

Råvareløftet



Hva skal laksen spise?

Råvareløftets veikart og barrierestudier for nye fôrråvarer

Råvareløftet



Om veikartet

Prosjektansvarlig for Råvareløftet	Joakim Hauge
Redaktør	Silje Båtsvik Risholm
Hovedforfattere	Mari Vold Bjordal, Silje Båtsvik Risholm og Joakim Hauge
Medforfattere	Stefan Erbs, Kari Torp og Sana Javed
Bidragstere fra Bellona	Hallstein Havåg, Christian Eriksen, Signy Fardal, Runa Skarbø, Sigurd Enge, Benjamin Kleppe, Irene Øvstebø Tvedten og Lina Strandvåg Nagell

Råvareløftets arbeidsgruppe for veikart og barrierestudier

Aker BioMarine	Ragnhild Dragøy og Christina Ianssen
Bellona	Mari Vold Bjordal, Silje Båtsvik Risholm og Joakim Hauge
Biomar	Kjell Måsøval og Torstein Strøm Torjuul
Cargill Aqua Nutrition	Ted Andreas Mollan
Mowi	Ernst Hevrøy
Nordnes	Mats Grimstad
Ocean Geoloop	Viggo Iversen
Pelagia Hordafør	Johanna Huun
Sjømat Norge	Trude Nordli og Henrik Stenwig
Skretting	Leif Kjetil Skjæveland
Zooca	Hogne Abrahamsen

Råvareløftets styringsgruppe

Aker BioMarine	Ragnhild Dragøy
Bellona	Hallstein Havåg og Joakim Hauge (prosjektansvarlig)
Biomar	Vegard Denstadli
Cargill Aqua Nutrition	Fredrik Witte
Mowi	Atle Kvist
Nordnes	Tormund Grimstad
Ocean Geoloop	Viggo Iversen
Pelagia Hordafør	Runar Fjellgaard
Sjømat Norge	Henrik Stenwig
Skretting	Håvard Walde
Zooca	Hogne Abrahamsen



© 2022 Miljøstiftelsen Bellona og Råvareløftet. 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 Råvareløftet. Kommersiell bruk av denne publikasjonen krever forutgående samtykke fra Bellona. Denne rapporten kan referanseføres som Miljøstiftelsen Bellona (2022): «Hva skal laksen spise? – Råvareløftets veikart og barrierestudier for nye fôrårvarer». For spørsmål eller mer informasjon, ta kontakt med Miljøstiftelsen Bellona på post@bellona.no eller tlf. 23 23 46 00. Kontaktinformasjon til Bellonas rådgivere er tilgjengelig på www.bellona.no.

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.

Grafisk formgivning: Randi Holth Skarbø **Illustrasjoner:** Hanne Berkaak/by Hands **Trykk:** Merkur Grafisk AS

Ansvarlig utgiver: Miljøstiftelsen Bellona

Råvareløftet ønsker å takke følgende bidragsytere for verdifulle innspill:

Interesseorganisasjoner

Bondelaget	Ida Riis-Johansen
Fiskarlaget	Jan Henrik Sandberg
Fiskebåt	Gjert Endre Dingsør
Kystfiskarlaget	Annsofie Kristiansen
Regnskogfondet	Ida Breckan Claudi
Sjømat Norge	Kristin Alnes

Offentlige instanser

Fiskeridirektoratet	Thorbjørn Thorvik
Forskningsrådet	Christian Wexels Riser, Kjell Emil Naas, Marit Heller og Anders Karlsson-Drangsholt
Innovasjon Norge	Lieneke Fjørtoft, Ole Jørgen Marvik og Tore Alfheim
Mattilsynet	Ann-Cecilie Hansen
NFD	Liv Hilde Westrheim og Natja Røine Østebø

Forskning

FHF	Hans Petter Næs
Havforskningsinstituttet	Erik-Jan Lock, Øyvind Strand, Tore Strohmeier, Bjørn Erik Axelsen, Cecilie Thorsen Broms, Cecilie Hansen, Espen Strand og Bjørn Krafft
NIBIO	Lillian Øygarden, Ole Stedje Hanserud, Siri Voll Dombu og Ivar Pettersen
NMBU	Margareth Øverland, Einar Wathne og Øystein Ahlstrøm
Nofima	Ingrid Olesen
NTNU	Turid Rustad
Ruralis	Bjørn Eidem og Egil Petter Stræte
SINTEF Ocean	Marit Aursand, Leif Grimsmo, Ingunn Marie Holmen, Eduardo Grimaldo, Karl Almås, Roger Richardsen, Magnus Stoud Myhre og Ana Karina Carvajal
UiB	Tom Langbehn
UiT	Richard Ingebrigtsen

Industri

Aker Biomarine	Hilde Sæberg, Christina Ianssen og Marianne Nergård
Algepro	Ingmar Høgøy
Biomar	Eric Olav Gracey
Borregaard	Gudbrand Rødsrud
EcoFishCircle	Jarle Dragvik, Terje Mikalsen og Arild Johannesen
Ecoprot	Ole Torrissen
Felleskjøpet	Gorm Sanson og Knut Røflo
Finnfjord	Geir Henning Wintervoll
Hordafôr/Pelagia	Bartal Dulavik og Lena Leivsdottir
Invertapro	Alexander Solstad Ringheim
Lerøy	Harald Sveier
Lie-gruppen	Bjarne Haldorsen
Marine Taste	Fredrik Norén
Metapod	Fredrick Darien
NCE Seafood Innovation	Nina Stangeland
Norgeskjell	Ole Andre Nilsen
Norilia	Morten Sollerud
Norinsect	Harald Espeland og Peder Vikenes
Pronofa	Hege Rivedal Ødegaard, Hans Petter Olsen, David Tehrani og Magnus Petersen
ReSourcer	Anders Waage Nilsen og Håvard Hansgård
Skretting	Mads Martinsen og Mette Lütcherath
Zooca	Ole Petter Pedersen

Invitasjon til dugnad

Bærekraftig produsert mat fra havet vil være en viktig del av svaret på hvordan vi innretter en fremtidsrettet matproduksjon. For den norske laksen er 92 % av råvarene som brukes i fôret importert. Fôret står i dag for mer enn tre fjerdedeler av klimaavtrykket når en norsk laks havner på middagstallerkenen i Europa.

3.11.2022 annonserte Regjeringen at Norge melder inn et forsterket klimamål til FN. Det nye målet er å redusere utslippene med minst 55 prosent innen 2030, sammenlignet med nivået i 1990. For å nå dette målet vil Norge gjennom de neste åtte årene måtte gå gjennom en omstilling som savner sidestykke i moderne tid. Norske havbruksselskaper har vært sentrale i å utvikle og eksportere moderne havbruk verden rundt. De norske førselskapene har ledet utviklingen innen moderne fôrproduksjon til akvakultur. Som selskaper med internasjonal spisskompetanse, og ledende posisjoner i markedene, kan norske aktører stå sentralt i å skape forutsetningene for langsiktig bærekraftig vekst i fôret havbruk. Denne satsingen på bærekraftig havbruk kan bidra med verdifull kunnskap og innovasjon med betydelig nytteverdi for matproduksjon langt utover Norges grenser.

For norsk havbrukssektor vil det frem mot 2030 bli en avgjørende utfordring å levere stabil tilgang på tilstrekkelige volum av ernæringsmessig riktige råvarer til fiskefôr, samtidig som vi sikrer lavere klima-

gassutslipp og økt bærekraft. Viktigheten av denne utfordringen understrekes av samfunnsoppdraget om bærekraftig fôr som er lansert i revidert Langtidsplan for forskning og høyere utdanning (oktober 2022). Samtidig har regjeringsplattformen etablert mål om et eget program for produksjon

av bærekraftig fôr basert på norske ressurser, og at alt fôr til havbruksnæringen skal være fra bærekraftige kilder innen 2030. Nå gjelder det å gå fra mål til handling, og fylle ambisjoner med konkret innhold.

