



# BÆREKRAFTIG HAVBRUK 2030

---

## POSISJONSNOTAT

---

Tiltak for havbrukssektoren frem mot 2030

**BELLONA**

---

# BELLONA

Miljøstiftelsen Bellonas visjon er et karbon-negativt samfunn med restorativ vekst. Stiftelsen har som formål å arbeide for økt økologisk forståelse og vern av natur, miljø og helse, og skal igangsette tiltak som fremmer dette formålet. Bellonas tilnærming er teknologioptimistisk og basert på systemtenkning. Vi samarbeider med næringsliv, akademia og andre offentlige og private institusjoner om allmenntilgjengelige tiltak med betydelig, positiv innvirkning på klima og miljø. Bellona ble grunnlagt i 1986. I dag jobber mer enn 70 ingeniører, biologer, fysikere, kjemikere, økonomer, statsvitere og journalister i Bellona, og stiftelsen har kontorer i Oslo, Brussel, Berlin og Vilnius. Det er viktig for Bellona at vi til enhver tid er sikret uavhengighet for organisasjonens arbeid. Vi inngår ikke avtaler om eksklusivitet og markedsførere ikke enkeltaktører.

© 2024 av Miljøstiftelsen Bellona. Alle rettigheter er reservert. Brukere kan laste ned, skrive ut eller kopiere utdrag av innhold fra denne publikasjonen kun for egen og ikke-kommersiell bruk. Deler av arbeidet kan heller ikke reproduseres uten bruk av sitat eller kildehenvisning til Bellona. Kommersiell bruk av denne publikasjonen krever forutgående samtykke fra Bellona.

Design: Bellona

Foto forside: Mari Vold Bjordal

*Ansvar: Bellona bestreber å sikre at informasjonen beskrevet i denne rapporten er korrekt og fri for opphavsrett, men garanterer ikke og påtar seg ikke noe juridisk ansvar for nøyaktigheten, fullstendigheten, tolkning eller nytten av informasjon som kan følge bruken av denne rapporten.*

---

# Innhold

Bakgrunn for Bellonas havbruksarbeid .....	4
1. Redusert klimafotavtrykk fra lakseoppdrett .....	6
1.1. Transport.....	7
1.2. Fôr .....	8
1.3. Produksjon i sjø .....	10
2. Redusert miljøpåvirkning fra lakseoppdrett .....	12
2.1 Ulike teknologier for lakseoppdrett .....	14
2.2. Rømming .....	18
2.3. Lusebekjempning .....	19
2.4. Dødelighet og tap i produksjon.....	21
2.5. Slam.....	23
2.6. Plastavfall .....	25
3. Oppskalering av lavtrofisk havbruk.....	27
3.1. Kystnær lavtrofisk produksjon .....	29
3.2. Lavtrofisk havbruk og bioindustri .....	31
Bellonas bioteam.....	34
Kilder.....	36

---

## Bakgrunn for Bellonas havbruksarbeid

For å forhindre en global oppvarming på mer enn 1,5°C vil verden måtte oppnå netto nullutslipp av klimagasser innen 2050. Dette må skje samtidig som vi utvikler matsystemene våre til å forsyne mat til rundt 9,7 milliarder mennesker. Anslagene for hva dette vil medføre av behov for økt matproduksjon varierer betydelig, mellom 25 og 70 %.<sup>1</sup> Dagens matsystem står for 80 % av avskogingen i verden, 70 % av ferskvannsbruken, og er den største enkeltårsaken til tap av biologisk mangfold på land.<sup>2</sup> Matsystemet står videre for rundt en tredjedel av de totale globale menneskeskapte klimagassutslippene.<sup>3</sup>

EU-kommisjonens kunnskapssenter for bioøkonomi og DG Research & Innovation publiserte i 2021 fire scenarier for bioøkonomien i Europa mot 2050.<sup>4</sup> I scenarioet som oppfyller målene i Parisavtalen forutsettes det for eksempel at landbruksutslippene skal reduseres med 80 %. Arealene med landbruk skal ikke ha utvidet seg nevneverdig sammenliknet med 2020, samtidig som vi skal ha oppnådd en massiv økning av vernede naturområder. Etterspørselen etter biomasse til biobaserte produkter spås å øke betydelig. I scenariet legges det opp til at produksjonen fra akvakultur skal øke med 15 % frem til 2030 og med 25 % frem til 2050, sammenliknet med 2020. I en rapport om tilgjengeligheten og behovet for fremtidige bioressurser<sup>5</sup> konkluderer Energy Transitions Commission (ETC) med at: «Potensielle behov overstiger langt bærekraftig forsyning. Uten kontroll vil disse trendene øke risikoen for uholdbar forvaltning av bioressurser, inkludert avskoging, tap av biologisk mangfold og utarming av jord.»

En av vår tids største utfordringer er hvordan vi skal dekke vårt økende behov for mat, samtidig som vi skal hindre ytterligere ødeleggelse av økosystemer, gjennomføre betydelige kutt i utslipp av klimagasser og skaffe tilstrekkelig bærekraftig biomasse i overgangen fra en fosilbasert til en biobasert økonomi.

Fra 1961 og frem til i dag har årlig vekst i konsum av fisk vært dobbelt så høy (3,2 %) som befolkningsveksten (1,6 %).<sup>6</sup> FAO anslår at det ikke er betydelig potensial for videre vekst i fiskerisektoren. Havbasert akvakultur – havbruk – omtales ofte som en sektor som vil kunne utvikles og skaleres, intensivteres og diversifiseres på linje med moderne landbruk. Det er prinsipielt store arealer tilgjengelig, havbasert produksjon skåner landareal og ferskvannsressurser, og mange marine arter er effektive i oppdrett. Bærekraftig mat og biomasse fra havet må være en viktig del av svaret på hvordan vi inn retter en fremtidsrettet matproduksjon, og videreutvikler en sirkulær og ressurseffektiv norsk bioøkonomi. Havbruksnæringen bør ha en sentral rolle å spille i den grønne omstillingen som Norge skal gjennom, og mye ligger til rette for økt, effektiv og klimasmart produksjon i havet. Men selv om mye ligger til rette, er det fortsatt betydelige utfordringer som må overvinnes for at norsk havbruk skal kunne realisere disse mulighetene.

---

I Norge er havbruksproduksjonen i hovedsak knyttet til laks, som står for 94,6 % av total produksjon.<sup>7</sup> Norsk oppdrettslaks kan ikke løse verdens behov for mat, men norsk havbruksnæring kan spille en viktig global rolle gjennom å utvikle kunnskap, produksjonsmetoder og teknologiske løsninger som leder an i å redusere klimafotavtrykk og motvirke negativ påvirkning på økosystemer. Samtidig har norsk havbruksnæring en unik mulighet til å realisere bærekraftig vekst gjennom å katalysere ny produksjon av lavtrofiske arter som kilder til mat, fôr og energi. Miljøstiftelsen Bellona har gjennom flere tiår vært en sentral drivkraft i utviklingen av norsk havbruksnæring i mer bærekraftig retning. Fram mot 2030 vil Miljøstiftelsen Bellona styrke sin posisjon som premissleverandør for havbruksnæringen gjennom å rette fokus mot 3 sentrale utfordringer og muligheter:

- Redusert klimafotavtrykk fra lakseoppdrett
- Redusert miljøpåvirkning fra lakseoppdrett
- Oppskalering av lavtrofisk havbruk

---

# 1. Redusert klimafotavtrykk fra lakseoppdrett

I norske nyhetsmedier er det ikke langt mellom overskrifter som «Spis laks – vær klimavennlig» og «Norsk lakseoppdrett er en klimabombe». Sannheten er at laksens klimafotavtrykk kan være høyst variabelt. Servert på et norsk middagsbord kan laksen ha et CO<sub>2</sub>-avtrykk på 4,8 kg CO<sub>2</sub> pr kg.<sup>8</sup> Det er et klimafotavtrykk som ligger litt høyere enn kylling. Hvis den samme laksen istedenfor flys til Sør-Korea for å havne på middagsbordet der, så er klimafotavtrykket på over 27 kg CO<sub>2</sub> per kg fisk, og langt mindre klimavennlig.

For laks som ikke fraktes med fly, er gjennomsnittlig 75 % av klimafotavtrykket knyttet til fremstilling og transport av fôr.<sup>8</sup> Det er derfor avgjørende å utvikle nye og mer bærekraftige råvarekilder for å senke klimafotavtrykket og fremtidssikre den norske laksen.

Dersom vi skal nå målet om å begrense global oppvarming til 1,5 grader må de samlede utslipp av klimagasser kuttes med 50-55 % innen 2030 og være nær null i 2050.<sup>9</sup> Alle sektorer som ønsker å spille en viktig rolle på morgendagens markedsplass må kutte sine klimagassutslipp betydelig frem mot 2030. En norsk havbruksnæring med store ambisjoner for produksjonsvekst må derfor være like ambisiøse når klimagassutslippene skal kuttes frem mot 2030. Det er en forutsetning for videre vekst at næringen tar et totalansvar for klimafotavtrykket til sine produkter, fra fôrkomponenter til produksjon og transport til markedet.



## 2030 Visjon:

55 % reduksjon av klimafotavtrykket fra norsk havbruk sammenliknet med 2020.



## Nøkkeltiltak:

- 55 % reduksjon av klimafotavtrykket vil kreve at det gjennomføres et omfattende sett av tiltak, som beskrevet i dette delkapittelet. I tillegg vil det være særlig viktig å:
- Etablere nasjonal målsetting og sektorstrategi for nullutslipp i havbrukssektoren.
- Innføre helhetlig klimabudsjettering for hele verdikjeden, og rapportering som standard for alle aktører.



## Bellona vil:

- Være bransjens viktigste dialogpartner på klima, både når det gjelder utfordringer og muligheter.
- Ha særlig fokus på å implementere og oppskalere allerede demonstrerte løsninger.
- Tydeliggjøre sammenhengen mellom reduserte klimagassutslipp og vekstmuligheter i eksisterende og nye markeder og oppstrøms aktiviteter som ny storskala råvareproduksjon til fôr.

---

## 1.1. Transport

Transport utgjør en betydelig kilde til CO<sub>2</sub>-utslipp ved produksjon og eksport av laks. Mesteparten eksporteres til det europeiske markedet på lastebil. Likevel er flyfrakt den største enkelt-bidragstyteren til det totale klimafotavtrykket til laks. For laks som flys til Asia eller USA utgjør flytransporten 68-82 % av det totale klimafotavtrykket. Til sammenlikning står utslipp fra transport av laks på bil eller til sjø for under 10 % av det totale klimafotavtrykket.<sup>8</sup> Ved å flytte transport av laks fra fly og lastebil over på tog og skip er det mulig å redusere CO<sub>2</sub>-utslippene betraktelig. Eksempelvis vil flyfrakt av laks til Shanghai gi ca. 15 ganger høyere utslipp enn båtfrakt til samme destinasjon.<sup>10</sup>

Norsk laks har i stor grad blitt markedsført som et ferskt produkt internasjonalt, noe som medfører flytransport til fjerne markeder. Det bør derfor satses på å utvikle produkter med lengre holdbarhet, samt bruk av ny teknologi som holder produkter ferske lenger. Dette vil for eksempel kunne muliggjøre transport av laks på tog eller skip til både det asiatiske markedet hvor det nå brukes flytransport, og fra Nord-Norge til Europa. Samtidig bør det arbeides med å etablere frossen laks som et fullverdig alternativ til fersk.

En del av norskprodusert fisk har ekstra transportledd i produksjonen fordi den blir foredlet i utlandet. Ved å øke andelen av foredling i Norge kan man hindre ekstra transportledd og sikrer utnyttelse av bi-produkter som begge bidrar til å redusere klimafotavtrykket til laksen. Økt foredling i Norge vil også gi viktige ressurser til norsk bioøkonomi og bidra til bærekraftig fôr.



### 2030 Visjon:

Reduksjon av klimagassutslipp på 55 % knyttet til transport av laks innen 2030.



### Nøkkeltiltak:

- Utfase transport av laks på fly, gjennom tiltak som:
- Øke andelen transport av laks på skip og tog.
- Iverksette satsning på kjøle- og lagringsteknologier som kan forlenge levetid til ferske lakseprodukter under transport.
- Økt markedsføring av frossen laks – spesielt i markeder med lang transportdistanse.
- Øke andelen av foredling i Norge, gjennom tiltak som eksempelvis politiske virkemidler knyttet til markedstilgang og satsing på robotiseringsteknolog.



