivitet knyttet til SINTEF Ocean. Fra 2008 har det vært kontinuerlig og ekspanderende forsknings- og utviklingsaktivitet rettet mot dyrking og utnyttelse av tare. I tillegg til prosjektene vist over har SINTEF Industri og NTNU en portefølje på prosessering av tare, og SINTEF Energi på bruk av tare i energiprodukter og biokull. Pr. dato og for årene fremover er det løpende prosjekter for ca. 250 MNOK.*

## 5.2 Kalkyle for dyrking av tare ("Råvarekost")

RÅVAREKOST kr/kg (Sukkertare)		JIP Seaweed Solutions 30 km	
		Kostnader, kr. pr. meter tau	Kostnader, kr. pr. kg tare
<b>SEED</b>			
Hortimare , direct seeding			
	<i>Pris pr. meter</i>	10	
Seaweed solutions, twine		20	4,00
	<i>Pris pr. meter</i>	20	
Innkjøp av tynntau, eks. mva. og frakt		0,06	0,01
	<i>Pris (Kr)</i>	2762,5	
	<i>Antall meter</i>	50000	
Innkjøp av tykktau, eks. mva og frakt		6,67	1,33
	<i>Pris (Kr)</i>	200000	
	<i>Antall meter</i>	30000	
Innkjøp av rør og spoler		0,6	0,12
	<i>Antall spoler</i>	180	
	<i>Enhetspris (kr.)</i>	100	
	<i>Antall meter</i>	30000	
Gjennomføring av produksjon og påspinning, SINTEF		2,00	0,4
	<i>Timepris (kr./time)</i>	400	
	<i>Antall timer</i>	150	
	<i>Antall meter</i>	30000	
	<i>Leiested</i>	40000	
<b>SUM SEED pr. meter</b>		<b>30,66</b>	<b>6,1</b>
<b>UTSETT</b>			
Gjennomføring av utsett		4	0,8
	<i>Leie av båt (kr/dag)</i>	60000	
	<i>Antall meter satt ut</i>	30000	
	<i>Antall dager</i>	2	
	<i>Timepris (kr./time)</i>	400	3,3
	<i>Antall timer</i>	250	
	<i>Antall meter</i>	30000	
	<i>Transport til havn, kaileie etc.</i>	50000	1,67
	<i>Antall meter (30 000)</i>	30000	
<b>SUM UTSETT pr. meter</b>		<b>9,0</b>	<b>1,80</b>
<b>VEKSTFASE</b>			
Monitorering, pr år.		2	0,4
	<i>Antall ganger</i>	4	
	<i>Leie av båt hver gang</i>	60000	
	<i>Antall meter (30 000 * 4)</i>	120000	
	<i>Timer (kr/time)</i>	400	0,33
	<i>Antall timer</i>	100	
	<i>Antall meter (4*30000)</i>	120000	0,067
Inspection and maintenance, pr. år		2,22	0,44
	<i>Antall ganger</i>	4	
	<i>Leie av båt hver gang</i>	15000	
	<i>Båtleie</i>	60000	
	<i>GPS Trackers</i>	102000	
	<i>AIS Batteries (42 000 pr six months)</i>	84000	
	<i>Batteries for navigation</i>	20000	
	<i>Antall meter (4*30000)</i>	120000	
<b>SUM VEKSTFASE pr. meter</b>		<b>4,55</b>	<b>0,91</b>
<b>HØSTING</b>			
Leie av fartøy for høsting		10,00	2
	<i>Pris pr. døgn (kr.)</i>	60000	
	<i>Antall døgn</i>	5	
	<i>Antall meter (30000)</i>	30000	
	<i>Timepris</i>	400	1,33
	<i>Antall meter</i>	30000	0,27
	<i>Antall timer</i>	100	
<b>SUM HØSTING pr. meter</b>		<b>11,33</b>	<b>2,27</b>
<b>SUM, kostnad råvare pr meter</b>		<b>55,54</b>	<b>11,11</b>
<b>Høstet tare, kg. våtvekt pr. meter</b>	<b>5,00</b>		
<b>Total kostnader pr. kg. råstoff før stabilisering</b>		<b>11,11</b>	



Vedlegg 5.2 viser en kalkyle for hva det vil koste å fremstille 1 kg fersk og stabilisert våtvekt tare. Det er antatt at det oppnås en produksjon på 5 kg våtvekt tare pr. meter tau. Kakediagrammet over viser kostnadsfordelingen mellom de ulike trinn i prosessen. Det å fremskaffe kimplanter utgjør i denne kalkylen ca. 55 %.