I desember 2020 ble samarbeidsplattformen Råvareløftet opprettet for å sette fart på innfasing av nye og bærekraftige råmaterialer til fiskefôr. Samarbeidet inkluderer Bellona, Sjømat Norge, Aker BioMarine, Biomar, Cargill, Mowi, Nordnes, Ocean GeoLoop, Pelagia Hordafôr, Skretting og Zooca. Målet er å bidra til store kutt i klimagassutslipp, skape nye norske arbeidsplasser og videreutvikle havbruksnæringen.

Kandidatene til fremtidens nye fôr råvarer er mange, og inkluderer alt fra alger, krill, raudåte, mesopelagisk fisk og insekter til produkter fra sopp og bakterier og animalske og vegetabiliske biprodukter. Som en del av samarbeidet i Råvareløftet har partnerne gjennom ett og et halvt år analysert hvilke barrierer som må overvinnes og hvilke tiltak som må innføres for å utløse store volumer norskproduserte og bærekraftige fôrråvarer. Over 100 eksperter har bidratt med sin kunnskap inn i arbeidet som har resultert i de 11 barrierestudiene og veikartet som legges frem gjennom denne rapporten.

Å realisere en industriell satsing på norske fôrråvarer vil ikke bli lett, det løses ikke med et enkelt politisk vedtak og det kan ikke gjøres unna på et år. Desto viktigere er det at vi gyver løs på denne utfordringen nå.

Gjennom denne rapporten legger Råvareløftet frem over 130 forslag til tiltak som samlet kan skape store volumer og bærekraftgevinster på kort tid. Nå inviterer vi politikere, embetsverk, FoU-miljøer, samfunnsaktører og industri til en felles dugnad for å bygge nye arbeidsplasser, verdiskaping og å kutte klimagassutslippene i samsvar med Parisavtalen. ●



Joakim Hauge

Leder for Bellonas Bio-program og
prosjektansvarlig for Råvareløftet

	Om veikartet	4
	Invitasjon til dugnad	6
	Sammendrag	12
1	Innledning	14
2	Nåsituasjon	15
	Historisk utvikling av norsk fiskefôr	15
	Volum og sammensetning	15
	Norskproduserte råvarer.....	15
	Klimafotavtrykk og bærekraftperspektiver	15
3	Overordnede trender og utfordringer	16
	Trender	16
	Overordnede utfordringer	18
4	Forutsetninger	20
	Hovedforutsetninger	20
	Forutsetninger for volumberegninger	20
	Forutsetninger for vurdering av bærekraft.....	20
	Dyrkede råvarer	21
	Høsting av marine råvarer	22
	Biprodukter	23
5	Potensial	27
	Potensielle volum nye fôrråvarer	27
	Andel norskproduserte råvarer	31
	Bærekraftpotensiale	32
6	Tiltak og anbefalinger	35
	Fellestiltak – gyldig for alle råvarer.....	35
	Plass og prioritet for lavtrofisk havbruk.....	36
	Insekter.....	37
	Økt utnyttelse av restråstoff fra sjømatnæringen	39
	Restråstoff fra fiskeri.....	39
	Bruk av bioressurser og verdihierarki	40
	Tiltakene oppsummert.....	41
7	Usikkerhetsfaktorer	46
	Overordnet.....	46
	Usikkerhet knyttet til generelle forutsetninger.....	46
	Usikkerhet knyttet til forutsetninger for volumberegninger	47
	Usikkerhet knyttet til forutsetninger for bærekraft.....	47
	Ytterligere usikkerheter knyttet til utvikling og volumestimat	48
	Ord og uttrykk brukt i rapporten	49
	Referanser	51

Delrapport 1 Dyrkede fôrråvarer	55
Blåskjell	57
1 Faktagrunnlag	59
2 Status for produksjon i dag	60
3 Miljømessig bærekraft	61
4 Barrierer og løsningstiltak	63
5 Drivere	65
Tunikater	67
1 Faktagrunnlag	69
2 Status for produksjon i dag	70
3 Miljømessig bærekraft	71
4 Barrierer og løsningstiltak	73
5 Drivere	75
Makroalger	77
1 Faktagrunnlag	79
2 Status for produksjon	82
3 Miljømessig bærekraft	83
4 Barrierer og løsningstiltak	85
5 Drivere	87
Insekter	89
1 Faktagrunnlag	91
2 Status for produksjon i dag	92
3 Miljømessig bærekraft	93
4 Barrierer og løsningstiltak	95
5 Drivere	98
Gras	101
1 Faktagrunnlag	103
2 Status for produksjon i dag	104
3 Miljømessig bærekraft	105
4 Barrierer og løsningstiltak	107
5 Drivere	109
Mikroorganisme	111
Introduksjon til bioøkonomi og tilgang på biomasse	112
Fototrofe mikroalger	117
1 Faktagrunnlag	119
2 Status for produksjon i dag	121
3 Miljømessig bærekraft	122
4 Barrierer og løsningstiltak	123
5 Drivere	125
Heterotrofe mikroalger	127
1 Faktagrunnlag	129
2 Status for produksjon i dag	130
3 Miljømessig bærekraft	131
4 Barrierer og løsningstiltak	132
5 Drivere	134

Sopp	135
1 Faktagrunnlag	137
2 Status for produksjon i dag	138
3 Miljømessig bærekraft	139
4 Barrierer og løsningstiltak	141
5 Drivere	143
Bakterier	145
1 Faktagrunnlag	147
2 Status for produksjon i dag	148
3 Miljømessig bærekraft	149
4 Barrierer og løsningstiltak	150
5 Drivere	152
Delrapport 2 Høsting av nye marine råvarer	155
Klimautslipp knyttet til skipsfart	156
Antarktisk krill	159
1 Faktagrunnlag	161
2 Status for produksjon i dag	163
3 Miljømessig bærekraft	164
4 Muligheter for kunnskapsoverføring	166
til andre fiskerier	166
Mesopelagisk fisk	169
1 Faktagrunnlag	171
2 Status for forskning og produksjon i dag	174
3 Miljømessig bærekraft	175
4 Barrierer og løsningstiltak	178
5 Drivere	180
Raudåte	183
1 Faktagrunnlag	185
2 Status for produksjon i dag	187
3 Miljømessig bærekraft	188
4 Barrierer og løsningstiltak	190
5 Drivere	192
Delrapport 3 Økt utnyttelse av biprodukter	195
Biprodukter fra sjømatproduksjon	197
1 Faktagrunnlag	199
2 Status for produksjon i dag	201
3 Miljømessig bærekraft	204
4 Barrierer og løsningstiltak	207
5 Drivere	211
Biprodukter fra landbruk	215
1 Faktagrunnlag	217
2 Status for produksjon i dag	219
3 Miljømessig bærekraft	221
4 Barrierer og løsningstiltak	222
5 Drivere	223





Sammendrag

Et bærekraftig fôr er en forutsetning for havbruksnæringen i nullutslippssamfunnet. Nesten alle råvarer vi bruker i dagens fiskefôr er importert, og fôr står i dag for mer enn tre fjerdedeler av klimaavtrykket når en norsk laks havner på middagstallerkenen i Europa. Frem mot 2030 blir det en sentral utfordring å sikre stabil tilgang, tilstrekkelige volumer og ernæringsmessige riktige råvarer til fiskefôr, samtidig som vi kutter klimagassutslippene og øker bærekraften. Hvordan vi svarer på den utfordringen vil definere fremtiden til norsk havbruksnæring.