### Bellona vil:

- Sammenstille oversikt over nye fraktmetoder og –teknologier for å kunne vise til mest klimavennlige transportvalg ved eksport av laks.
- Påvirke transportsektoren og sørge for at tog eller skip blir prioriterte valg ved transport av laks.
- Samarbeide med sentrale aktører innen teknologi og transport for å redusere klimafotavtrykk i transportsektoren.
- Påvirke internasjonalt markedsarbeid for å fremme frosne og ferske produkter med lengre holdbarhet som et klimavennlig alternativ.
- Jobbe for å fremme videreforedling i Norge, som viktig tiltak for å oppnå lavere klimafotavtrykk for den eksporterte fiskefileten og sikre kontroll på bi-produkter som viktig bioressurs til fôr.

## 1.2. Fôr

For laks som ikke fraktes på fly til markedet står fôret for 75 % av det totale klimagassutslippet.<sup>8</sup> Skal oppdrettet fisk ha et lavere klimagassutslipp er det helt sentralt å gjøre noe med fôret.

Fôrete arter høyt i næringskjeden, for eksempel rovfisk som laks, regnbueørret og kveite, utgjør i dag 99 % av den produserte biomassen i norsk havbruk. I 2020 ble det produsert 1,47 millioner tonn laks, basert på omtrent 2 millioner tonn fôringredienser.<sup>11</sup> Fôr er den mest kostbare innsatsfaktoren i produksjonen og er i dag basert på både marine og terrestriske kilder. Siden 1990 har næringen gått fra å bruke hovedsakelig marine ingredienser (rundt 90 % fiskemel- og olje) til å i 2020 benytte hovedsakelig vegetabiliske ingredienser (73 % vegetabiliske ingredienser). Dette har redusert bruken av begrensede marine kilder - samtidig har en del av miljø- og klimaeffektene blitt flyttet andre steder i verdikjeden. I 2020 utgjorde norske råvarer kun 8 % av ingrediensene i fiskefôr (fiskemel og olje), 92 % var importert.

Havbruksnæringen står nå overfor en omstilling som faser inn langsiktig bærekraftige fôrkilder og - sammensetninger. Utfordringen frem mot 2030 er å produsere tilstrekkelige volum, samtidig som man sikrer bærekraft og dekker ernæringsbehovene til oppdrettsfisken.

### Råvareløftet og et nasjonalt fokus på nye bærekraftige fôrråvarer

Siden 2020 har Bellona gjennom samarbeidsplattformen Råvareløftet jobbet sammen med alle de store aktørene i fôrbransjen til havbruk, for å se på barrierer og muligheter for nye bærekraftige fôrråvarer. I 2020 kom kun 0,4 % av fôret fra såkalte nye råvarer. Råvareløftet vurderte potensialet og barrierer for oppskalering for tre kategorier med 15 nye potensielle råvarer:

Dyrkede fôrråvarer		Høsting av nye marine råvarer	Økt utnyttelse av biprodukter
Blåskjell	Fototrofe mikroalger	Antarktisk krill	Fiskeri
Tunikater	Heterotrofe mikroalger	Mesopelagisk fisk	Havbruk
Makroalger	Sopp	Raudåte	Landbruk
Insekter	Bakterier		
Gress			

Råvareløftets rapport: «[Hva skal laksen spise- barrierestudier og veikart 2022](#)» inneholder et veikart som presenterer anbefalinger til 21 overordnede tiltak og en modellering av hvilke volumer nye norske råvarer som kan realiseres i 2030 og i 2040. I tillegg inneholder den 11 barrierestudier som gir en detaljert analyse av hva som i dag forhindrer oppskaleringen av de 15 råvarene (tabell over) samt forslag til innføring av mer enn 130 tiltak.<sup>12</sup>

I Regjeringsplattformen (Hurdalsplattformen) fra 2021 uttrykker regjeringen store ambisjoner og foreslår å stimulere til økt bærekraft gjennom et eget program for produksjon av bærekraftig fôr basert på norske ressurser og sette mål om at alt fôr til havbruksnæringen skal være fra bærekraftig kilder innen 2030.

I 2022 lanserte regjeringen et samfunnsoppdrag for bærekraftig fôr.<sup>13</sup> Målene ble offentliggjort i mars 2024, og innebærer bl.a. mål om å øke andelen norske fôrråvarer til havbruk til 25 prosent innen 2034.<sup>14</sup> Bellona anser at realisering, finansiering og gjennomføring av samfunnsoppdraget vil være avgjørende for å lykkes med en nasjonal satsing på bærekraftig fôr. Bellona vil fortsette sitt sterke engasjement på dette området, og vil videreføre vår sentrale rolle i omstillingen av det norske fôrsystemet.

---

## 2030 Visjon:

Gjennomføring av Råvareløftetets mer enn 130 forslag til tiltak medfører at 42 % av fôrråvarene i norsk havbruk i 2030 stammer fra nye bærekraftige kilder med lave miljø- og klimafotavtrykk.

## Nøkkeltiltak:

- Alle myndighetsnivåer må styrkes for å sikre økt bruk av sirkulære bioressurser til nye fôrråvarer. Det vil være særlig viktig at Mattilsynet gir prioritet til aktiv veiledning av produsenter og næringsliv som arbeider med nye fôrråvarer og spørsmål knyttet til mattrygghet. Videre bør det opprettes et dedikert program hos Bionova, eller annet egnet myndighetsorgan, for å dekke kunnskapshull knyttet til mattrygghet som forhindrer at ubenyttede bioressurser kan benyttes i fôrproduksjon.
- Det må utarbeides livsløpsvurderinger for nye fôrråvarer produsert i Norge og dokumenteres hvordan nye fôrråvarer påvirker fiskehelse.
- En to trinns-rakett for lavtrofisk satsing, på kort sikt trengs det tildeling av areal. På lengre sikt trengs en nasjonal plan for utvikling av lavtrofisk havbruk, hvor kommunenes behov for støtte i arealplanlegging blir vektlagt.
- Regelverksendringer som sikrer at vi kan ta i bruk bioressurser som f.eks. fiskeslam til substrat for insekter.
- Politisk prioritering av fôrområdet som sikrer råvarer til matproduserende dyr/matfisk.
- Regjeringen må sette som uttalt mål at alt restråstoff fra fiskeflåten skal ilandføres innen 2030.
- Robotiseringsløft for videreforedling av norsk sjømat bør være et prioritert område i samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr.

## Bellona vil:

- Bygge videre på arbeidet i Råvareløftet og samarbeide med blå og grønn sektor for videre å løfte behovet for bærekraftige fôrråvarer som en vesentlig del av et fremtidsrettet matsystem.
- Delta aktivt i utformingen og implementeringen av samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr
- Spille en ledende rolle i debatten om hvilken biomasse skal brukes hvor- i relasjon til nye fôrråvarer og bruk av bioressurser.
- Jobbe for å få politisk aksept for et verdihierarki for bioressurser.
- Utfordre næringen til å vise lederansvar for fôrsystemet globalt.
- Jobbe aktivt for å få på plass regelverksendringer som kan føre til at større andel bioressurser kan brukes inn som f.eks. substrat til insekter.

---

### 1.3. Produksjon i sjø

I 2021 publiserte Bellona og ABB rapporten «Helelektrisk havbruk – Hvordan oppnå nullutslipp innen 2030?». Der fremkom det at det gjenstår 375 000 tonn CO<sub>2</sub>-utslipp knyttet til produksjonsfasen i sjø som kan kuttes med eksisterende eller nært forestående teknologi, noe som tilsvarer utslipp fra over 200 000 fossilt drevne personbiler. I 2020 var den samlede elektrifiseringsgraden på fôrflåter og tilknyttede arbeids- og lokalitetsbåter på kun 38 %.<sup>15</sup>

Elektrifiseringen av havbruket i Norge går langsomt. Selv om flere åpne anlegg i sjø etter hvert er knyttet til landstrøm, gjenstår det mye for omlegging til nullutslippsløsninger for arbeidsbåter. Sammenliknet med utslipp knyttet til andre deler av næringskjeden for laks, som fôr og transport, er det nettopp i produksjonsfasen i sjø at utslippskuttene kan gjøres raskt. Mer ambisiøse politiske mål for utslippskutt og skjerpede krav til næringen, samt innretning av målrettede økonomiske støtteordninger må på plass for å sikre raskest mulig implementering av helelektrisk produksjon i sjøfasen.

Mer energi kreves for å øke tempoet i elektrifiseringen. Næringen opplever allerede i dag begrensninger på tilgang til nytt energiforbruk, og konkurrerer med andre prosjekter om strømmen. Samtidig vil omstilling til andre produksjonsteknologier, som landbasert oppdrett, lukkede/semilukkede løsninger, eller havbruk til havs, kreve vesentlig mer energi i drift. Det betyr at både vekst og bruk av mer differensiert produksjonsteknologi bygger på økt energitilgang. Utsiktene til mer energi er også avgjørende for å kunne planlegge slike nye anleggstyper for nullutslippsteknologi fra start, noe Bellona anser som en forutsetning for videre utvikling av næringen mot 2030.

Ifølge rapporten «Klimakur 2030», som utreder tiltak som kan kutte ikke-kvotepliktige utslipp med 50 % innen 2030, har havbruk det største kuttspotensialet i maritim sektor, med totalt over 2 millioner tonn CO<sub>2</sub> i perioden 2021-2030.<sup>16</sup> Dette inkluderer tilknyttede aktiviteter som brønnbåter og fôrbåter.

---

## 2030 Visjon:

All produksjon i sjøfasen er helelektrisk innen 2030, med krav om å fase inn nullutslippsløsninger for tilknyttede aktiviteter som brønnbåter og fôrbåter frem mot 2040.

## Nøkkeltiltak:

- Etablere utrullingsvirkemidler i Enova med formål om å sikre at utslippsfri teknologi blir valgt foran fossile alternativer.
- (Etablere helhetlige insentivordninger, der Enova<sup>1</sup> har en nøkkelrolle som akselerator og utvikler av støtteprogram som tar næringa til nullutslipp. Enova har støtteordninger på plass som sikrer at nullutslippsteknologi tas raskere i bruk, særskilt for arbeidsbåter og nye driftsformer, og støtter utrulling av eksisterende/moden teknologi, slik at den tas i bruk raskere.)
- Vedta politiske føringer og krav for nullutslipp i sjøfasen innen 2030, herunder
  - nullutslipp fra nye lokaliteter innen 2025,
  - omlegging til nullutslipp fra eksisterende lokaliteter innen 2028, og
  - nullutslipp fra nye båter innen 2028.
- Etablere og bygge ut infrastruktur langs kysten, som del av avkarbonisering i all maritim virksomhet.
- Oppgradering av nettkapasitet for å sikre nok tilgang der det i dag ikke eksisterer et tilstrekkelig tilbud. Samtidig tilrettelegge for lade- og bunkringsmuligheter i havner, spesielt med tanke på større fartøy (her eksempelvis fôrbåter og brønnbåter).

## Bellona vil:

- Arbeide opp mot Enova for å realisere programmer som sikrer helhetlige løsninger for nullutslipp for produksjon i sjøfasen.
- Fremme overfor NFD forslag til reguleringer og krav som setter klare forventninger til – og skaper forutsigbarhet om – utvikling for nullutslipp i sjøfasen.
- Jobbe med energiselskaper og -myndigheter for å sikre tilgang på energi til omstilling av industri og næringsliv.

---

<sup>1</sup> Enova er et statsforetak som bidrar med økonomisk støtte til energiltak for omstilling til et lavutslippssamfunn innen 2050.

---

## 2. Redusert miljøpåvirkning fra lakseoppdrett

I næringen og fra politisk hold er det et uttalt mål om vekst i lakseproduksjon. Tradisjonell drift i åpne merder har store utfordringer knyttet til fiskens helse og miljøpåvirkning i form av rømming og lakselus, der sistnevnte også begrenser mulighet for vekst og økt produksjon. Dette har ført til utvikling av ulike oppdrettsteknologier som vil kunne bidra til å redusere næringens miljøpåvirkning, som lukket/semilukket anlegg i sjø, skjermede- og nedsenkbare merder, offshore anlegg og produksjon av stor laks i landanlegg.