## 5.3 Produktkalkyler

### 5.3.1 Anvendelse av tare til mat

MAT					
<b>Råstoffkvantum:</b>			Pris:		<b>1000 kr/år</b> <b>kr/kg råstoff</b>
Sukkertare	25 000 tonn		11,33 kr/kg		283 250
Tare 2	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 3	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 4	0 tonn		11,30 kr/kg		0
<b>Sum tare 1-4</b>	<b>25 000 tonn</b>				<b>283 250</b> <b>11,33</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
					<b>1000 kr/år</b> <b>kr/kg råstoff</b>
Stabilisering: Frysing og tining					
Innsatsfaktorer	275 kr/kg	0,10 % av råstoffkvantum			6 875 0,28
Energibruk	1,00 kr/kWh	1042 kWh/tonn råstoff			26 050 1,04
Vann	19 kr/m <sup>3</sup>	0,1 m <sup>3</sup> /tonn råstoff			48 0,00
Operatører	3 personer	354 1000 kr/6 mnd			1 062 0,04
Andre kostnader	0 kr/kg	2,70 % av råstoffkvantum			0 0,00
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>					<b>34 035</b> <b>1,36</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	<b>100 mill NOK</b>				<b>1000 kr/år</b> <b>kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,50 % av investering/år				2 500 0,10
Avskrivning 5 år	20 % av investering/år				20 000 0,80
Rente, investering	10 % av investering/år				10 000 0,40
Rente, drift	10 % p.a. av 3 mnd drift				963 0,04
Indirekte lønn	2 personer	1000 1000 kr/år			2 000 0,08
Andre indirekte kostnader	0,5 kr/kg				12 500 0,50
<b>Sum indirekte kostnader</b>					<b>47 963</b> <b>1,92</b>
<b>Sum kostnader</b>					<b>365 248</b> <b>14,61</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
Utbyttetall produkt	<b>10 %</b> av råstoff blir tørt pulver				
	Pris	Produktkvantum			<b>1000 kr/år</b> <b>kr/kg råstoff</b>
Støtte CO2	0,50 kr/kg	25000 tonn/år			12 500 0,50
Produkt 1	100,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
Produkt 2	250,00 kr/kg	2500 tonn/år			625 000 25,00
Produkt 3	500,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
Produkt 4	20,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>2500 tonn/år</b>			<b>637 500</b> <b>25,50</b>
<b>Dekningsbidrag</b>					<b>320 215</b> <b>12,81</b>
<b>RESULTAT</b>					<b>272 252</b> <b>10,89</b>

### 5.3.2 Anvendelse av tare til biokull

BIOKULL					
<b>Råstoffkvantum:</b>			Pris:		<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Sukkertare	25 000 tonn		11,33 kr/kg		283 250
Tare 2	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 3	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 4	0 tonn		11,33 kr/kg		0
<b>Sum tare 1-4</b>	<b>25000 tonn</b>				<b>283 250 11,33</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
					<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Stabilisering: Ingen/ensilering	11,5 kr/kg syre	2,00 %	syretilsats		2 875 0,12
Tilsetninger	0 kr/kg	0,50 %	av råstoffkvantum		0 0,00
Energibruk	1,00 kr/kWh	1000	kWh/m <sup>3</sup>		50 000 2,00
Vannforbruk	19 kr/m <sup>3</sup>	0,1	m <sup>3</sup> /tonn råstoff		48 0,00
Operatører	1 personer	354	1000kr/6 mnd		354 0,01
Andre variable kostnader	0 kr/kg				0 0,00
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>					<b>53 277 2,13</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	<b>30 mill NOK</b>				<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,50 % av investering/år				750 0,03
Avskrivning	20 % av investering/år				6 000 0,24
Rente, investering	10 % av investering/år				3 000 0,12
Rente, drift	10 % p.a. av 2 mnd drift				900 0,04
Indirekte lønn	0 personer	750	1000 kr/år		0 0,00
Andre indirekte kostnader	0,2 kr/kg				5 000 0,20
<b>Sum indirekte kostnader</b>					<b>15 650 0,63</b>
<b>Sum kostnader</b>					<b>352 177 14,09</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
Utbyttetall produkt	3,50 % blir biokull (ca. 35 % av tørrstoff)				
	Pris	Produktkvantum			<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Støtte CO2	0,50 kr/kg	25000 tonn/år			12 500 0,50
Produkt 1	3,00 kr/kg	875 tonn/år			2 625 0,11
Produkt 2	6,00 kr/kg	0 tonn/år			0 #DIV/0!
Produkt 3	0,00 kr/kg	0 tonn/år			0 #DIV/0!
Produkt 4	0,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>875 tonn/år</b>			<b>15 125 0,61</b>
<b>Dekningsbidrag</b>					<b>-321 402 -12,86</b>
<b>RESULTAT</b>					<b>-337 052 -13,48</b>