Råvareløftet ble opprettet i 2020 som en samarbeidsplattform for å akselerere innfasing av nye og bærekraftige råmaterialer til fiskefôr. Partnerne i Råvareløftet er Miljøstiftelsen Bellona, Sjømat Norge, Aker BioMarine, Biomar, Cargill, Mowi, Nordnes, Ocean GeoLoop, Pelagia Hordafôr, Skretting og Zooca. En slik satsing kan gi store gevinster i form av kutt i klimagassutslipp, nye norske arbeidsplasser og videreutvikling av havbruksnæringen.

Gjennom en periode på ett og et halvt år har partnerne i Råvareløftet samarbeidet om å identifisere barrierene som må overvinnes, og hvilke tiltak som må gjennomføres for å skalere opp produksjonen av nye norske fôrråvarer. Arbeidet har bygget på ekspertisen som finnes blant partnerne i Råvareløftet, men det er også hentet inn fagkunnskap fra en rekke andre aktører over hele landet. Mer enn 100 eksperter har bidratt med sin innsikt inn i analysene som er gjennomført.

Denne rapporten 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 2040. I tillegg inneholder rapporten 11 barrierestudier som gir en detaljert analyse av hva som i dag forhindrer oppskaleringen av 15 ulike råvarer, samt forslag til innføring av mer enn 130 tiltak.

I analysene som er gjennomført er følgende forutsetninger lagt til grunn:

- Produksjon av råvaren må ikke føre til uakseptable konsekvenser for natur og økosystem.
- Råvaren må bidra til å redusere førets påvirkning på klima og miljø.
- Råvaren må egne seg som ingrediens i laksefôr og ivareta god fiskehelse.
- Produksjonen må være skalerbar i Norge, og bygge på norske bioressurser.

Følgende potensielle råvarer har blitt vurdert:

- **Dyrkede råvarer:** Blåskjell, tunikater, makroalger, insekter, gress, fototrofiske mikroalger, heterotrofe mikroalger, sopp og bakterier
- **Høsting av marine råvarer:** Antarktisk krill, mesopelagisk fisk og raudåte
- **Biprodukter:** Fiskeri, havbruk og landbruk

For å beregne potensielle volum av de ulike råvarene er følgende forhold lagt til grunn:

- Det er tatt utgangspunkt i råvarenes nåværende teknologinivå, og satt forventning til at teknologinivå og produksjonsvolum vil øke frem mot 2030 og videre til 2040.
- Det er hensyntatt utviklingstakt, samt ambisjoner for produksjon og vekst blant råvareprodusentene.
- Gjennomføring av de mer enn 130 tiltakene som presenteres i barrierestudiene – og de 21 tiltakene i veikartet som bygger på disse.

Ved å gjennomføre en helhetlig tiltakspakke for utvikling av nye fôrråvarer i Norge, er det mulig å realisere en årlig produksjon på 672 000 tonn nye fôrråvarer i 2030 og 1 106 000 tonn nye fôrråvarer i 2040. Tar vi utgangspunkt i forbruket av fôr i norsk havbruk i 2020 vil dette innebære en økning av norske råvarer i fôret fra 8 % i 2020 til 42 % i 2030 og 64 % i 2040.

Både råvarer dyrket på land og i havet kan utvikles til å kunne bidra med substansielle volum de neste tiårene. Samlet er det estimert at de dyrkede råvarene kan bidra med over 300 000 tonn innen 2030 og 700 000 tonn innen 2040. I havet har både blåskjell og tunikater utpekt seg som lovende kandidater med konkurransefortrinn i norske forhold. På land kan spesielt insekter, bakterier og fototrofe mikroalger bidra til større volum.

De nye fiskeriene av mesopelagisk og raudåte kan ha potensiale på en lengre tidsskala, men det er fortsatt et stort arbeid på kunnskaps- og teknologiutvikling som gjenstår før de store volumene kan realiseres innen dette segmentet.

Totalt kan biprodukter fra norsk sjømatproduksjon øke fra dagens 104 000 tonn til 400 000 tonn fôrråvarer i 2030 og opp mot 450 000 i 2040. Dette forutsetter at 70 % av alt råstoff fra fiskeri og lakseoppdrett foredles i Norge innen 2030 og 90 % innen 2040.

Skal Norge lykkes med å gjennomføre et råvareløft innen 2030 for å utløse de store volumpotensialene som er identifisert, vil det være nødvendig med betydelig politisk vilje og gjennomføringsevne. De 21 overordnede tiltakene som presenteres i veikartet, og de mer enn 130 spesifikke forslag til tiltak som presenteres i barrierestudiene, er utarbeidet med bakgrunn i følgende prioriteringer:

- Tiltak som skal igangsettes i perioden 2022–2030.
- Tiltak som gir store volum av råvarer raskt, sekundært store volum på sikt.
- Tiltak som har effekt for flere råvaregrupper.
- Tiltak som fokuserer på politiske beslutninger, embetsverk og forskning.
- Tiltak som gir små volum av råvarer innen 2040 er nedprioritert.

Et råvareløft vil være avhengig av at et styrket virkemiddelapparat som bidrar med finansiering til et bredt spekter av tiltak. Det er behov for å tilføre betydelige forskningsmidler for å kartlegge mulige nye råvarer, vurdere potensial for skalering og gjennomføre livsløpsanalyser av disse. Forskningsmiljøer og råvareprodusenter vil være avhengige av støtteordninger for å demonstrere og skalere opp produksjonen. Tiltak for å sikre tilstrekkelige og egnede arealer for marin lavtrofisk produksjon er en forutsetning for å skalere opp nødvendige volum av fôrråvarer. Videre vil tiltak for å raskt øke bearbeidingsgraden av norsk sjømat i Norge utløse betydelige volumer nye råvarer til fiskefôr. Det vil være avgjørende å sikre en koordinert innsats for å tilpasse lovverk og reguleringer, økning i FoU-aktiviteter og forretningsdrevet innovasjon og stimulering av entreprenørskap og forretningsutvikling knyttet til bærekraftige nye fôrråvarer.

Råvareløftets veikart og barrierestudier viser at det er mulig å realisere et betydelig norsk grønt industrieventyr gjennom å akselerere norsk produksjon av nye råvarer til fiskefôr. En slik satsing vil kreve samspill mellom næringsliv, embetsverk, forskningsmiljøer og sivilsamfunn, i tillegg til en betydelig politisk handlingsvilje. Råvareløftet inviterer med denne rapporten til en bred satsing på grønn verdiskapning for å fremtidssikre norsk havbruksnæring, bygge nye arbeidsplasser og å kutte klimagassutslippene i samsvar med Parisavtalen. ●

Innledning

For å forhindre en global oppvarming på mer enn 1,5°C vil verden måtte oppnå netto null-utslipp 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, med anslag mellom 25 og 70 %.¹ Videre frem mot 2100 vil den globale matproduksjonen antakelig måtte forsyne ytterligere én milliard mennesker.² Samtidig som det vil være nødvendig å øke matproduksjonen vil det være behov for betydelige mengder biomasse til utvikling av bioøkonomien. EU-kommisjonens kunnskapssenter for bioøkonomi og DG Research & Innovation publiserte i 2021 fire scenarier for bioøkonomien i Europa mot 2050.³ I scenarioet som oppfyller målene i Paris-avtalen vil for eksempel den biobaserte industrien vokse med om lag 50 % frem til 2050.

Å kunne begrense den globale oppvarmingen til 1,5 grader, forutsetter at alle økonomier halverer sine utslipp allerede innen 2030.⁴ Omstillingen vil måtte verne om og gjenoppbygge biodiversitet, samtidig som man sikrer sosiale og naturlige systemers bæreevne under akselererende klimaendringer. Det tilkommer altså matproduksjon et dobbelt ansvar: Å skalere produksjon på en måte som garanterer fremtidig matsikkerhet, samtidig som man sikrer biodiversitet og reduserer utslipp og ressursbruk i tråd med nasjonale og internasjonale forpliktelser.