Produksjon av norsk oppdrettslaks medfører betydelige økologiske utfordringer. I overkant av 56 000 laks rømte fra norske anlegg i 2022.<sup>17</sup> Rømt laks medfører en genetisk trussel mot villaksen. Forsøk der forskerne har studert avkom fra oppdrettslaks, eller krysninger mellom oppdretts- og villaks, viser at disse har lavere overlevelse i naturen enn avkom fra villaks. Lus fra oppdrettslaks smitter over til villaksen, og er en av årsakene til dødelighet hos villaks på vei fra elvene til havet. Lakselusa representerer også et fiskehelseproblem i merdene, og medfører et direkte tap som i 2018 ble anslått til 5,2 milliarder kroner.<sup>18</sup>

Fiskedødelighet og tap i produksjon er en stor utfordring for næringen. 2023 var det totale tapet (dødfisk, utkast, rømming og annet) av laks i sjø 70 millioner individer.<sup>19</sup> Dette tapet representerer både et miljø- og klimaproblem, samt et økonomisk problem for produsentene. Oppdrettet fisk produsert i sjø er potensielt en energi- og ressurseffektiv form for matproduksjon, men dagens åpne merdteknologi gjør at det tilføres betydelige mengder næringsstoffer til miljøet. Sedimentering av organisk avfall fra fiskeoppdrett kan ha negativ påvirkning på havbunn under havbruksanlegg og økosystemet rundt. Dette slammet representerer imidlertid en uutnyttet ressurs med potensial for bruk i for eksempel energiproduksjon, jordforbedringsmiddel og til sirkulær fôrproduksjon.

Marine næringer er en betydelig kilde til plastforurensing langs Norskekysten. Oppdrettsnæringen faller inn under denne kategorien, og er en storforbruker av plast i sjøfasen. Det er estimert at det i norske havbruksanlegg er i bruk opptil 200 000 tonn plast, og at det oppstår opp til 30 000 tonn plastavfall årlig.<sup>20</sup> Dessverre ender en del av denne plasten opp på avveie, forurenses strender og påvirker dyrelivet, eller brytes ned til mikroplastpartikler. Omfanget av plast som går tapt er for øyeblikket ikke fullstendig kartlagt. Økt bevissthet om gjenbruk og gjenvinning av plastutstyr er avgjørende for å sikre en bærekraftig bruk av plast i havbruksnæringen.

Bruk av big data gir muligheter for mer effektiv drift og mindre miljøpåvirkning i havbruket. Både oppdrettere og leverandørindustrien har økt sine investeringer i utvikling av ny teknologi som svar på utfordringer med lus, rømming, fiskevelferd og miljøpåvirkning. Ved å ta i bruk stordatasett er det betydelig potensiale for økt kunnskap som kan bidra til å redusere næringens miljøpåvirkning. Bruk av maskinlæring kan gi mer og bedre oversikt i sjøfasen og blokkjedeteknologi kan muliggjøre deling av data på sikrere måter mellom aktører og helt ut til sluttkunde i butikk. Ved å ta i bruk nye standarder og samle data som sees i sammenheng, vil vi kunne forstå enda mer av samspillet mellom miljø og fisk. Dette vil gi havbrukssektoren store muligheter til å både få kontroll på fiskehelsen, drive mer effektivt, samt få kontroll på miljøpåvirkningen næringen har.



## 2030 Visjon:

Utnyttelse av plastavfall og slamressurser gir nye inntektsstrømmer for norsk havbruksnæring, samtidig som utfordringer knyttet til lus og rømming representerer en betydelig redusert trussel mot norsk villaks og tap i næringen og dødelighet av oppdrettslaks i produksjon er redusert til et minimum.



## Nøkkeltiltak:

- Øke kunnskapsgrunnlag og identifisere «best practice» for å håndtere utfordringene med lus og rømming.
- Prioritere preventiv lusebehandling, og strengere krav til hva som regnes som akseptabelt tap i produksjon.
- Iverksette koordinert FoU-satsing fra myndigheter og næring for utvikling av strategi og verdikjeder for slam fra havbrukssektoren.
- Implementere flere bærekraftindikatorer for regulering av oppdrettsnæringen.
- Implementere helhetlig og sirkulær avfallsstrategi for plast i havbrukssektoren.
- Innføre nye felles standarder for datainnsamling og overvåkning, hvor miljøperspektivet står sentralt.



## Bellona vil:

- Sette fokus på redusert tap i produksjon som et klima- og miljøtiltak.
- Jobbe med hele verdikjeden for bedre utnyttelse av slam som ressurs.
- Jobbe politisk for å sikre flere bærekraftindikatorer for regulering av oppdrettsnæringen.
- Samarbeide med bransje og myndigheter for å redusere utfordringer knyttet til plastavfall, samt å øke ressursutnyttelse av plasten fra næringen.
- Påvirke myndighetene til å aktivt ta i bruk ny teknologi i forvaltning av havbruksnæringen, både til overvåkning av miljøpåvirkning i sjø og fiskehelse.
- Jobbe for å få inn miljøpåvirkning og fiskehelse som sentrale elementer i en ny felles standard for datainnsamling.

---

## 2.1 Ulike teknologier for lakseoppdrett

Forutsetningene for et bærekraftig havbruk i 2030 og fremover, uavhengig av oppdrettsteknologi, må være at biologien er premisset for teknologi som sikrer lav dødelighet og god fiskevelferd, drift med lavere klimafotavtrykk og miljøpåvirkning, og sirkulær ressursutnyttelse. Forskjellige oppdrettsteknologier har ulike styrker og svakheter, og ingen alene vil kunne løse alle utfordringene næringen står ovenfor i dag.

**Åpne merder:** Dagens oppdrett i sjø domineres av drift i åpne merder. Denne driftsformen har vist seg å ha store negative miljøkonsekvenser i form av rømt oppdrettslaks og lusesmitte til villaks. I tillegg er det utfordringer med dårlig fiskehelse og velferd, der hovedårsaken de senere årene kan knyttes til skader og dødelighet grunnet avlusning. Det er i dag heller ingen incentiver for å samle opp slam i åpne merder og ta vare på den betydelige ressursen dette utgjør.

Fordel med åpne merdløsninger er god vanngjennomstrømming, lite energikrevende drift og lavt materialforbruk sammenliknet med resterende oppdrettsteknologier.

**Semilukkete og nedsenkede merder:** Løsninger med skjermingsteknologi mot lus der det eksempelvis benyttes presenning ned mot 20 meters dybde utenpå nøter for tradisjonelle merder, benyttes flere steder for å skjerme laksen mot lus og luselarver i de øvre vannmassene. Vann pumpes inn fra dypet for å sikre god vannkvalitet og minimere lusesmitte. Det er også tekniske løsninger for nedsenkbare merder i bruk, der laksen produseres ned mot 30 meters dyp, for å unngå de øvre vannmassene med størst lusesmitte. Slik teknologi vil kunne minimere lusepåslag og behov for lusebehandling.

Denne type driftsform vil kreve et høyere energiforbruk knyttet til pumping av vann sammenliknet med tradisjonell åpen merdteknologi, samt et noe høyere materialforbruk – avhengig av konstruksjonstype.

**Lukket:** Det finnes flere eksempler på slik teknologi i drift, men foreløpig er disse i pilotstadiet og har behov for å videreutvikles til storskala løsninger. I dag produseres mest stor postsmolt<sup>2</sup>, men det er også noe produksjon av laks til slaktestørrelse. Slik driftsform krever et mye større materialforbruk og høyere energiforbruk sammenliknet med åpen merdteknologi.

Fordelen med teknologiene er den fysiske barrieren mellom fisken og omgivelsene, som hindrer lusesmitte, reduserer risiko for rømming og gir mulighet for slamoppsamling. Lite/ingen lus vil også være positivt for laksens velferd og overlevelse, da det ikke er behov for avlusning. Forskning viser også at i et globalt oppvarmingsperspektiv og ved ytterligere havforsurning vil lukkede løsninger i sjø gi best effekt.<sup>21</sup>

**Havbruk til havs/offshore oppdrett:** Oppdrett i eksponerte anlegg til havs forekommer ikke i praksis enda da det krever et nytt tillatelsesregime som er under utvikling. Et par teknologier er testet i kystnære områder, og har planlagt produksjon til havs når tillatelser og risikovurderinger er på plass.

---

<sup>2</sup> Postsmolt defineres som den første perioden etter smoltifisering, der laksen har gått fra å være tilpasset ferskvann til å være sjøtilvendt. Det er ikke klart definert hva Stor postsmolt er, men defineres ofte i størrelsen mellom 250 gr. opp til 1 kg.

---









































Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til hvordan miljøpåvirkning fra slike offshore anlegg vil bli, og hvordan fiskens helse og velferd vil påvirkes ved eksponert drift. Avhengig av teknologivalg antas det at konsekvensene fra lus og rømming på miljøet vil være mindre, samtidig som slamoppsamling vil være vanskelig og material- og energibruk vil være mye større enn for i åpne merder kystnært. Material- og energibruk vil kunne reduseres betraktelig ved samlokalisering med offshore vind og lavtrofisk kultivering, og ved utnyttelse av utfaset infrastruktur for olje og gass.

**Oppdrett på land:** Oppdrett på land, ved produksjon av stor postsmolt eller produksjon til slaktestørrelse, er areal- og energikrevende. Etablering av nye landanlegg krever store, irreversible inngrep i natur. Driftsformen har det høyeste energibehovet sammenliknet med sjøbaserte løsninger,<sup>4</sup> i tillegg til store investeringskostnader selv om konsesjon i dag er vederlagsfritt.

Produksjon vil foregå uten lakselus, med mulighet for slamoppsamling og med mindre sannsynlighet for rømming. Men, med de naturinngrep, materialforbruk og energien som kreves for drift bør landbasert oppdrett kun være et unntaksvis alternativ på allerede etablerte industritomter med tilgang til nok energi, og ikke være løsningen på en bærekraftig omlegging eller ønsket om vekst i næringen.

### **Omstilling**

Videreutvikling av ulike oppdrettsteknologier vil være nødvendig for å oppnå lavere klima- og miljøpåvirkning fra næringen. Tydelige bærekraftindikatorer må på plass for næringen for å sikre at fremtidens drift, uavhengig av teknologi, er i pakt med naturen og har fokus på best mulig fiskehelse. Nye teknologiske løsninger må ha krav om betydelig klima- og miljøgevinst, effektiv ressursbruk, være mulig å skaleres opp stort, og kunne tilgjengeliggjøres raskt. Dette krever en helhetlig tilnærming og målrettet omstilling, hvor ny oppdrettsteknologi må tas i bruk der den har størst effekt – f.eks. omlegging til høy grad av skjermingsteknologi eller lukkede løsninger i områder med stor oppdrettstetthet og høy lusesmitte.

	Åpne merder	Skjermede merder	Lukkede merder	Landbasert matfisk	Offshore anlegg
Rømming					
Lus					
Slamgjenvinning					
Fiskehelse					
Klimafotavtrykk					
Materialforbruk					
Energiforbruk					
Irreversible naturinngrep					



= betydelig problem



= mindre problem



= effektiv løsning



= usikker effekt

*Forutsetning åpne merder:*

*Benytter ikke slamoppsamling*

*Forutsetning skjermede merder:*

*Benytter ikke slamoppsamling*

*Forutsetning lukkede merder:*

*Benytter slamoppsamling*

*Forutsetning landbasert:*

*Tar i bruk naturarealer*

*Forutsetninger offshore:*

*Fornybar energi ved transport og drift, ikke slamoppsamling*

**Figur 1.** Sammenlikning av miljøeffekter fra ulike teknologier for lakseoppdrett. For flere av teknologiene er i liten grad utprøvd i skala, og videre utvikling av kunnskap og erfaring vil kunne påvirke vurderingen av ulike miljøpåvirkninger.

---

## 2030 Visjon:

Havbruksbransjen har gjennomført en teknologisatsning som har ført til snittdødelighet under 5 % i sjøfasen av produksjonen og gjennomgående grønne lys i trafikklyssystemet uten å øke klima- og miljøavtrykket knyttet til material og arealbruk.

## Nøkkeltiltak:

- Innføring av et helhetlig og forenklet tillatelsessystem som ivaretar:
  - Målrettet omlegging til skjermet eller lukket oppdrettsteknologi i sjø, i områder der lusesmittepresset er vedvarende høyt.
  - Områder eller oppdrettsanlegg med vedvarende høy dødelighet i produksjon må få krav om omlegging til driftsteknologi som reduserer dødelighet.
  - Alle semilukkede og lukkede driftsformer i sjø må ha krav om slamoppsamling.
  - Krav til nullutslippsteknologi (klimagasser) for drift i produksjonsfasen i sjø, uavhengig av oppdrettsteknologi.
  - Utredninger og tillatelsessystemer bør utformes for å stimulere til utvikling av teknologikonsepter hvor infrastruktur for havbruk til havs kombineres med annen infrastruktur som f.eks. offshore vind og lavtrofisk havbruk, samt utnyttelse av utfasede olje- og gassinstallasjoner.
  - Innføre krav om klima- og naturbudsjettering for alle oppdrettslokaliteter det søkes tillatelse for. Den informasjonen tillegges vekt ved auksjoner og andre tildelingskriterier for nye lokasjoner.