### 5.3.3 Anvendelse av tare til bioingrediens

BIOINGREDIENSER					
Råstoffkvantum:		Pris:		1000 kr/år	kr/kg råstoff
Sukkertare	25 000 tonn	11,33 kr/kg		283 250	
Tare 2	0 tonn	11,33 kr/kg		0	
Tare 3	0 tonn	11,33 kr/kg		0	
Tare 4	0 tonn	11,33 kr/kg		0	
<b>Sum tare 1-4</b>	<b>25 000 tonn</b>			<b>283 250</b>	<b>11,33</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
<b>Stabilisering: Frysing og tining</b>				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Innsatsfaktorer	275 kr/kg	0,00 % av råstoffkvantum		0	0,00
Energibruk	1,00 kr/kWh	1542 kWh/m3 råstoff		38 550	1,54
Vann	19 kr/m3	0,75 m3/tonn råstoff		356	0,01
Operatører	6 personer	354 1000 kr/6 mnd		2 124	0,08
Andre kostnader	11,5 kr/kg	2,70 % av råstoffkvantum		7 763	0,31
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>				<b>48 793</b>	<b>1,95</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	200 mill NOK				
				<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,50 % av investering/år			5 000	0,20
Avskrivning 5 år	20 % av investering/år			40 000	1,60
Rente, investering	10 % av investering/år			20 000	0,80
Rente, drift	10 % p.a. av 2 mnd drift			930	0,04
Indirekte lønn	2 personer	1000 1000 kr/år		2 000	0,08
Andre indirekte kostnader	0,5 kr/kg			12 500	0,50
<b>Sum indirekte kostnader</b>				<b>80 430</b>	<b>3,22</b>
<b>Sum kostnader</b>				<b>412 473</b>	<b>16,50</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
Utbyttetall produkt	0,6 % blir fucoidan				
	Pris	Produktkvantum		<b>1000 kr/år</b>	<b>kr/kg råstoff</b>
Støtte CO2	0,50 kr/kg	25000 tonn/år		12 500	0,50
Produkt 1	500,00 kr/kg	150 tonn/år		75 000	3,00
Produkt 2	10,00 kr/kg	0 tonn/år		0	0,00
Produkt 3	10,00 kr/kg	0 tonn/år		0	0,00
Produkt 4	10,00 kr/kg	0 tonn/år		0	0,00
<b>Sum inntekt</b>		<b>150 tonn/år</b>		<b>87 500</b>	<b>3,50</b>
<b>Dekningsbidrag</b>				<b>-244 543</b>	<b>-9,78</b>
<b>RESULTAT</b>				<b>-324 973</b>	<b>-13,00</b>

### 5.3.4 Anvendelse av tare til bioemballasje

BIOEMBALLASJE					
<b>Råstoffkvantum:</b>			Pris:		<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Sukkertare	25 000 tonn		11,33 kr/kg		283 250
Tare 2	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 3	0 tonn		11,33 kr/kg		0
Tare 4	0 tonn		11,33 kr/kg		0
<b>Sum tare 1-4</b>	<b>25 000 tonn</b>				<b>283 250 11,33</b>
<b>Øvrige variable kostnader</b>					
					<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Stabilisering: Ensilering	11,5 kr/kg syre	2,00 % syretilsats			5 750 0,23
Innsatsfaktorer	150 kr/kg	0,10 % av råstoffkvantum			3 750 0,15
Strøm	1,00 kr/kWh	100 kWh/m <sup>3</sup>			2 500 0,10
Gass/fyringsolje	1,00 kr/kWh	700 kWh/m <sup>3</sup>			17 500 0,70
Vanntilsats	19 kr/m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup> /tonn råstoff			1 425 0,06
Vaskevann	19 kr/m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> /tonn råstoff			475 0,02
Vannrensing					
Operatører	4 personer	354 1000 kr/6 mnd			1 416 0,06
Andre variable kostnader	0,3 kr/kg				7 500 0,30
<b>Sum øvrige variable kostnader</b>					<b>40 316 1,61</b>
<b>Indirekte kostnader</b>					
Investering	<b>150 mill NOK</b>				
					<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Vedlikehold	2,50 % av investering/år				3 750 0,15
Avskrivning	20 % av investering/år				30 000 1,20
Rente, investering	10 % av investering/år				15 000 0,60
Rente, drift	10 % p.a. av 2 mnd drift				759 0,03
Indirekte lønn	1 personer	1500 1000 kr/år			1 500 0,06
Andre indirekte kostnader	0,2 kr/kg				5 000 0,20
<b>Sum indirekte kostnader</b>					<b>56 009 2,24</b>
<b>Sum kostnader</b>					<b>379 576 15,18</b>
<b>Salgsinntekter</b>					
Utbyttetall produkt	5 % blir papp-erstattende emballasje				
	Pris	Produktkvantum			<b>1000 kr/år kr/kg råstoff</b>
Støtte CO2	0,50 kr/kg	25000 tonn/år			12 500 0,50
Produkt 1	150,00 kr/kg	1250 tonn/år			187 500 7,50
Produkt 2	15,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
Produkt 3	20,00 kr/kg	0 tonn/år			0 0,00
Produkt 4	5,00 kr/kg	1250 tonn/år			6 250 0,25
<b>Sum inntekt</b>		<b>2500 tonn/år</b>			<b>206 250 8,25</b>
<b>Dekningsbidrag</b>					<b>-117 316 -4,69</b>
<b>RESULTAT</b>					<b>-173 326 -6,93</b>