Akvakultur har opplevd stor vekst globalt de siste tiårene og er forventet å stå for en betydelig økning i produksjon av mat og biomasse fremover. Rundt 70 % av akvatisk dyreproduksjon er i dag føret akvakultur – der oppdrettsfisk ernæres av spesialtilpasset fôr. Havbasert akvakultur – havbruk – omtales ofte som en sektor som vil kunne utvikles og skaleres, intensiveres og diversifiseres på linje med moderne landbruk. Grunnleggende ligger mye til rette for økt, effektiv og klimavennlig akvakulturproduksjon i havet. Det er prinsipielt store arealer tilgjengelig, havbasert produksjon skåner landareal og ferskvannsressurser, og mange marine arter er effektive i oppdrett. Bærekraftig mat fra havet må være en viktig del av svaret på hvordan vi innretter en fremtidsrettet matproduksjon.

Havbruksnæringen har 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, ikke minst om vi også begynner å utnytte mulighetene for oppdrett av arter lengre ned i næringskjeden. Men selv om mye ligger til rette, betyr ikke det at det ikke fortsatt finnes utfordringer for norsk havbruk. En avgjørende utfordring frem mot 2030 blir å levere stabil tilgang, tilstrekkelige volumer og ernæringsmessige riktige råvarer til fiskefôr, samtidig som vi greier å kutte klimagassutslippene og øke bærekraften. På kort og mellomlang sikt er det usannsynlig at en enkel ny eller innovativ råvarekilde vil kunne dekke behovet. Det vil være nødvendig å etablere en robust, gjensidig bærende portefølje av bærekraftige nye fôrråvarer.⁵ Hvordan vi svarer på den utfordringen vil definere fremtiden til norsk havbruksnæring. Veikartet, og de 11 tilhørende barrierestudiene, er en felles analyse fra partnernene i Råvareløftet på hvorledes denne utfordringen kan adresseres. ●

Nåsituasjon

Historisk utvikling av norsk fiskefôr

Atlantisk laks (*Salmo salar*) utgjør brorparten av produksjonen i norsk akvakultur og er en ettertraktet og godt betalt internasjonal merkevare. Historisk har norsk havbruk allerede vært gjennom to omfattende fôromstillinger.⁶ Den første resulterte i utfasingen av vått fôr til fordel for tørket fôr i form av industrielt ekstruderte pellets – noe som blant annet muliggjorde globaliserte ingrediensmarkeder (1950–1990). Den andre er overgangen fra det som hovedsakelig var fiskemel og -olje til fôrformuleringer som i økende grad baserte seg på vegetabiliske og landbaserte råvarer (1996–2020).^{7,8}

Volum og sammensetning

I 2020 ble det brukt rundt 2 millioner tonn fôr i norsk havbruk. Produksjonen av laks var på 1,47 millioner tonn, noe som ga en fôrfaktor på 1,35.⁷ Om lag 73 % av ingrediensene i fôret kom fra vegetabiliske råvarer og 22 % var marine ingredienser. Kun 0,4 % av fôret utgjorde såkalte nye ingredienser som insektmel, mikroalger og encelleprotein. Soyaproteinkonsentrat utgjorde den største enkeltfraksjonen med 21 %. I tillegg utgjorde blant annet hvete og raps en betydelig andel av plantekildene i fôret.⁷

Fiskemel og -olje fra såkalt industrifiske utgjør også en viktig, men begrenset ressurs for norsk fiskefôrnæring. I dag har størsteparten av fiskeriene sin opprinnelse fra nord-atlanteren i det FAO definerer som fiskeriområde 27, hvor også norske fiskerier inngår. I tillegg forekommer det en del import fra blant annet Sør- og Mellom-Amerika og Vest-Afrika. I tillegg til industrifisk, brukes det fiskemel og -olje produsert av biprodukter fra sjømat som går til human konsum. I 2020 kom 17,1 % av fôrråvarene fra industrifisk og 5,3 % fra marint restråstoff.⁷

Fiskeolje og fiskemel er ettertraktede råvarer til fiskefôr, men fiskeriressursene som høstes til bruk i fiskefôr i dag er i stor grad fullt utnyttet både i Norge og globalt. Det forventes at etterspørselen etter marine råvarer vil intensiveres grunnet økte behov, både i fôrindustri og til human konsum. Dette gjelder spesielt marine oljer, ettersom fiskeolje i dag er hovedkilden til omega-3-fettsyrer i fôret til oppdrettslaksen.

Norskproduserte råvarer

I 2020 var 8 % av ingrediensene i fiskefôret av norsk opprinnelse, tilsvarende 165 255 tonn fiskemel og -olje.⁷ De resterende 92 % var importerte råvarer. Det er ambisjoner om betydelig vekst i havbruksnæringen, hvor både dobling av verdiskapning innen 2030 og femdobling innen 2050 er eksempler på hva som har blitt fremmet som politiske mål.^{9,10} De senere årene har det vokst frem en bred politisk enighet om at tilgang på nye bærekraftige fôrråvarer vil være avgjørende for videre bærekraftig vekst i næringen. En økning av dagens fôrsammensetning vil føre til økt press på jordbruksarealer og ferskvannsforbruk i råvarenes opphavsland, samt økt konkurranse om fiskeriressurser. Samtidig vil fôrnæringen i økende grad være prisgitt tilgjengelighet og prisnivå i det globale markedet.

Klimafotavtrykk og bærekraftperspektiver

Flyfrakt ikke inkludert, utgjør fôret 75–83 % av klimagassutslippene per enhet laks levert til marked.¹¹ Spesielt soyaproduksjonen har et høyt klimafotavtrykk knyttet til arealbruksendringer,¹¹ selv om det er stor variasjon i klimaavtrykket fra ulike typer produksjon. I livsløpsvurderinger vil det for eksempel regnes betydelig lavere utslipp fra soyaproduksjonen når det kan dokumenteres at produksjonen foregår i områder som ikke har vært avskoget de siste 20 årene. Arealbruksendringer innebærer at naturområder omgjøres til landbruksområder og reduserer deres evne til å lagre karbon. Menneskelig aktivitet har allerede omgjort mer enn 70 % av jordens landareal fra sin opprinnelige tilstand, noe som har forårsaket enorm miljøforringelse og har bidratt betydelig til global oppvarming. Globalt har matsystemene forårsaket 80 % av avskogingen, står for 70 % av forbruket av ferskvann, og er den største enkeltårsaken til tap av biologisk mangfold.¹² ●

Overordnede trender og utfordringer

Trender

Nye førråvarer må redusere påvirkning på klima og miljø

En forutsetning for å kunne begrense den globale oppvarmingen til 1,5 grader, er som tidligere nevnt at alle økonomier halverer sine utslipp innen 2030.⁴ Intensiv jordbruksproduksjon har utfordringer knyttet til avskogning, areal- og ferskvannsforbruk. FAO estimerer at vi må produsere rundt 50 % mer mat innen 2050 for å dekke behovene til en økende verdensbefolkning, og at jordbruksareal må økes med 6–21 % fra 2010 for å kunne sikre denne produksjonen.¹³ For å ikke legge ytterligere press på den globale matproduksjonen, er det altså et stort behov for å utvikle produksjon gjennom nye råvareindustrier som ikke behøver naturressurser som vil oppleve økende press fremover. Råvarer som har lavt forbruk av landareal og ferskvann, og samtidig har lavt klimagassutslipp og lav påvirkning på økosystemer, vil være foretrukne råvarer for fremtidens førråvarer.