## Bellona vil:

- Jobbe for et mer helhetlig forvaltningssystem for norsk havbruk, der det tydelig fremkommer hva som menes med en miljømessig bærekraftig havbruksnæring, og som prioriterer fiskehelse og velferd.
- Jobbe for at det etableres et system for innsamling av informasjon knyttet til driftsform og teknologi som gjør det mulig å identifisere og sammenlikne hva som gir gode klima- og naturløsninger.

---

## 2.2. Rømming

Rømming av oppdrettslaks er en trussel mot lokale villakspopulasjoner. I tillegg til å kunne overføre sykdommer og parasitter, kan oppdrettslaks utgjøre en genetisk trussel i de tilfellene den tar seg opp i elver og gyter med villaks. Rømming er i tillegg en kostbar affære for oppdretter, både i tapt produksjon og gjennom kostnader knyttet til opprydding- og gjenfangst-arbeid. Oppdrettsnæringen og forvaltningen har en nullvisjon for rømming,<sup>22</sup> men rømming er fortsatt en utfordring for næringen. I perioden 2017-2021 ble det rapportert om totalt 573 128 rømte oppdrettslaks. Selv om antall rømt oppdrettslaks varierer fra år til år, inntreffer større rømmingshendelser fra lakseoppdrett stadig. Med dagens åpne merdteknologi er det sannsynlig at det også fremover vil inntreffe større rømningshendelser. Havforskningsinstituttet mener derfor det er moderat til høy risiko for innkryssing av rømt oppdrettslaks til ville laksepopulasjoner i store deler av landet også de kommende årene.<sup>17</sup>

I perioden 2010-2016 var årsaken til 76 % av rømmingstilfeller hull i not.<sup>23</sup> Faktorer rundt drift som kan føre til rømming er mange og ofte uforutsette, og de fleste tilfeller av rømming er forårsaket av en form for menneskelig svikt. Omlegging til bruk av lukket- eller skjermings-teknologi i sjø vil trolig kunne redusere risikoen for rømming, selv om rømningshendelser ikke vil kunne utelukkes.



### 2030 Visjon:

Norsk havbruk har gjennom et kompetanseløft og innfasing av ny teknologi redusert omfanget av rømming betraktelig.



### Nøkkeltiltak:

- Sektorovergripende bruk av sertifiserte risikostyringssystemer.
- Bruk av best tilgjengelig rømningssikrende teknologi og rømningsberedskap.
- Krav om tilstrekkelig opplæring av nyansatte og aktiv bruk av internkontroll.



### Bellona vil:

- Følge utviklingen rundt rømming av oppdrettslaks nøye, og være i kontinuerlig dialog med bransjen.
- Arrangere bransjeforum som kartlegger teknologistatus og identifiserer innovasjonsbehov.

---

## 2.3. Lusebekjempning

En av de best dokumenterte negative miljøeffektene av norsk lakseoppdrett er lusesmitte til vill laksefisk. For høyt smittepress av lakselus fra oppdrettslaks kan skade vill laksefisk så mye at det forårsaker økt dødelighet, og i verste fall true laksestammene. For å dempe smittepresset er oppdretterne pålagt å holde lakselus- nivået nede i oppdrettsanleggene. Med åpen merdteknologi er lakselus-grensene helt nødvendig for å skåne vill laksefisk.<sup>24</sup> I mange tilfeller er grensen likevel ikke tilstrekkelig, da lusesmitten til vill laksefisk fortsatt er høy tross for at oppdretterne holder seg innenfor lusegrensen. I tillegg leder disse grensene til store utfordringer knyttet til velferd, ressursutnyttelse og resistens mot behandling for oppdrettslaksen.

Lakselusa har utviklet resistens mot mange av de eksisterende legemidlene. I dag dominerer derfor ikke-medikamentelle metoder for å fjerne lusa. Disse metodene omfatter børsting, spyling, ferskvann- og varmtvannsbehandling eller en kombinasjon av disse metodene. Fysisk påvirkning og håndtering av fisk er kjent for å skape helse- og velferdsproblemer, og de ikke-medikamentelle metodene er nå en av hovedårsakene til dødelighet i sjøfasen. Tross resistensutvikling er medikamentell behandling fortsatt i bruk i næringen. Det er fortsatt for lite kunnskap omkring de faktiske effektene medikamentene har på miljø og andre arter. Dagens regulering av utslipp av lusemedikamenter til omgivelsene er mangelfulle og ivaretar ikke føre-var-prinsippet på miljøets premisser.

Rensefisk, villfanget leppefisk og oppdrettet rognkjeks, spiser lus av laksen og brukes som en del av kontrollstrategien mot lakselus. I 2022 ble det satt ut omtrent 33,4 millioner rensefisk langs kysten,<sup>25</sup> hvorav oppdrettet rognkjeks utgjorde over 50 % og resterende var villfangete leppefiskarter. Dødelighet hos rensefisk i merd er fortsatt skyhøy (registrert dødelighet < 50 % i 2022), tross tiltak som vaksiner, tilpassede skjul og eget fôr. Dette indikerer et stort dyrevelferdsproblem, og tyder på at rensefisk ikke er tilpasset et liv i oppdrettsmerder for laks. I tillegg er effekten av bruk av rensefisk fortsatt usikker. De siste 4 årene har det vært en reduksjon i bruk av antall rensefisk på 44,5 % siden toppåret 2019.<sup>20</sup> Villfanget leppefisk har siden 2018 vært regulert i form av kvoter. Det er fortsatt manglende kunnskap når det gjelder dette fiskeriets påvirkning på bestanden, og mulig spredning av sykdommer.

Trafikklyssystemet har som intensjon å sikre at vekst i oppdrettsnæringen skjer på en miljømessig bærekraftig måte. Tross politiske mål om å videreutvikle systemet med flere miljøparametere, er lakselus fortsatt den eneste parameterensom regulerer vekst eller nedjustering av produksjon i næringen. Justering av produksjon foregår i 13 definerte produksjonsområder (PO), der produksjonen i et område i dag reguleres etter lakselusindusert villfiskdødelighet som styrende indikator. Ved liten, akseptabel eller uakseptabel belastning skal produksjonen i området henholdsvis vokse (grønt), fryses (gult) eller reduseres (rødt). Dagens produksjonsregulering gir rom for opptil 30 % sannsynlig dødelighet hos villaks grunnet lakselus, da rødt lys ikke «skrus på» før sannsynligheten overstiger 30 %. I røde områder kan produksjonskapasiteten reduseres med 6 %. I PO3 og PO4 (Vestland), som har hatt rød status siden trafikklyssystemet ble satt i kraft i 2018, er det gjort analyser som viser at det kan ta 20 år før området har grønn status om det kun skal basere seg på nedtrekk i produksjon som virkemiddel.<sup>26</sup>

Dagens regelverk for luseregulering sikrer verken tilstrekkelig ivaretagelse av vill laksefisk, oppdrettsfisk eller rensefisk. Bellona mener at alle former for lakseluskontroll fremover må basere seg på å hindre at lakseluslarvene finner eller fester seg til oppdrettslaksen. Bare ved å bruke preventive metoder kan lakseoppdrett unngå de mange «følgefeilene» av lakselusbehandling de i dag sliter med og samtidig skåne de ville laksefiskene for smitte. Omlegging til nye former for teknologi, som lukkede eller skjermede løsninger, vil

---

være nødvendig flere steder for å skåne både vill laksefisk og oppdrettslaks. Det er næringen selv som må utvikle løsningene den trenger, og for at utviklingen skal gå fort nok er det behov for kraftigere insentiver til å utvikle og ta i bruk nye løsninger.

## 2030 Visjon:

Alle former for lakseluskontroll baseres på preventive metoder som hindrer lakseluslarver å finne eller feste seg til oppdrettslaksen. Lusesmitte og negative effekter av lusebehandling i norsk havbruk er betraktelig redusert.

## Nøkkeltiltak:

- Prioritere forebyggende metoder mot lus, og sikre at disse blir tatt i bruk ved innføring av gradvis skjerpede krav til næringen mot 2030 som sikrer betydelig redusert lusesmitte.
- Strategisk omlegging til lukket- eller skjermings-teknologi i områder med mye lus over tid.
- Fra 2025 må alle nye anlegg ha krav om preventive metoder som hovedtiltak mot lakselus.
- Revidering av trafikklyssystemet innen 2025, for å sikre videreutvikling av systemet med flere miljøparameter.
- Innføre strengere krav til ivaretagelse av rensefisk – med fokus på dyrevelferd i hele livssyklusen og krav til dokumentasjon på dødelighet og årsak til dødelighet.
- Igangsette et faglig utvalg som skal vurdere og dokumentere gode levevilkår for rensefisk i merd, samt effekt av bruk av rensefisk. Dersom ikke god dokumentasjon kan fremkalles bør bruk av rensefisk utfases.
- Ivaretagelse av rensefisken som ressurs etter endt «tjeneste».
- Forby utslipp av lusemedikamenter som kan være skadelig for miljøet ved å stille krav til håndtering av behandlingsvann etter medikamentell behandling mot lus.

## Bellona vil:

- Følge utviklingen for regulering av lakselus nøye, og være oppdatert på utviklingen av kunnskap som gjelder lusesmittepress samt ulike metoder og teknologier for bekjempelse av lus.
- Jobbe for innføring av strategisk omlegging til lukket- eller skjermings-teknologi i områder med vedvarende høy lusesmitte.
- Jobbe for politiske krav om null utslipp av medikamentelle lusemidler (bademidler) til omgivelsene.
- Jobbe for strengere og bedre regulert fiske av rensefisk basert på mer kunnskap om påvirkning på ville bestander samt mulig sykdomsspredning ved transport.
- Jobbe for at det kommer på plass bedre dokumentasjon på effekt ved bruk av rensefisk, faglig kvalifiserte vurderinger av rensefiskenes levevilkår, samt strenge krav til redusert dødelighet av rensefisk i merd.

---

## 2.4. Dødelighet og tap i produksjon

De siste årene har 15-20 % av den totale vekten av laks i sjøoppdrett gått tapt. Tap kategoriseres som dødelighet, rømming eller annet svinn, hvor fisk som dør i merd utgjør det klart største tapet i produksjonen.<sup>27</sup> I 2023 var det totale tapet av fisk i sjøfasen på 70 millioner individer, hvorav dødelighet utgjorde 89,7 %. Totalt døde 62,8 millioner laks, 16,7 %, i sjøfasen av produksjonen, noe som er den høyeste dødeligheten registrert (både i antall og prosent) hittil. Dødelighet mellom produksjonsområder varierer imidlertid stort, fra regioner med under 10 % dødelighet til regioner med over 20 % dødelighet. I tillegg døde 37,7 millioner laks i settefiskfasen, før utsett i sjø.<sup>20</sup> Å sikre økt overlevelse er et av de meste effektive grepene vi kan ta for å bedre fiskevelferden og samtidig redusere det totale klimafotavtrykket av lakseproduksjon.

Behandling mot lakselus er blitt en av de største utfordringene for helsen til oppdrettsfisk i Norge. Grunnet sterkt nedsatt følsomhet mot de fleste kjemiske lusemidler benyttes hovedsakelig ikke-medikamentelle behandlingsmetoder. Termisk-, mekanisk- og ferskvannsavlusning er stressende behandlingsformer som kan medføre helse- og velferdsmessige konsekvenser med mulig dødelig utgang. Totalt 2609 ikke-medikamentelle behandlinger ble registrert i 2023. Mattilsynet fikk samme år inn 1419 meldinger om velferdsmessige hendelser fra matfiskanlegg, der 34 % var knyttet til medikamentfri avlusning. De siste tre årene er det også registrert større andel nedklassifisert fisk ved slakt, der hovedårsaken har vært «sår og skader». Dette tyder på redusert velferd også før slakt.<sup>20</sup>

Utenom behandling mot lakselus er sykdommer en vesentlig årsak til tap i produksjonen, der gjellesykdom og virussykdommer preger sykdomsbildet hos oppdrettslaks. Sykdommer er kostbart for næringen, fører til dårlig dyrevelferd og kan være skadelig for miljøet. Praktisering av god biosikkerhet, med tiltak for å hindre introduksjon og begrense spredning av smitte, er essensielt for å få bukt med de sykdommer næringen sliter med i dag. I tillegg er god smoltkvalitet som sikrer robust fisk og avl for sykdomsresistens viktige faktorer for god helse og velferd.