Trender for produksjon av råvarer globalt

Klimaendringer, befolkningsvekst og konflikter vil påvirke produksjon og tilgjengelighet av råvarer fremover. Det er usikkert om tradisjonelle førråvarer vil være like tilgjengelige som i dag. Pandemi og politiske svingninger de siste årene har allerede ført til en markant økning i prisen for førråvarer. Sammenligner man prisen på fiskefôr i første kvartal 2012 mot første kvartal 2022, har prisen nærmest doblet seg,¹⁴ og 70 % av økningen har skjedd de siste 3 årene.¹⁵ På toppen av dette kommer effekter av klimaendringer. FNs klimapanel spår at kornpriser kan komme til å øke med opptil 29 % innen 2050. Flere områder vil slite med å tilpasse seg klimaendringene, og det spås en global reduksjon i produktivitet for landbaserte avlinger, grunnet klimaendringer.¹⁶ Spesielt tropiske og sub-tropiske områder ser ut til å være utsatt, inkludert områder for soyaproduksjon i Brasil, hvor store deler av soyaimporten til norsk fiskefôr kommer fra. Det er allerede observert en gjennomsnittlig reduksjon av soyabønneavlinger globalt grunnet klimaendringer på 4,5 % mellom 1981 og 2010.¹⁷ Også i Europa, hvor rundt halvparten av de vegetabiliske råvarene til norsk fiskefôr blir produsert,⁷ har tørke og hetebølger de siste årene påvirket produksjonen av vegetabiliske råvarer.^{16,18,19} Et fôr som baserer seg på høy grad av import kan dermed være en risikabel strategi.

Behov for biomasse i andre deler av bioøkonomien

Samtidig som behovet for råvarer til mat og fôr stadig øker, planlegger en rekke industrier å erstatte fossile råvarer med biobaserte råvarer og bioenergi for å kunne nå sine klimamål. Både på regionalt og globalt nivå virker behovet for biomasse for å oppfylle klimamål, til å langt overgå volumene av bærekraftig biomasse som det er sannsynlig at vil være tilgjengelig. Som tidligere nevnt, er det for eksempel anslått at den biobaserte industrien i EU må vokse med om lag 50 % frem til 2050 for at EU skal oppfylle målene i Paris-avtalen. I rapporten «Bioresources within a Net-Zero Emissions Economy» fra 2021 fremholder Energy Transitions Commission at det er en sterkt begrenset mengde bærekraftig biomasse tilgjengelig innen 2050 (ca. 40–60 EJ/år). Dette volumet kan dobles hvis, og bare hvis, følgende omfattende tiltak gjennomføres:

- Produktivt land frigjøres ved et stort skifte til plantebasert diett eller syntetisk kjøtt, forbedret landbruksproduktivitet og redusert matavfall.
- Produksjonen av tang-for-energi skaleres betydelig opp.
- Innsamling og håndtering av organisk avfall forbedres.

Analysen fremholder at potensielle behov langt overstiger muligheter for bærekraftig forsyning. Det er med andre ord høyst sannsynlig at det vil bli økende konkurranse om tilgjengelige bærekraftige bioressurser, og det er avgjørende at de tilgjengelige bioressursene blir utnyttet best mulig. Det vil derfor være behov for sterkere politiske prioriteringer vedrørende bruk av bioressurser for å sikre størst mulig samfunnsnytte. I 2021 ble Brønnøysundregistrene gitt i oppdrag av Klima- og miljødepartementet (KLD), Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) og Landbruks- og matdepartementet (LMD) å administrere prosjektet BioDigSirk. Prosjektets mål var å foreslå løsningskonsepter for en fremtidig digital markeds plass for bioressurser (les mer om tematikken på side 112–115).

Politiske ambisjoner

De siste årene har det blitt uttrykt en rekke politiske ambisjoner rundt utviklingen av nye, bærekraftige industrier for førråvarer i Norge. I 2020 kom Tankesmien Agenda med rapporten *Fire samfunnsoppdrag for rettferdig grønn vekst*, hvor to av målene lyder som følger:

«Alt før til landbruk og havbruk fra bærekraftige kilder innen 2030

- Det betyr blant annet null import av soya fra sensitive landområder, og oppbygging av en ny forindustri basert på norske bærekraftige råstoff.

Doble verdiskapingen og lavere fotavtrykk fra havbruk innen 2030

- Det betyr blant annet at verdikjeden innen havbruket skal bli mer komplett, for eksempel ved dyrking og høsting lengre ned i næringskjeden, og at karbonproduktiviteten skal dobles.»

Hurdalsplattformen fra 2021, uttrykker blant annet at Regjeringen skal «Stimulere til økt bærekraft gjennom et eget program for produksjon av bærekraftig fôr basert på norske ressurser» og «Sette mål om at alt før til havbruksnæringen skal være fra bærekraftige kilder innen 2030». I tillegg til mål for fôr, ble virkemiddelet Bionova foreslått opprettet i Hurdalsplattformen. Bionova er nå planlagt opprettet i 2023 og skal blant annet bidra til innovasjon og verdiskaping innen bioøkonomien knyttet til jordbruk, skogbruk og havbruk. Fiskeri- og havminister Bjørnar Skjæran uttalte 6. oktober 2022 at «Gjennom opprettingen av Bionova legger vi også mer til rette for en mer kraftfull oppfølging av bioøkonomien og bærekraftig fôr vil være en del av dette.»²⁰

I forbindelse med statsbudsjettet i 2022 ble det lansert et nasjonalt samfunnsoppdrag om bærekraftig fôr. Dette vil bli et tydelig satsingsområde innen forskning fremover, og regjeringen skriver i lanseringen at arbeidet skal konkretiseres i løpet av 2022–23.

Et av tiltakene for å nå Norges klimamål er at fôret som brukes i norsk husdyrproduksjon skal komme fra bærekraftige kilder. Det er et økende fokus på å produsere egne råvarer med lavt klimafotavtrykk, samtidig som man ønsker å redusere avhengighet av import-råvarer og eventuelle negative miljøkonsekvenser i landene det importeres fra.

Havbruksnæringen er Norges største eksportnæring etter olje og gass. Fremover vil det komme betydelige endringer i hvor mye fossil energi vi kan produsere og konsumere. Det blir derfor en sentral samfunnsoppgave å fremtidssikre norsk havbruk gjennom å tilrettelegge for en mest mulig bærekraftig produksjon. Det synes klart at tiden er kommet for å ta økt ansvar for produksjon av egne førråvarer til norske husdyr, og redusere presset på arealer som brukes til matproduksjon i andre land. Å bygge opp en råvareindustri i Norge for nye, bærekraftige råvarer kan bringe med seg en rekke fordeler, både hva gjelder klima- og miljøeffekter, men også i form av sysselsetting og utvikling av teknologi for fôrproduksjon som det er stort behov for langt utover norske landegrenser.

Overordnede utfordringer

Samtidig som behovet og ønsket for nye råvarer øker, er det flere utfordringer som hindrer utvikling av nye råvareindustrier. Basert på et stort antall intervjuer med forskere, industriaktører og myndigheter i forbindelse med Råvareløftets veikart og barrierestudier, har det avtegnet seg et tydelig bilde av at det finnes overordnende strukturelle utfordringer som må løses for å kunne realisere de nye fôrressursene. Det finnes blant annet konkrete eksempler på:

- Råvarer som ikke er langt fra realisering, men som hindres av regelverk som ikke er tilpasset en sirkulær bioøkonomi.
- Råvarer som er tilgjengelige, men som ikke tas i bruk i dag på grunn av markedshensyn og forbrukerpreferanser.
- Råvarer hvis produksjon avhenger av større startinvesteringer og som mangler kapital for å kunne skalere opp i industriell skala.
- Feilprioritering av bioressurser, hvor ressurser som kan inngå i fôrproduksjon brukes til mer lavverdige formål som prioriteres over matproduksjon.