Høy dødelighet i sjøfasen av produksjonen har vært et vedvarende problem i over et tiår. I denne perioden har også snittvekten på dødfisk økt. Det vil si at flere større fisk dør i merdene, noe som hovedsakelig knyttes til hyppige avlusninger med ikke-medikamentelle metoder. Den biologiske kostanden, som knyttes til sykdom og behandling, har doblet seg fra 2012-2022 og er på høyde med fôrkostnader, som har vært den historisk største kostnadsdriveren i lakseproduksjon.<sup>28</sup>

Fiskedødelighet og tap i produksjonen representerer både et fiskevelferdsproblem, og en ressurs- og klimautfordring. Økt dødelighet og redusert vekst på grunn av lakselus og sykdommer fører til redusert ressursutnyttelse av innsatsfaktor som fôr, som igjen fører til et økt klimafotavtrykk for fisken. Jo større fisken er når den dør i produksjon, jo større vil også klimafotavtrykket for dødelighet i lakseoppdrett bli. Dette gjør fiskevelferd og fiskehelse til viktige aspekter både for miljø og klima, og nødvendiggjør at tiltak som reduserer dødelighet betydelig igangsettes snarlig.

---

## 2030 Visjon:

Koordinert innsats fra næring og myndigheter har redusert tap og fiskedødelighet i produksjon i sjø til under 5 %.

## Nøkkeltiltak:

- Innføre nasjonalt mål om dødelighet under 5 % i sjøfasen av produksjonen, med konkrete tiltak for måloppnåelse. Herunder etablere en omforent dødelighetsberegning, som er faglig og vitenskapelig forankret.
- Omlegging til lukket- eller skjermings-teknologi i sjø for minimering av dødelighet knyttet til avlusning, særskilt i områder med mye lus/hyppig avlusning.
- Utvikle lusebehandlingsmetoder som sikrer og dokumenterer skånsom håndtering av fisken, uten negativ belastning på miljøet.
- Innføre maks tillat antall ikke-medikamentelle avlusninger pr utsett, for å sikre reduisering av håndtering av laksen.
- Strengere krav til smitteforebyggende tiltak og beredskap for å hindre sykdomsutvikling og spredning av de hyppigste virussykdommene, hvor biosikkerhetshensyn også må implementeres i tillatelsesystemet.
- Utrede og iverksette tiltak som minimerer smittespredning ved transport av levende fisk, da flytting av smolt og slaktefisk mellom åpne sjøanlegg ansees å være de største risikofaktorene for smittespredning.
- Dødelighet inn som et prekvalifiseringskrav i trafikklyssystemet; i områder med grønt lys kan vekst kun tildeles dersom gjennomsnittlig dødelighet på 5 %.
- Koordinere forvaltning og myndigheter for å sikre at regelverk for fiskehelse og velferd ivaretas på lik linje med lovverk knyttet til miljø og vekst.
- Videreutvikle gode rapporteringssystem for årsaker til tap av fisk i sjøfasen, som grunnlag for nye verktøy for bedre fiskehelse- og velferd, som tas i bruk av hele næringen.
- Styrke Mattilsynets kapasitet for tilsyn og oppfølging av regelverk for fiskehelse og velferd.
- Utføre LCA analyse for dødelighet av laks, for et bedre innblikk i hvor stort klimafotavtrykket for dødfisk er.

## Bellona vil:

- Følge utviklingen for regulering av tap i produksjonen nøye. Dette inkluderer å være oppdatert på ny kunnskap vedrørende årsaker til tap og dødelighet, og ulike preventive oppdrettsmetoder som reduserer behovet for lusebehandling.
- Jobbe politisk og opp mot forvaltning for å innføre strengere krav til ivaretagelse av dyrevelferd og redusert dødelighet i produksjonen.

---

## 2.5. Slam

Årlig slamproduksjon fra norsk havbruk er estimert å være mellom 695 480 og 817 494 tonn.<sup>29</sup> Slam har lenge vært ansett som et avfallsprodukt i havbruksnæringen, og er per i dag en nærmest uutnyttet ressurs.

Fiskeslam har stort potensial som innblanding iblant annet substrat til insektproduksjon, jordforbedringsmiddel og biogassproduksjon. For å skape flere fremtidsrettede arbeidsplasser, styrke matsikkerheten og levere betydelige klima- og miljøgevinster peker både samfunnsoppdraget for bærekraftige fôrråvarer og Råvareløftet på sirkulære ressurser i norskproduserte fôrråvarer. Et sentralt mål i samfunnsoppdraget er å øke forsyningssikkerheten til Norge, ved f.eks. å produsere fôringredienser som er basert på sirkulære ressurser der insektproduksjon basert på slam substrat blir nevnt som et godt eksempel. Likevel går store mengder verdifulle næringsstoffer som ellers kunne vært utnyttet til en rekke formål, tapt i havet.

I norsk havbruk slippes omtrent 12 000 tonn fosfor ut i havet årlig. Dette står i motsetning til internasjonale mål om å redusere utslipp av næringsstoffer, slik som EUs Farm to Fork-strategi som del av deres Grønne Giv og Target 7 fra Kunming-Montreal Global Biodiveristy Framework fra COP15 i 2022, hvor det i begge tilfeller er satt mål om å redusere tap av næringsstoffer til miljøet med 50 % innen 2030.<sup>30,31</sup> Fosfor regnes dessuten som en begrenset ressurs som det er kritisk å gjenbruke i sirkulære verdikjeder for å sikre global matsikkerhet. Partikulært fosfor som slippes ut av merdene, og som ikke kan nyttiggjøres av lavtrofiske organismer, kan brukes til f.eks. fôr til andre dyr.<sup>32</sup> Det vil derfor være sentralt å sikre at denne ressursen kan utnyttes i videreutviklingen av norsk bioøkonomi og til grønn verdiskapning.

En forventet økning i lakse- og ørretproduksjon vil medføre en vesentlig større tilførsel av oppdrettslam i norske fjorder. Både av hensyn til miljø og god ressursutnyttelse er det viktig å ligge i forkant og satse på innovasjon for å utvikle teknologier for oppsamling av slam hvis havbruksnæringen skal kunne vokse. Likevel er det en del praktiske og teknologiske utfordringer som må overkommes for at slam skal bli en storskala kommersiell ressurs. Til nå har utslipp fra oppdrettsanlegg blitt ansett som et mindre problem på utsatte lokaliteter, men det mangler kunnskap om når det vil nås en terskel hvor utslippene vil ha en større negativ påvirkning på økosystemet. Metodene for å overvåke miljøstatus på havbunnen ved oppdrettsanlegg bør også evalueres for å bekrefte at de er egnet til bruk på alle havbunnstyper.

Til nå er det kun krav til rensing av avløpsslam fra nybygde eller utvidede settefiskanlegg, og ingen krav til oppsamling og rensing av slam i sjøfasen. I dag finnes det initiativ og testanlegg for oppsamling og utnyttelse av slam, men for å kunne bygge større verdikjeder for fiskeslam er det behov for ytterligere insentiver og tilrettelegging på tvers av næringen. Dette vil kreve politisk og regulatorisk kunnskap og oppmerksomhet fremover. For å sikre en bærekraftig fremtid for havbruk, er det nødvendig å integrere sirkularitet som en sentral del av sektorens utvikling.

---

## 2030 Visjon:

Slam har gått fra miljøutfordring, via oppsamling og produktutvikling til kommersiell ressurs.

## Nøkkeltiltak:

- Utvikling av en politisk strategi for håndtering av oppdrettsslam.
- Iverksette mulighetsstudie for optimal utnyttelse av slamressurser fra havbruk.
- Jobbe frem et bredere spekter av insentiver for å stimulere til investeringer i ulike miljøteknologier og praksiser som har løsninger på slamproblematikken. Dette vil bidra til en mer helhetlig tilnærming til bærekraft- og miljøutfordringer i oppdrettsnæringen, samtidig som det skaper rom for innovasjon og utvikling.
- Generere mer kunnskap om i hvilken grad slam under oppdrettsmerder er et miljøproblem.
- Kartlegge hvor bruk av fiskeslam kan gi størst bærekraftseffekt.
- All lukket/semilukket produksjon må ha slamoppsamling som et krav.

## Bellona vil:

- Jobbe for å få på plass forskning og vitenskapelig dokumentasjon på mattrygghet ved bruk av slam som substrat til insekter
- Avklare behov for omfang av vitenskapelig dokumentasjon som kreves for å kunne anbefale endringer av dagens regelverk.
- Jobbe opp mot politikere og forvaltning for å iverksette et nasjonalt krav om oppsamling av slam.
- Jobbe aktivt mot næringen og FoU-miljøer for å verifisere kommersielle verdikjeder for slam.
- Stille krav om utdeling av utviklingskonsesjoner til prosjekter. Som f.eks.: Innføre pålegg om slamoppsamling på lokaliteter som over tid har oppnådd status «dårlig» eller «meget dårlig» (tilstand 3 og 4) på MOM-B undersøkelser.<sup>3</sup> Dette tilsvarer rundt 10 % av lokalitetene, og kan bidra til å akselerere teknologiutvikling for oppsamling og innfasing av løsningene. På sikt kan man innføre gradvis større krav om oppsamling.

---

<sup>3</sup> MOM-B er en bunnundersøkelse av miljøet under og i umiddelbar nærhet til en oppdrettslokalitet.

---

## 2.6. Plastavfall

Enorme mengder plast brukes i havbruksnæringen. På bare ett enkelt oppdrettsanlegg med 10 merder er det estimert at det brukes 360 tonn utstyr av plast. Av dette utgjør merder tre fjerdedeler av massen, mens nøter og fortøyningstau utgjør omtrent 10 % hver.<sup>33</sup> Det meste av utstyret som benyttes i havbruksnæringen har høy materialkvalitet slik at det kan brukes i mange år. Men årlig er det fremdeles rundt 30 000 tonn plastavfall fra havbruksnæringen.<sup>20</sup> Mesteparten samles inn og sendes til avfallshåndtering, men nærmere 2/3 av avfallet går fortsatt til forbrenning eller havner på deponi.<sup>34</sup> En mindre del ender fortsatt på avveie på grunn av dårlig håndtering av utstyret, slitasje i uvær, reparasjon og utskifting av utsyr, eller manglende sikring av utstyr ved transport med båt. Dette resulterer i marint avfall langs kystene våre.

Ved strandrydding finner man blant annet tau, fôrrør og deler av merder som stammer fra havbruksnæringen. Gjenstander fra marin virksomhet utgjør i gjennomsnitt 46 % av plastavfallet som finnes langs norske strender.<sup>35</sup> En betydelig andel av marin forsøpling stammer fra relativt lokale utslipp, noe som fører til stor regional variasjon i søppelsammensetning og kilder. Mens gjenstander fra personlig forbruk dominerer på Østlandet, øker bidraget av plastavfall fra fiskeri og oppdrett betydelig lenger nord i landet.<sup>36</sup> Det som observeres langs strendene representerer bare en liten del av problemet. Opptil 94 % av all plast som havner i havet, synker til bunnen, mens bare 1 % flyter på havoverflaten. Kun 5 % blir skylt opp på strendene,<sup>37</sup> noe som betyr at det er langt mer plast i havet enn det som er synlig.

Mikroplast er en annen utfordring som sjelden er synlig for det blotte øye. Mikroplast defineres som plastbiter som er mindre enn en halv centimeter i størrelse. Disse kan enten være produsert med vilje i små størrelser for spesifikke formål, som i kosmetikk eller gummigranulat på fotballbaner, eller de kan dannes gjennom fragmentering av større plastgjenstander i naturen. I havbruksnæringen dannes mikroplast hovedsakelig fra utstyret som står i sjø ved naturlig slitasje fra sol, vind, bølger og sjøvann. Et eksempel er slitte tau, som kan være tydelige kilder til mikroplast. Mikroplast kan også genereres under bruk av fôrrør, der pellets blåses gjennom rørene og forårsaker slitasje på innsiden. I tillegg kan mikroplast dannes under vedlikeholdsaktiviteter, som rengjøring av nøter og kapping av fôrrør. Siden mikroplast er svært vanskelig å fjerne etter utslipp, er det avgjørende å forbygge nye utslipp ved å håndtere utstyret forsiktig.

Det regulatoriske landskapet for plast i Norge er fragmentert, med flere overlappende globale, regionale og bransjespesifikke initiativer. I FN pågår det forhandlinger om en global avtale mot plastforurensning. Avtalen skal forplikte verdens land til å innføre nye regler for bruk og produksjon av plast, med mål om å stanse plastforsøpling. Avtalen skal være på plass innen 2025.<sup>38</sup> I Norge skal en ny produsentansvarsordning for utstyr med plast fra fiskeri, akvakultur og fritidsfiske iverksettes mot slutten av 2024. Dette skal sikre at produsentene dekker nødvendige kostnader knyttet til separat innsamling og behandling av kassert utstyr, og dermed øke mengden plast fra havbruksnæringen som blir gjenbrukt og gjenvunnet.<sup>39</sup> I 2021 lanserte Fiskeridirektoratet en handlingsplan mot marin forsøpling, som inneholder tiltak for å redusere forsøpling i havområdene fra yrkesfiske, fritidsfiske og havbruk. Handlingsplanen omfatter oppryddingstiltak, forbyggende arbeid og satsning på forskning og utvikling med målet om å redusere marin forsøpling innen utgangen av 2026.<sup>40</sup>

---

Med virksomhet langs store deler av Norges kyst og et stort forbruk av plastutstyr har havbruksnæringen et særlig ansvar for å sikre at drift og rutiner ikke fører til spredning av plastavfall. Dette inkluderer å øke bevisstheten om reduksjon av forbruket og å fokusere på gjenbruk av plastutstyr. Det er også viktig å sikre at plastavfall håndteres forsvarlig og at verdifulle ressurser forblir en del av den sirkulære økonomien.

### **2030 Visjon:**

En helhetlig tilnærming for sirkulær håndtering av plastavfall i oppdrettsnæringen. Dette medfører lengst mulig bruk og ombruk av utstyr og ingen forsøpling eller materielle ressurser på avveie fra næringen, inkludert mikroplastutslipp.

### **Nøkkeltiltak:**

- Satsing på miljødesign av havbruksutstyr for forlenget levetid, økt gjenbruk eller gjenvinning som siste instans. Produktutvikling og bærekraft ved design er avgjørende for optimalisering av sirkulær håndtering, som igjen har potensiale for å minimere bruk av råvarer.
- Forbedring av rutiner og regelmessige kontroller av utstyr for å minimere plast på avveie – også til miljøet.
- Næringen rapporterer alt plastavfall og deres avfallshåndtering, inkludert nedstrøms håndtering av de ulike avfallsfraksjonene.
- Kartlegging av de beste gjenvinningsløsningene og utnyttelse av dette materialet, gjennom dialog med alle relevante ledd i verdikjeden: produsenter, underleverandører, oppdrettere, avfallsselskap og FoU institusjoner.
- Minimere mikroplast utslipp ved bevisst håndtering av utstyret. Det inneholder skifte utstyr før det blir slitt, benytte undervannsfôring, og sørge for at flising samles opp og ikke havner i sjøen ved kapping av fôrrør og annet utstyr.
- Innføre produsentansvar for plastutstyr til fiske og akvakultur for å øke ombruk og materialgjenvinning av utstyr og redusere forsøpling og mikroplast i havet.

### **Bellona vil:**

- Jobbe med å fremheve god plasthåndtering under drift for å forlenge levetiden av plastutstyr og øke gjenvinning av plastavfall, som demonstrert i nettkurset Bellona har bidratt til å utvikle; «Praktisk talt plast».<sup>41</sup>
- Jobbe opp mot relevante myndigheter for å sikre utfasing av plast i deponi.
- Kommunisere ambisjoner og «best practice»-løsninger for håndtering og minimering av plast i bransjen.
- Jobbe for kunnskapsheving og bevisstgjøring av de ulike aktørene i havbruksnæringen.
- Jobbe for mer kunnskap omkring kilder til mikroplast fra havbruk, samt effekter av mikroplast i det marine miljøet.
- Jobbe for at leverandører av plastprodukter til havbruksnæringen tenker gjenbruk og resirkulering før produktene settes i produksjon.

---

### 3. Oppskalering av lavtrofisk havbruk

I fremtiden vil etterspørselen etter biologiske ressurser øke, både til mat, fôr, energi, industriprodukter og karbonlagring. Norsk havbruk er en unik mulighet til å ta i bruk det marine miljøet til fremtidsrettet produksjon av flere arter, spesielt fra lavere nivåer i næringskjeden, som kan bidra til vekst i norsk bioøkonomi. Såkalte «lavtrofiske arter» inkluderer alt fra kråkeboller til sjøpølser, tunikater, østers, blåskjell, tang og tare, som alle kan dyrkes uten bruk av matjord, ferskvann, og uten tilførsel av gjødsel. Disse organismene kan være en bærekraftig matkilde og bidra til bioenergi, karbonlagring og lavt CO<sub>2</sub>-avtrykk i fôrproduksjonen. En overgang til en bioøkonomi med økt bruk av lavtrofiske ressurser har potensiale til å skape økt verdiskapning, sysselsetting, mat- og ernæringsikkerhet, og redusere klimagassutslipp. Diversifisering av ressursene våre vil også gjøre oss mindre sårbare for eventuelle utfordringer i landbruket eller andre matproduksjonssystemer.<sup>42</sup> Å møte dagens samfunnsutfordringer krever en grunnleggende transformasjon i produksjon og forbruk av ressurser.

For å begrense temperaturstigningen til 1,5 °C innen 2050, kreves proaktiv politikk, næringslivsinnsats og innovasjon. Det er for eksempel utviklet scenarier som viser at den biobaserte industrien må vokse med rundt 50 % frem til 2050, spesielt innen bioplast og fiber. Samtidig må produksjon av makroalger doubles innen 2050 for å redusere proteinunderskuddet i Europa.<sup>43</sup> Biomasse fra ulike lavtrofiske kilder har stort potensial til å møte den økende etterspørselen, men tilgjengeligheten er begrenset. I fremtiden trenger vi både økt produksjon av bioressurser og effektive bioteknologiske metoder for å tilgjengeliggjøre disse ressursene til de områder av bioøkonomien hvor vi kan oppnå størst klima- og samfunnsnytte.

Såkalte «bioraffineri-konsept» kan være en nøkkel til å realisere storskalaproduksjon av marin biomasse. Et bioraffineri foretar bærekraftig prosessering av biomasse til et spekter av formål, som mat, fôr, kjemikalier, materialer og bioenergi.<sup>44</sup> Ulike deler av det biologiske materialet blir brukt til ulike formål for å maksimere innteksstrømmer og ressurseffektivitet. Selv om det gjenstår utfordringer knyttet til etablering av nødvendig infrastruktur og effektiv prosessering, representerer storskala kultivering av tare en mulighet for betydelig produksjon av bioenergi uten å komme i konflikt med behovet for matproduksjon. Kystnær produksjon kontra offshore produksjon vil kreve ulike regimer og andre rammeverk, men begge vil være viktige i lavtrofisk produksjon av biomasse i tiden fremover.

---

## **2030 Visjon:**

En norsk havbruksnæring som har realisert et bredt spekter av lønnsomme og bærekraftige produksjonssystemer basert på lavtrofiske arter, for å levere nye matkilder, føringredienser, bioenergi og materialer til et samfunn som gjennomfører dyptgripende klimatiltak.

## **Nøkkeltiltak:**

- Opprette et teknologiutviklingsprogram for å fremme industrialiserte og automatiserte systemer for å overvåke, kultivere og røkte områder for lavtrofisk produksjon, inkludert samdrift mellom offshoreinstallasjoner og tareproduksjon.
- KLD og NFD utvikler et veikart for hvordan Norge skal svare på økende behov for bærekraftig biomasse gjennom utvikling av norsk lavtrofisk havbruk.
- Regjeringen etablerer et dedikert fond for å stimulere kommersiell utvikling knyttet til dyrking, høsting og utnyttelse av lavtrofiske organismer.
- Utvikling og etablering av et politisk forankret verdihierarki for utnyttelse og anvendelse av biomasse
- Etablere et forutsigbart rammeverk for samlokalisering av ulike marine næringer

## **Bellona vil:**

- Informere myndigheter, politikere og befolkning om muligheter knyttet til tilrettelegging for økt diversifisering og lavtrofisk produksjon i havbruksnæringen.
- Videreutvikle kunnskapsgrunnlaget og kartlegge barrierer og muligheter knyttet til produksjon av lavtrofiske bioressurser og tilknyttede anvendelsesområder.
- Gjennom sitt eierskap i Ocean Forest gjennomføre kultivering og prosessering av ulike lavtrofiske arter for å øke kunnskapsgrunnlag og identifisere nærliggende kommersielle potensial.

---

### 3.1. Kystnær lavtrofisk produksjon

Norsk kystnært havbruk er i stor grad dominert av laks. Gjennom å diversifisere havbrukssektoren til å også kultivere organismer fra lavere trofiske nivåer, kan man oppnå betydelige fordeler. Lavtrofiske arter har potensial til å forbedre vann- og miljøkvaliteten ved å binde karbon, nitrogen og fosfor, og kan ha en regenerativ effekt på nærmiljøet. Disse artene krever ikke fôr eller gjødseltilførsel, og kan bidra til å lette presset på fôrressurser og gjøre norsk havbruk mer effektivt. Ved å inkludere ikke-fôrete arter som tare, skjell og tunikater i multitrofiske konsepter med for eksempel lakseoppdrett, kan man også fange opp næringsstoffer som ellers ville gått til spille. Dette vil utnytte havbruksarealene mer effektivt og samle verdifulle ressurser.

Mens utvikling av «nye arter» har vært en politisk ambisjon over flere tiår, har dette gitt få resultater i form av økt lavtrofisk produksjon. Oppdrett av blåskjell nådde en foreløpig topp i 2005 med 4 885 tonn, men har siden stabilisert seg rundt 2 000 tonn i året med noe årlig variasjon. Arten anvendes i dag hovedsak til menneskelig konsum, men har stort potensial som fôringrediens. Utfordringene ligger blant annet i å etablere en forutsigbar produksjon, senke kostnader, sikre effektiv prosessering og areal tilgang. Norsk tunikat-produksjon har i 2023 begynt med oppskalering, der det investeres stort i produksjon i akvakulturanlegg og produksjonsanlegg på land. Tunikater var i utgangspunktet sett på som en potensiell råvarekilde til bærekraftig fôr, men det har også blitt utviklet produkter som går dirkete inn i humant konsum. Tare er den raskest voksende gruppen organismer i akvakultur globalt og har opplevd en økende interesse i Norge det siste tiåret. Dette har utløst en betydelig FoU-innsats og en økende oppstartvirksomhet langs kysten. Potensialet for økt lavtrofisk produksjon er enormt, spesielt som svar til Samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr. Gjennom denne satsingen er det etablert mål om en økt årlig produksjon på 500 000 tonn bærekraftige norske fôringredienser innen 2034.<sup>14</sup> Imidlertid gjenstår betydelige utfordringer for lavtrofisk produksjon, som havbruksnæringen og myndigheter må adressere før storstilt kultivering av lavtrofiske arter kan realiseres langs kysten. Dette inkluderer blant annet effektivisering og automatisering av sticlingsproduksjon og utsett, arealtilgang, høsting, prosessering, avvanning- og tørketeknologi, produktutvikling og markedstilgang.

Norges kyst har naturgitte forhold som gjør det mulig å produsere langt mer av lavtrofiske arter. For mange arter er det imidlertid betydelige biologiske utfordringer som må løses før kommersialisering kan realiseres, noe som krever grunnforskning og målrettet FoU. For andre arter er produksjonsprotokoller etablert, mens teknologien, forretningsmodellene og verdikjedene er umodne og lønnsomheten tilsvarende svak. En annen utfordring er kunnskap og erfaring hos forvaltningen, spesielt med tanke på tillatelser og arealtilgang. Det er foreløpig få insentiver for etablert havbruk til å satse tungt. Ikke minst er det en utfordring for etablerte aktører at fremtidige anvendelser vil omfatte mer enn mat og fôr - noe som krever ny kompetanse og etablering av nye verdikjeder. En av de «nye» verdikjedene som har oppstått, er som agn til kråkebollefeller, som vil trenge store mengder med tare.

---

## 2030 Visjon:

En stor andel av veksten i norsk havbruksnæring frem mot 2030 kommer fra kultivering av lavtrofiske arter, noe som i betydelig grad forbedrer miljø- og klimaregnskapet til næringen.