I dette veikartet vil de viktigste tiltakene for å realisere en bredde av norske råvareindustrier presenteres, samtidig som barrierene beskrives overordnet. For større detaljnivå og enkeltbarrierer og -tiltak, henviser vi til de underliggende barrierestudiene for hver råvare. ●



Forutsetninger

Hovedforutsetninger

En forutsetning for å utvikle industrier for nye fôrråvarer er at de resulterer i lavere klimavtrykk for laksen. Enten ved at råvaren bidrar til et fôr med betydelig lavere utslipp av klimagasser enn dagens råvarer, eller til dokumenterbart lavere klimafotavtrykk for lakseproduksjonen som helhet ved for eksempel å bidra til bedret fiskehelse og redusert dødelighet. Samtidig må dyrking og produksjon medføre forbedringer i form av effekter på økosystem og biodiversitet, og minsket forbruk av landareal, ferskvann og andre naturressurser. Nye fôrråvarer må ikke bare bidra til betydelige forbedringer i bærekrafts-avtrykk. Fôrproduksjonen kan heller ikke fortrenge direkte bruk av ressursene som mat. De nye fôrråvarene må være ernæringsmessig egnet som råvare i laksefôr og bidra til å ivareta god fiskehelse. For å oppfylle mål om økt selvforsyning og nasjonal verdiskapning vil det være en betydelig fordel at produksjonen er basert, og mulig å skalere, i Norge.

For å kunne levere på nevnte kriterier og samtidig nå de volumene av fôr som presenteres i dette veikartet, er følgende forutsetninger lagt til grunn:

1. Produksjon av råvaren må ikke føre til uakseptable konsekvenser for natur og økosystem.
2. Råvaren må bidra til å redusere fôrets påvirkning på klima og miljø.
3. Råvaren må egne seg som ingrediens i laksefôr og ivareta god fiskehelse.
4. Produksjonen må være skalerbar i Norge, bygget på norske bioressurser*.

*Antarktisk krill fisket av norske aktører på norskgitte fiskeritillatelser regnes her som norsk råvare.

Forutsetninger for volumberegninger

I dette veikartet presenteres mulige årlige produksjonsvolum for de ulike råvarene i 2030 og 2040.

Disse volumene er estimert ut ifra følgende overordnede forutsetninger:

5. Det er tatt utgangspunkt i råvarenes nåværende teknologinivå, og satt forventning til at teknologinivå og produksjonsvolum vil øke frem mot 2030 og videre til 2040.
6. Det er hensyntatt utviklingstakt, samt ambisjoner for produksjon og vekst blant råvareprodusentene.
7. Gjennomføring av de mer enn 130 tiltakene som presenteres i barrierestudiene – og de 21 tiltakene i veikartet som bygger på disse – er et sentralt premiss for at volumene som presenteres for 2030 og 2040 er realiserbare.

Forutsetninger for vurdering av bærekraft

For råvarer med tilgjengelig dokumentasjon, har vi tatt utgangspunkt i livsløpsvurderinger (LCA) når vi har vurdert deres klimapåvirkning. Siden råvarene har varierende grad av teknologisk modenhet, finnes det ikke tilgjengelige livsløpsvurderinger for alle, og spesielt ikke for produksjon under norske forhold. Det har derfor vært gjennomført en rekke dybdeintervjuer med relevante eksperter på de ulike råvarene. For noen av råvarene hvor det er blitt utarbeidet livsløpsvurderinger, kan resultatene i tillegg variere stort mellom de ulike studiene. Derfor er det i barrierestudiene og veikartet tatt en samlet bærekraftvurdering ut ifra tilgjengelig informasjon og hvilke muligheter som finnes for produksjon under norske forhold.

Hvordan råvarene produseres har stor påvirkning på klimafotavtrykket. Alt fra substratbruk og energikilder som brukes til prosessering og transport kan endre bildet. Når råvarene har blitt vurdert i dette veikartet, går vi ut ifra deres potensiale i et «best-case scenario», hvor det tas i bruk metoder og teknologi som gir minst mulig utslipp av klimagasser. Dette med teknologier som allerede eksisterer, eller som forventes å være tilgjengelige innen 2030 og 2040. For fôrråvarer som er avhengig av substrat i produksjonen, er det tatt utgangspunkt i at det benyttes avfalls- og sidestrømmer. Dette har i de fleste tilfeller også en positiv effekt på både klimaavtrykk og sirkularitet i produksjonen.

Forutsetninger lagt til grunn for vurdering av råvarenes bærekraft:

8. Bruk av fornybar energi i produksjonsprosesser.
9. Bruk av lav- og nullutslipps energibærere på fiskefartøy innen 2030.
10. Bruk av avfalls- og sidestrømmer hvor substrat inngår i produksjonen.
11. Ingen bruk av fossile innsatsfaktorer som substrat.
12. At produksjonen ikke har et uforholdsmessig stort energiforbruk.

På bakgrunn av disse forutsetningene har partnerskapet identifisert 15 råvarer som er gjennomgått i barrierestudiene, og som er grunnlaget for veikartet:

Dyrkede råvarer



Blåskjell

Kan tilføre fiskefôret ettertraktede marine fettsyrer og proteiner, samt redusere miljøfotavtrykket i betydelig grad. Produksjonsmessig har den fordeler ved at den ikke krever bruk av landareal, gjødsel, fôr eller ferskvann, men vil konkurrere om tilgjengelig areal i sjø. I tillegg kan blåskjell dyrking bidra med økosystemtjenester ved å binde nitrogen og fosfor fra sjøen. Det er rom for å øke produksjonen av blåskjell langs norskekysten betraktelig, men barrierer som lavt teknologinivå og lønnsomhet må forbedres om blåskjellmel skal kunne bli en konkurransedyktig råvare.



Tunikater

Tunikater (sekkedyr) har en god sammensetning av marine fettsyrer og proteiner og et lavt klima- og miljøfotavtrykk. Produksjonsmessig har de som blåskjell fordeler ved at de ikke krever bruk av landareal, gjødsel, fôr eller ferskvann, men vil konkurrere om tilgjengelig areal i sjø. Dyrking av tunikater kan i tillegg bidra med økosystemtjenester ved å binde nitrogen og fosfor. Potensialet for å skalere opp produksjonen langs norskekysten er stort, men det er behov for økt kunnskap og teknologiutvikling før tunikatmel i fiskefôr kan bli en realitet i større skala.



Makroalger

Produksjon av makroalger har mange fordeler, ved at det ikke er behov for fôr, gjødsel, ferskvann eller landareal. Makroalger er dog lite egnet som ingrediens i fiskefôr direkte, grunnet lavt innhold av protein og fettsyrer. Det er likevel muligheter for å benytte makroalger som substrat til andre produksjonsorganismer som insekter og sopp. Flere av disse mulighetene involverer et bioraffineringsledd i verdikjeden, og lønnsomhet vil avhenge av en større skalering av næringen.



Insekter

De siste årene har det oppstått flere større kommersielle satsinger på insektproduksjon, både i Norge og i Europa. Satsingene har til felles at de avhenger av tilstrekkelige volumer av bærekraftig og trygt vekstsubstrat. Insektproduksjon har forholdsvis lavt vannforbruk og arealbeslag, og kan bidra til økt sirkularitet ved å utnytte seg av side- og avfallsstrømmer



Gress

Gressprotein er en mulig råvare til laksefôr som nylig har kommet på agendaen. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til produksjon, egnethet i fiskefôr og hvor store kvantum som kan inngå i produksjon av gressprotein uten å gå på bekostning av landbrukssektoren. Fordeler er at gress er en tilgjengelig ressurs i Norge, og dyrkings- og høstingsteknologi er godt utviklet.