## Nøkkeltiltak:

- Nærings- og fiskeridepartementet utarbeider en nasjonal strategi og et veikart for økt lavtrofisk produksjon.
- Fiskeri- og næringsdepartementet utarbeider økonomiske insentiver for lavtrofisk akvakultur.
- Etablere et fornuftig tak i depositumsordningen for lavtrofisk akvakultur.
- Tildeling av nødvendig areal til oppstart og oppskalering av lavtrofisk oppdrett i kystkommuner.
- Innen utgangen av 2025 må det etableres nasjonal plan for utvikling av lavtrofisk havbruk, der kommunenes behov for støtte i arealplanlegging vektlegges. Dette bør ses i sammenheng med områder der lavtrofiske arter kan ha en positiv innvirkning på havmiljøet.
- Utvikle korte veiledninger om de enkelte artene og hvilke arealer disse vil kunne dyrkes på.
- Diversifisere havbruk til et bredere spekter av verdikjeder og markeder, med fokus på utvikling av produkter til et bredt spekter av anvendelser og industrier.
- Miljødirektoratet etablerer og sørger for utføring av systematisk LCA for alle lavtrofiske produksjonsmetoder
- Økt FoU satsning på prosesseringsteknologi, med fokus på tørketeknologi, inkludert muligheter for å utnytte restvarme fra eksisterende industrianlegg.
- Betydelig økt satsing på lavtrofiske organismer i fôr til havbruk og landbruk, gjennom Samfunnsoppdraget på fôr.

## Bellona vil:

- Gjennom sitt arbeid i Ocean Forest utvikle multitrofiske systemer som miljøforbedringstiltak med mål om å kunne tilby utprøvde, skalerbare konsepter.
- Utrede virkemidler som øker mulig verdiskaping i lavtrofisk produksjon, for eksempel prising av økosystemtjenester som miljø- og vannforbedrende effekter eller karbonbinding.
- Utarbeide kriterier og best practice til utføring av LCA av råvarer til fôr produksjon fra lavtrofiske organismer.
- Øke forståelsen omkring potensiale for inkludering av lavtrofiske organismer som fôrråvare i norsk havbruk og landbruk
- Være i aktiv dialog med sentrale aktører knyttet til utviklingen av regenerativt havbruk og økosystemtjenester levert av lavtrofisk akvakultur, for å sikre at myndigheter utvikler hensiktsmessig regelverk og tiltak.
- Gjennom sitt arbeid i Ocean Forest legge til rette for økt produksjon av lavtrofiske arter ved hjelp av kunnskapsløft hos forvaltning, økt arealtilgang og økt markedsmuligheter som bygger på samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr.
- Undersøke nye verdikjeder og markeder for tang og tare, for eksempel som agn til kråkebolle feller.
- Kommunisere fordeler med lavtrofisk akvakultur til et bredt spekter av interessenter, slik som politikere, forvaltere, industri og offentligheten.

---

## 3.2. Lavtrofisk havbruk og bioindustri

Med verdens nest lengste kystlinje og en ledende posisjon innen havbruksteknologi, har Norges havbrukssektor potensial til å produsere store mengder bærekraftig biomasse. Våre FoU-miljøer besitter mye kompetanse innen bioprosessering og bioprospektering, som gir norsk industri forutsetninger for å utvikle produkter og teknologi som kan øke verdiskapningen fra marine ressurser innen bioøkonomien.

For å oppnå lønnsomhet, anses det som avgjørende å redusere produksjonskostnadene ved å implementere mer effektive dyrkingsteknikker og utnytte råstoffet mer fullstendig ved å produsere flere produkter gjennom bioraffinering. Dette innebærer som regel prioriteringer av verdifulle hovedprodukter samtidig som man forsøker å legge til rette for maksimal utnyttelse av sidestrømmer. Nye lavtrofiske organismer som vil inngå i bioraffinering vil kreve varierende grader av FoU og investeringer for å utvikle råstoffbasen, optimere kjemisk sammensetning eller demonstrere prosesslinjer.

Storskalaproduksjon og kostnadsreduksjoner vil være forutsetninger for at bioraffinering skal være lønnsomt. For å sikre jevn tilgang på biomassen er det viktig å øke produksjonen industrielt og optimalisere arealutnyttelsen. Samlokalisering av oppdrettsanlegg kan være en løsning, der ulike marine næringer opererer sammen. For eksempel kan lavtrofiske organismer som tare dyrkes nær oljeplattformer, offshore vindmølleparker eller i nærheten av oppdrettsanlegg til havs. Dagens offshoreindustri har store anlegg til havs, men kunnskapen om sjømatnæringen og bioindustrien er svakere. Samlokalisering vil kreve en harmonisering av regelverk og sektorlover, samt en utvikling i forvaltningsplanene for norske havområder.

Begroing er en stor utfordring i næringen, spesielt i kommersiell dyrking av tare, da det nedbryter taren og reduserer biomasseverdien.<sup>45,46</sup> Begroing skjer hovedsakelig om sommeren, og derfor krever kystnær tareoppdrett tilpasning til dette for å opprettholde ren biomasse. Mens dette fører til høyere produksjonskostnader, resulterer det også i renere biomasse som kan omgjøres til høyverdige produkter. For offshore taredyrking kan det være mer hensiktsmessig å tillate større vekst av biomassen og la begroing skje med mindre tilsyn, noe som reduserer kostnadene. Denne tilnærmingen, som bryter med monokultur, kan ha restaurerende effekter og øke biomangfoldet, samt gi andre økosystemtjenester. En slik tilnærming krever imidlertid at bioraffineringsprosessen kan håndtere urene biomasser, som har stort potensiale for bruk i biostimulanter, energi og biokull.

Markedet for biostimulanter, som forbedrer plantehelsen, forventes å vokse med 11 % årlig. Makroalger som tang og tare er attraktive kilder til biomasse på grunn av deres biostimulerende aktivitet. Biostimulanter har flere fordeler, inkludert muligheten til å utvinne polysakkarider som kan brukes i forskjellige industrielle, farmasøytiske og matrelaterte produkter. Selv om bruken og effekten av biostimulanter ikke er like dokumentert eller utbredt i Norge som i andre land, kan de være nyttige i kombinasjon med biogjødsel. Noen studier ser også på bruk av sekkyret *C. Intestinalis* som biogjødsel, som kan gjenbrukes til ulike formål som jordforbedring, dyrefôr, kompost, eller til og med i byggematerialer.<sup>47</sup>

Bioraffinering kan produsere biokull sammen med andre biprodukter som proteiner og biogass. Biokull forbedrer jordens evne til å lagre vann, øker biomasseproduksjonen og karboninnholdet, og har en kalkende effekt. Prosessen med å lage biokull kalles pyrolyse, som gjør det svært stabilt mot biologisk nedbrytning. Selv om bare en liten del av CO<sub>2</sub> blir lagret i biokull fra tareproduksjon, kan det redusere utslipp av N<sub>2</sub>O (lystgass) og forbedre næringsstoffutnyttelsen når det brukes med husdyrgjødsel eller kompost. Det er behov for mer forskning for å vurdere bruken av biokull fra tare som en jordforbedrende komponent, samt andre anvendelser

---

som luft- og vannrensing eller i byggematerialer.

Overgangen til bioenergi er viktig for å nå Norges klimamål ifølge rapporten "Klimakur 2030". Dette kan også bidra til økonomisk vekst i distriktene og sikre energiforsyningen. Bioenergi utgjør 60 % av Europas fornybare energi, men det er bekymringer om bærekraften og fremtidig tilgang med stadig økende etterspørsel etter bioressurser. Økt interesse rettes nå mot marine ressurser som tare for å møte energibehovet der disse marine ressursene kan binde mye karbon gjennom energiproduksjon eller lagring. Skalering av dyrking av disse kan skape store karbonlagre, men det kreves strategier for langvarig lagring. Bio-CCS, karbonfangst og -lagring fra bioenergiproduksjon, spesielt fra tare, anses som lovende for å oppnå negative utslipp. Det er nødvendig med en strategi for langvarig karbonlagring fra norsk havbruk, inkludert lagring av karbon fra ulike organismer og produksjonsmetoder.

### **2030 Visjon:**

Offshore-produksjon av lavtrofisk biomasse vil i 2030 levere betydelige volum med råstoff til marine bioraffinerier som betjener en rekke behov i en styrket norsk bioøkonomi.

### **Nøkkeltiltak:**

- Utvikle veikart og etablere nasjonal satsing for realisering av marin bioraffinering mot 2030.
- Demonstrere verdi- og logistikkjeder for masseproduksjon fra offshore-kultiverte makroalger.
- Utnytte erfaring fra terrestrisk bioraffineri til å utvikle det første industri-skala raffineriet basert på marine råstoff.
- Videreutvikle FoU-aktiviteter for å kartlegge potensialet for å ta i bruk marine kilder til produksjon av biostimulenter, biokull og bioenergi med CCS.
- Utvikle integrerte offshore-konsepter for flere arter i samme område, for eksempel dyrking i tilknytning til vindparker eller oljeplattformer.
- NFD etablerer krav til utredning av muligheter for samlokalisering med tareproduksjon ved tildeling av offshore havvindkonsesjoner
- Etablering av støtteordninger for gjennomføring av pilotprosjekter for produksjon og prosessering av biomasse fra offshore produksjon.
- Kartlegging av teknologi og verdikjeder som muliggjør karbonfangst- og lagring fra marine organismer.

---

➔ **Bellona vil:**

- Utrede hvorvidt etablerte raffinerikonsepter og –aktører og annen eksisterende industri kan drive frem utviklingen av marine bioraffinerier.
- Identifisere barrierer og muligheter for etablering av relevante teknologier og spesielt for prosessering av dyrket marint råstoff.
- Delta i utviklingen av raffinering-løsninger for makroalger gjennom Ocean Forest.
- Jobbe for å gjøre utredning av tilknyttet lavtrofisk produksjon til et krav i prosjektering av offshore vindkraftverk.
- Være en pådriver for å realisere storskala offshore biomasseproduksjon, potensielt samlokalisert med havvind- og olje- og gassinstallasjoner.
- Utvikle mulighetsstudier og veikart for hvordan marine ressurser kan inngå i fremtidig produksjon av norsk bioenergi.
- Etablere støtte blant politiske beslutningstagere og i norsk næringsliv for bruk av marin biomasse som en del av nasjonal plan for bioindustri.

---

## Bellonas bioteam

### Jessica Hough, Rådgiver, marinbiologi

+47 981 19 167 | [jessica@bellona.no](mailto:jessica@bellona.no)

Jessica Hough har en master i marinbiologi fra Universitetet i Oslo. Hun har jobbet som avdelingsingeniør og lableder i Havforskningsinstituttet, hvor hun har vært på en rekke tokt blant annet i Barentshavet, Vest Afrika og Marokko. Her har hun hatt ansvar for å gi opplæring til lokale forskere i bla. prøvetaking og rapportering av innsamlet data. Jessica har også vært engasjert i organisasjonen Lei en Biolog, hvor hun har jobbet med marin restaurering, formidling og feltarbeid. Hun har bodd mesteparten av livet på Filipinene og i England, og har arbeidet for flere internasjonale frivillighetsorganisasjoner. Jessica bruker sin kompetanse som marinbiolog i ulike prosjekter og i arbeidet med havbruk og lavtrofiske løsninger.



### Michele Legernes, Rådgiver, marinbiologi

+47 466 70 110 | [michele@bellona.no](mailto:michele@bellona.no)

Michele Legernes har en master i marin økologi fra University of the Virgin Islands. Som marinbiolog i Bioteamet er hun involvert i en rekke spennende prosjekter, blant annet knyttet til marin restaurering og lavtrofisk havbruk. Hun var tidligere systemkontrollerer i Brim Explorer og er også leder for foreningen «Marea» som fokuserer på lavtrofiske organismer og regenerativt havbruk i Oslofjorden. Michele har 10 års erfaring innenfor havforskning og rådgivning, samt erfaring fra miljøprosjekter, både på ledelses- og driftsnivå.



### Alexander Ugland, Prosjektleder

+47 971 20 923 | [alex@bellona.no](mailto:alex@bellona.no)

Alexander har akademiske bakgrunn fra NTNU hvor han tok en bachelor i biomarin innovasjon og en bachelor i markedsføring og ledelse, med spesialisering innen innovasjon og entreprenørskap. Videre har han en mastergrad fra NMBU hvor han studerte innovasjon og entreprenørskap med studieretning forretningsutvikling. Alexander har tidligere jobbet som røkter på et settefiskanlegg og kommer fra stilling som forretningsutvikler med ansvar for fiskeoppdrett i leverandørselskapet Motek. I Bellona jobber Alexander som prosjektleder i bioteamet, hvor han har ansvar for prosjekter innen bioøkonomi.



### Marina Hauser, LCA-rådgiver

+47 410 13 591 | [marina@bellona.no](mailto:marina@bellona.no)

Marina har doktorgrad i miljøsystemvitenskap fra Federal Institute of Technology i Zurich (ETH) og mastergrad i restressursteknikk fra Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og Norges Tekniske Vitenskapelige Universitet (NTNU). Hun har tidligere jobbet med livssyklusanalyse og materialstrømanalyse for blant annet nanomaterialer og plast i Norsk Institutt for Luftforskning (Nilu) og Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology (Empa). I Bellona jobber Marina med miljøpåvirkning og plast.



---

### **Olav Fjeld Kraugerud, Seniorrådgiver, bærekraftig fôr**

+47 416 17 337 | olavfk@bellona.no

Olav Fjeld Kraugerud jobber med bærekraftige løsninger for norsk landbruk og havbruk, og hvordan vi setter fart på utviklingen av norsk bioøkonomi. Han har spesielt fokus på bærekraftig fôr for fremtiden. Olav har lang fartstid innen fôrområdet, både fra næringsliv og akademia, og som forsker og operasjonell leder. I Cargill jobbet Olav som seniorforsker med råvarer til både blå og grønn sektor. Tematikker der var blant annet optimal prosessering for best mulig fôrytelse av alternative råvarer. Før det jobbet han som seksjonssjef ved Senter for fôrteknolog (NMBU) der kundene var europeisk fôrindustri og mange av oppdragene gjaldt innovasjonsprosjekter innen nye råvarer. Det var også ved NMBU han tok sin PhD (prosess og ernæring) og før det tok han en mastergrad i bioteknologi, der fokuset var karbohydratmolekylene i tang & tare.



### **Joakim Hauge, Leder, Bellonas bio-programmer**

+47 408 56 190 | joakim@bellona.no

Joakim er utdannet biolog fra Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis ved Universitet i Oslo. Tidligere roller inkluderer CEO og President i Sahara Forest Project med ansvar for å lede utviklingen av klimaløsninger fra oppstart til etablert drift med anlegg i Qatar og Jordan. Bred erfaring med strategiutvikling, innovasjonsprosesser og miljøteknologier fra organisasjoner, privat sektor og gjennom rådgiving for internasjonale institusjoner. I Bellona leder Joakim Bellonas bio-team.



### **Silje Båtsvik Risholm, Seniorrådgiver, havbruk**

+47 926 25 670 | silje@bellona.no

Silje har en master i økologisk økonomi fra Nord Universitet og en Bachelorgrad i sammenlignende politikk og kinesisk språk fra UiB & UiO. Hun har jobbet i ulike deler av havbruksbransjen siden 2009 og har lang internasjonal erfaring, hovedsakelig fra Asia. Hun har tidligere jobbet både med markedsføring av sjømat i Sjømatrådet i Kina og salg og eksport i Lerøy. I Sett sjøbein/FHF jobbet hun med kommunikasjon og rekruttering til bransjen. Før hun begynte i Bellona var hun prosjektleder i Tekna hvor hun ledet prosjekt Havåker som tok for seg nye utfordringer i havbruksbransjen. I Bellona jobber Silje med havbruk og nye fôrvarer.



### **Kari Torp, Seniorrådgiver, havbruk**

+47 934 99 446 | kari@bellona.no

Kari har en bachelorgrad i biologi innen marine ressurser og akvakultur fra Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) og en mastergrad i akvamedisin fra Norges Veterinærhøgskole (NVH). Før hun begynte i Bellona har hun jobbet i Gjensidige Forsikring med faglig ansvar for havbruksforsikring, og i fiskehelsetjenesten i Nord-Trøndelag og Helgelandsområdet. I Bellona jobber Kari med havbruk og fiskehelse.



---

## Kilder

---

- 1 Hunter et al. Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. *Bioscience* 67, 386–391 (2017)
- 2 United Nations Convention to Combat Desertification, 2022. *The Global Land Outlook*, second edition. UNCCD, Bonn.
- 3 Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D. et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food* 2, 198–209 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-9>
- 4 EUs Joint Research Centre & DG Research and Innovation. *Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050*. (2021)
- 5 Bioresources within a Net-Zero Emissions Economy: Making a Sustainable Approach Possible, Energy Transitions Commission – 2021 <https://www.energy-transitions.org/publications/bioresources-within-a-net-zero-emissions-economy/>
- 6 FAO, 2018: *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- 7 SSB, 2019: <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/fiskeoppdrett/aar>
- 8 SINTEF, 2022: Greenhouse gas emissions of Norwegian salmon products. U. Johansen, A. A. Nistad, F. Ziegler, S. Mehta, M. Langeland, Y Wocken og E. S. Hognes
- 9 NDC Registry, 2020: [https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Norway%20First/Norway\\_updatedNDC\\_2020%20\(Updated%20submission\).pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Norway%20First/Norway_updatedNDC_2020%20(Updated%20submission).pdf)
- 10 Nofima, 2023: Nye metoder for bedre holdbarhet og mer miljøvennlig transport av lakseprodukter. B.T. Rotabakk, M. Heide, T. Skåra, G. Voldnes, F. Ziegler, J. Lerfall, E. Vangen, A. Iversen
- 11 Nofima, 2022: Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. T.S. Aas, T. Ytrestøyl og T. Åsgård. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2977260/Korrigert%20Rapport%20%202022%20Ressurs%202020.pdf?sequence=6&isAllowed=y> (produksjonstall er justert for dødelighet, rømming)
- 12 Miljøstiftelsen Bellona, 2022: Hva skal laksen spise? Råvareloftets veikart og barrierestudier for nye fôr råvarer. <https://bellona.no/publication/hva-skal-laksen-spise-ravareloftets-veikart-og-barrierestudier-for-nye-forravarer>
- 13 Forskningsrådet, samfunnsoppdraget om bærekraftig fôr, <https://www.forskningsradet.no/forskningspolitikk-strategi/ltf/for/>
- 14 Regjeringen, pressemelding om råvarer i fôr, <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/mere-norske-ravarer-i-for-til-oppdrettsfisk-og-husdyr-i-framtida/id3029864/>
- 15 Miljøstiftelsen Bellona, 2021: Helelektrisk havbruk, hvordan oppnå nullutslipp innen 2030? [https://network.bellona.org/content/uploads/sites/2/2021/06/Helelektrisk-havbruk\\_hvordan-oppn%C3%A5-nullutslipp-innen-2030.pdf](https://network.bellona.org/content/uploads/sites/2/2021/06/Helelektrisk-havbruk_hvordan-oppn%C3%A5-nullutslipp-innen-2030.pdf)
- 16 Miljødirektoratet, 2020: Klimakur 2030 [https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625\\_sammendrag.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625_sammendrag.pdf)
- 17 Havforskningsinstituttet, Rømt oppdrettslaks – risikovurdering og kunnskapsstatus 2023. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2023-5>
- 18 Nofima Kontali, 2019: Kostnadsutvikling og forståelse av drivkrefter i norsk lakseoppdrett. A. Iversen, Ø. Hermansen, R. Nystøyl, E. J. Hess, K. H. Rolland, L. D. Garshol og A. Marthinussen
- 19 Veterinærinstituttet, 2024: Veterinærinstituttets Fiskehelse rapport 2023 <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2024/fiskehelse rapporten-2023>
- 20 Mepex 2020: Materialstrømmen til plast i Norge – hva vet vi?
- 21 Philis, G., Ziegler, F., Gansel, L.C., Jansen, M.D. et al. Comparing life cycle assessment (LCA) of salmonid aquaculture production systems: Status and perspectives. *Sustainability* 2019, 11, 2517; doi:10.3390/su11092517

- 
- 
- 22 Fiskeridirektoratet, Strategi mot rømming: <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Drift-og-tilsyn/Roemming/Strategi-mot-roemming>
  - 23 SINTEF, 2017: Årsaker Til Rømming Av Oppdrettslaks Og Ørret I Perioden 2010-2016. H. Føre og T. Thorvaldsen
  - 24 Lovdata, 2013: Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140/%C2%A78#%C2%A78>
  - 25 Fiskeridirektoratet, akvakulturstatistikk: rensefisk <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
  - 26 Veterinærinstituttet 2024, «Fra rød til grønn kyst» Kunnskapsinnhenting for bærekraftig omstilling av havbruksaktiviteten i Vestland. K. Skår, H. Løkslett, B. Misund, A.D. Sandvik, L.C. Stige, G.L. Taranger, R. Tveterås
  - 27 BarentsWatch, 2019: <https://www.barentswatch.no/havbruk/fiskedodelighet-og-tap-i-produksjonen>
  - 28 NORCE, 2022: Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko? B.Misund
  - 29 Havforskningsinstituttet, 2024: Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2024- Produksjonsdødelighet hos oppdrettsfisk og miljøeffekter av norsk fiskeoppdrett. E.S. Grefsrud et. al
  - 30 EU Kommisjonen, Integrated Nutrient management Action Plan. [https://environment.ec.europa.eu/news/nutrients-commission-seeks-views-better-management-2022-06-03\\_en](https://environment.ec.europa.eu/news/nutrients-commission-seeks-views-better-management-2022-06-03_en)
  - 31 Konvensjon om biologisk mangfold, 2022, Montreal: <https://www.cbd.int/article/cop15-cbd-press-release-final-19dec2022>
  - 32 SINTEFblogg, 2022: Norsk lakseoppdretts rolle i den globale fosforkrisen. <https://blogg.sintef.no/sintefocean-nb/norsk-lakseoppdretts-rolle-i-den-globale-fosforkrisen/>
  - 33 Estimat fra Grieg Seafood for nettkurset «Praktisk talt plast» <https://praktisktaltplast.no/>
  - 34 NCE Seafood Innovation, 2023: The future of plastics in the Norwegian aquaculture industry
  - 35 Norges Plaststrategi, <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/noregs-plaststrategi/id2867004/?ch=14>
  - 36 Rydderapporten 2022: [https://holdnorgent.no/wp-content/uploads/2023/03/Rydderapporten\\_2022\\_digital.pdf](https://holdnorgent.no/wp-content/uploads/2023/03/Rydderapporten_2022_digital.pdf)
  - 37 Eunomia 2016, [https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2016/06/Eunomia-Plastics-in-the-Marine-Environment-2016\\_06.pdf](https://safety4sea.com/wp-content/uploads/2016/06/Eunomia-Plastics-in-the-Marine-Environment-2016_06.pdf)
  - 38 FNs miljøprogram, INC on plastic pollution: <https://www.unep.org/inc-plastic-pollution>
  - 39 Miljødirektoratet, 2024. Produsentansvar for utstyr til fiske og akvakultur. <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2024/mars-2024/produsentansvar-for-utstyr-til-fiske-og-akvakultur/>
  - 40 Fiskeridirektoratets handlingsplan mot marin forøpling: <https://www.fiskeridir.no/Areal-og-miljo/Marin-forsoepling/handlingsplan-mot-marin-forsoepling>
  - 41 Praktisk talt plast, gratis nettkurs om god plasthåndtering for oppdrettsnæringen. <https://praktisktaltplast.no/>
  - 42 Costello, C., Cao, L., Gelcich, S. et al. The future of food from the sea. *Nature* 588, 95–100 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2616-y>
  - 43 EUs Joint Research Centre and DG Research and Innovation, 2021: Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050
  - 44 IEA Bioenergy, 2012: Bio-Based Chemicals: Value Added Products From Biorefineries. Walsh, Patrick & de Jong, Ed & Higson, Adrian & P, Walsh & Wellisch, Maria. <http://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/>
  - 45 Førde, H., Forbord, S., Handå, A. et al. Development of bryozoan fouling on cultivated kelp (*Saccharina latissima*) in Norway. *J Appl Phycol* **28**, 1225–1234 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0606-5>
  - 46 Rolin, C. Inkster, R. Laing, J. McEvoy, L. 2017. Regrowth and biofouling in two species of cultivated kelp in the Shetland Islands, UK. *J Appl Phycol* 29:2351–2361 DOI 10.1007/s10811-017-1092-

- 
- 
- 47 Hackl, R., Hansson, J., Norén, F., Stenberg, O., & Olshammar, M. (2017). Cultivating *Ciona intestinalis* to counteract marine eutrophication: Environmental assessment of a marine biomass based bioenergy and biofertilizer production system. *Renewable Energy*.  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.053>

---

---

**BELLONA**