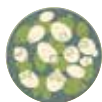
Fototrofe mikroalger

Fototrofe mikroalger blir produsert på pilotskala i Norge og kan tilføre både marine fettsyrer og proteiner til laksefôret. Produksjonen har fordeler ved at algene bruker CO₂ som karbonkilde og lys som energikilde. I Norge er det sannsynligvis mest aktuelt å produsere algene i fotobioreaktor eller silo. Barrierer for oppskalering inkluderer teknologiske og biologiske utfordringer. Løses disse, er det fullt mulig å skalere opp produksjon i Norge. Klimafotavtrykket vil avhenge av CO₂-kilde og energiintensivitet i produksjon og prosessering.



Heterotrofe mikroalger

Bruk av algeolje fra heterotrofe mikroalger rike på omega-3-fettsyrer har de siste årene hatt et stort oppsving i kommersielt laksefôr.²¹ Algeoljen importeres fra USA og Brasil, hvor produksjonen foregår i bioreaktorer med sukker som råstoff. Bruk av avfalls- eller sidestrømmer som råstoff kan bidra til å forbedre bærekraftprofilen. I Norge virker det å være liten interesse for dyrking av heterotrofe mikroalger, og få egnede substratkilder sammenlignet med andre land.



Sopp

Gjærsopp og filamentøse sopper kan omdanne restråstoff fra blant annet trevirke til protein. Dette er råvarer som egner seg godt i laksefôr, og som i tillegg har vist å kunne gi positive helseeffekter hos laks. Proteininnholdet er noe lavt, og må konsentreres for å kunne inngå i laksefôr. Barrierene ligger i å utvikle en mer effektiv prosess for produksjon av sopp-protein fra cellulose, samt tilgang til nok bærekraftig og prisgunstig biomasse som kan benyttes som substrat.



Bakterier

Bakterier er en stor og mangfoldig gruppe organismer med flere lovende arter med potensiale til å inngå som råstoff i fiskefôr. Proteininnholdet er generelt høyt, og produksjonen er meget arealeffektiv. Bakterier kan utnytte ulike karbonkilder som vekstmedium, blant annet metan, etanol eller hydrogen kombinert med CO₂. Bærekraftprofilen vil avhenge av karbonkilden som benyttes i produksjonen. Det er behov for teknologiutvikling for å kunne skalere opp en produksjon i Norge.

Høsting av marine råvarer



Antarktisk krill

Det foregår i dag et etablert fiske etter krill i Sørishavet. Potensialet for en videre oppskalering av dette fisket er begrenset, og norske kommersielle aktører har ikke planer om å utvide fiskeriet til andre områder. Fiskeriet kan derfor i svært begrenset grad bidra med tilførsel av nye råvarer til fiskefôr. Imidlertid er det betydelige muligheter for verdifull teknologi- og kunnskapsoverføring fra det kommersielle krillfisket til fangst av raudåte og mesopelagisk fiske. Den viktigste barrieren i forhold til økt tilgang på nye bærekraftige fôrråvarer vil derfor være utilstrekkelige ressurser for å sikre kunnskaps- og teknologi-overføring til mindre kommersielt modne fiskerier.



Mesopelagisk fisk

Mesopelagisk fisk er i stor grad en uutnyttet marin ressurs som finnes i store mengder på 200–1000 meters dyp i alle verdenshav, og de aktuelle artene vil sannsynligvis egne seg godt i fiskefôr. Forekomstene er spredt over store vannmasser, og mangelfull kunnskap om artenes distribusjon og manglende teknologi for lokalisering, fiske og prosessering gjør det utfordrende og kostbart å fangste nye mesopelagiske arter. I tillegg vil lange transportdistanser og høy lete- og tråleaktivitet gi utslag på klimafotavtrykket. De viktigste barrierene som må overkommes for at mesopelagisk fisk kan bidra til et bærekraftig laksefôr er mangel på kunnskap om økosystemeffekter, behov for utvikling av effektiv fiskeriteknologi, samt mangel på grønne energibærere på fiskefartøylene.



Raudåte

Fiske av raudåte er relativt nytt og under utvikling. Per dags dato fiskes det kun mindre volum i kystnære områder. Hvis fisket skal foregå i stor skala, er det helt nødvendig at fisket foregår utenfor 1000 meters dyp, hvor det er satt en kvote på 254 000 tonn, mens det innenfor 1000 meters dyp begrenser seg til en kvote på 3000 tonn. Et raudåtefiske vil avhenge av fortsatt teknologiutvikling både innen fiskeristyr og verktøy for å lokalisere raudåten.

Biprodukter

Som en av verdens største sjømateksportører, eksporterte Norge 2,23 millioner tonn sjømat i 2021.²² I 2020 resulterte dette i rundt 1 million tonn restråstoff, med en utnyttelsesgrad på 85 %.²³ I dag er det hovedsakelig restråstoff fra fiskerinæringen som brukes i laksefôr, men mulighetsrommet for å utnytte mer restråstoff fra norsk sjømatproduksjon til fiskefôr er stort, både fra havbrukssektoren og fiskerisektoren:



Fiskeri

Fra hvitfisksektoren går det tapt biprodukter både via utkast fra norsk flåte og utenlandske fartøy som lander fisk i Norge, i tillegg til at en del av fangsten eksporteres hel og foredles i utlandet. Til sammen kan dette utgjøre rundt 270 000 tonn restråstoff som kan brukes som råvarer i laksefôr.

Restråstoff fra pelagisk fiskeri som foredles i Norge har en tilsynelatende høy utnyttelsesgrad på 100 %.²³ I statistikken fremkommer det imidlertid ikke at hoveddelen av volumet eksporteres rund og foredles i utlandet. Hadde man f.eks. foredlet makrellen, som i dag eksporteres rund, i Norge, ville det utgjøre rundt 140 000 tonn restråstoff som kunne blitt anvendt til fiskefôr.²⁴ Økt foredling av sild, kolmule og andre pelagiske arter i Norge ville tilgjengeliggjort ytterligere restråstoff.



Havbruk

I dag brukes restråstoff fra rødfisk i liten grad i laksefôr i Norge, og hovedgrunnen virker å være mangel på sosial aksept. Det er ingen regulatoriske hindre for å ta i bruk lakseolje i laksefôr. I tillegg er det mulig å bruke proteinkonsentrat og fiskemel fra rødfisk i laksefôr, hvis det er prosessert slik at animalske bestanddeler ikke kan påvises ved lysmikroskopering.²⁵ Slik prosessering gjøres ikke i dag, grunnet manglende etterspørsel. Det oppstår rundt 800 000 tonn kategori-III biprodukter fra havbruksnæringen, hvorav 300 000 i Norge²³ og 500 000 i utlandet.²⁶ I dag anvendes disse i fôr til kjøleledyr, eller til andre typer akvakulturproduksjon.



Landbruk

Fra kylling og svineproduksjon oppstår det rundt 133 000 tonn biprodukter som i teorien kunne inngått i laksefôr. Det produseres og brukes laksefôr med innblanding av biprodukter fra kylling og svin i Canada, Australia og Chile, men så langt virker det ikke å være stor interesse fra havbruksnæringen for dette i Norge. Det virker primært å handle om manglen-de forbrukeraksept fra matvarekjedene i EU. ●





The background of the entire page is a close-up, high-resolution photograph of several salmon fillets. The fillets are arranged in a diagonal pattern, showing the characteristic pinkish-orange color and the white, marbled texture of the fish meat. The lighting is warm, highlighting the natural oils and the freshness of the fish.

**Ved å gjennomføre
en helhetlig tiltakspakke
for utvikling av nye
fôrråvarer i Norge, er det
mulig å realisere en årlig
produksjon på 672 000
tonn nye fôrråvarer i
2030 og 1 106 000 tonn
nye fôrråvarer i 2040.**

5

Potensial

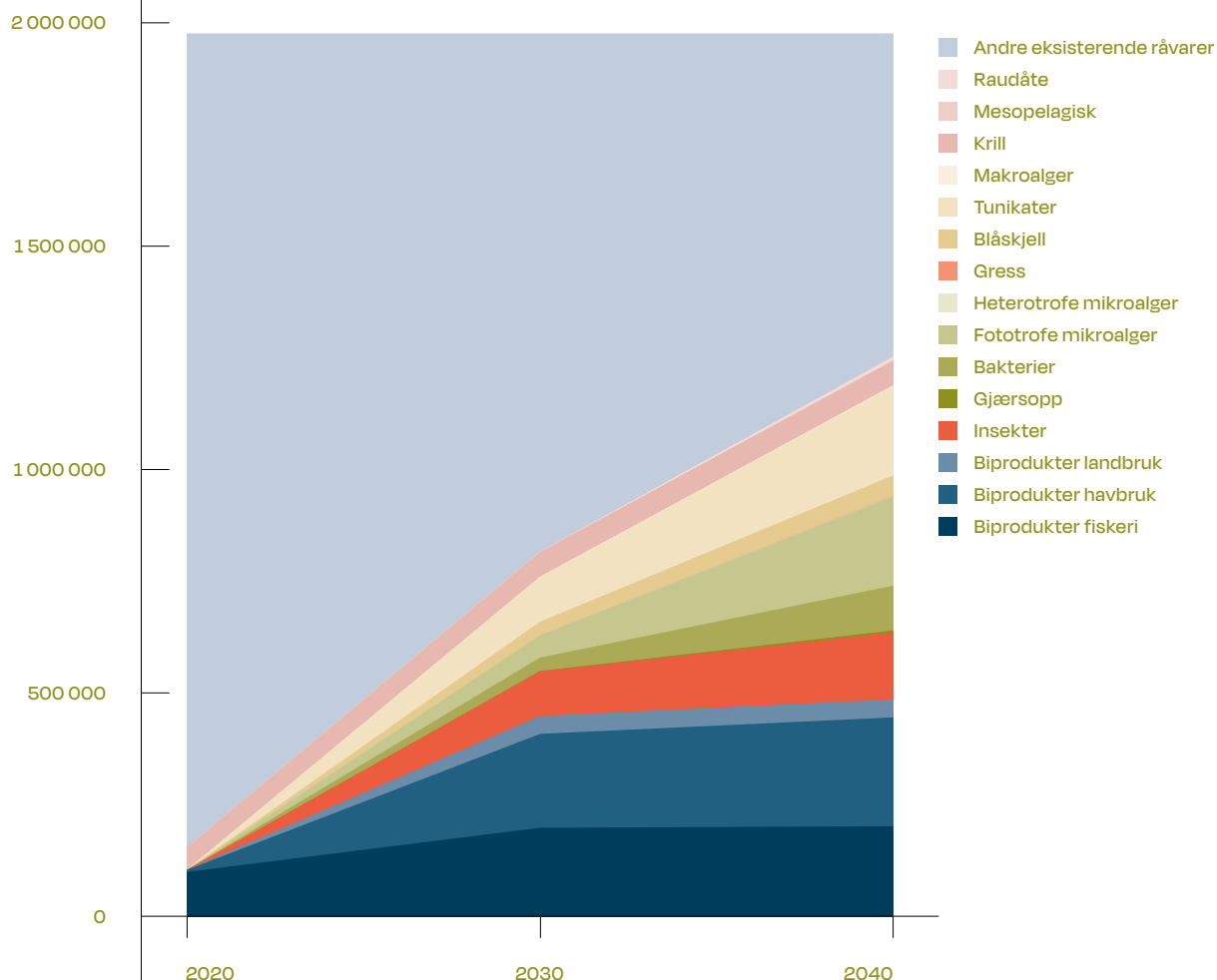
Gjennom analysene som er gjennomført i barrierestudiene for de 15 potensielle nye råvarene til fiskefôr er det avdekket betydelige muligheter for å realisere store volum av norsk-produserte råvarer de neste tiårene. Bakgrunnen for de samlede volumanslagene er en sammenstilling av halvannet år med faglig research og bidrag fra over 100 eksperter på ulike fagområder knyttet til de ulike råvarene, samt dialog med relevante råvareprodusenter.

Ved å gjennomføre en helhetlig tiltakspakke for utvikling av nye fôrråvarer i Norge, er det mulig å realisere en årlig produksjon på 672 000 tonn nye fôrråvarer i 2030 og 1 106 000 tonn nye fôrråvarer i 2040. Dette innebærer en sammensetning av dyrkede fôrråvarer, nye høstede marine råvarer og økt utnyttelse av biprodukter som allerede finnes i dag.

Tiltakene som ligger til forutsetning for å realisere volumene, vil i tillegg føre til positive ringvirkninger innen bærekraft, sysselsetting og teknologiutvikling i tilknyttede industrier. En del av råvareindustriene som det er potensiale for å utvikle gjennom et norsk råvareloft, vil være nye på verdensbasis, og kan gi betydelige ringvirkninger for matproduksjon utover Norges landegrenser.

Potensielle volum nye fôrråvarer

Volum nye fôrråvarer (i tonn) som andel av dagens fôrforbruk



Tabell 1:
Potensiale for
produksjon av
økte volum (i tonn)
nye fôrråvarer i
2030 og 2040.
Disse volumene
kommer i tillegg til
det som allerede
benyttes av krill
og biprodukter fra
fiskeri og havbruk i
dagens produksjon.

Fôringredienser	Volum 2030	Volum 2040
Biprodukter fiskeri	103971	103971
Biprodukter rødfisk	210180	243660
Biprodukter landbruk	39900	39900
Insekter	100000	150000
Gjærsopp	1000	5000
Bakterier	30000	100000
Fototrofe mikroalger	50000	200000
Heterotrofe mikroalger	100	1000
Gress	100	1000
Blåskjell	30000	45000
Tunikater	100000	200000
Makroalger	950	1900
Krill	5000	5000
Mesopelagisk	242	1210
Raudåte	804	8040
Totalt	672247	1105681

Nye marine fettsyrer

En stor andel av råvarene kan også bidra til å tilfredsstille det økende behovet for marine fettsyrer.



Dyrkede råvarer

Både råvarer dyrket på land og i havet kan utvikles til å kunne bidra med substansielle volum de neste tiårene. Samlet er det estimert at de dyrkede råvarene kan bidra med over 300 000 tonn innen 2030 og 700 000 tonn innen 2040. I havet har både blåskjell og tunikater utpekt seg som lovende kandidater med konkurransefortrinn under norske forhold. På land er det spesielt insekter, bakterier og fototrofe mikroalger som ser ut til å kunne bidra til større volum.

Både bakterier og fototrofe mikroalger vil avhenge av fornybare karbonkilder, og en oppskalering av disse henger derfor sammen med overgang fra fossile til biogene (ikke-fossile) innsatskilder i annen industri, som for eksempel smelteverk. Estimert for volum av fototrofe mikroalger viser potensialet for produksjonsvolum tilsvarende at alle norske smelteverk tar i bruk sine avgasser til å produsere mikroalger. Hvilke karbonkilde som inngår i produksjon av bakterier varierer utifra bakterietype. Både metan og CO₂ kan inngå i produksjonen, og en oppskalering som estimert her vil være avhengig av økt tilgjengelighet av ikke-fossile kilder til metan og/eller CO₂.

Tabell 2 viser mulige insektsubstrat fra norske kilder, deres volum og hvor mye de kan tilsvare i fôringredienser fra insekter.

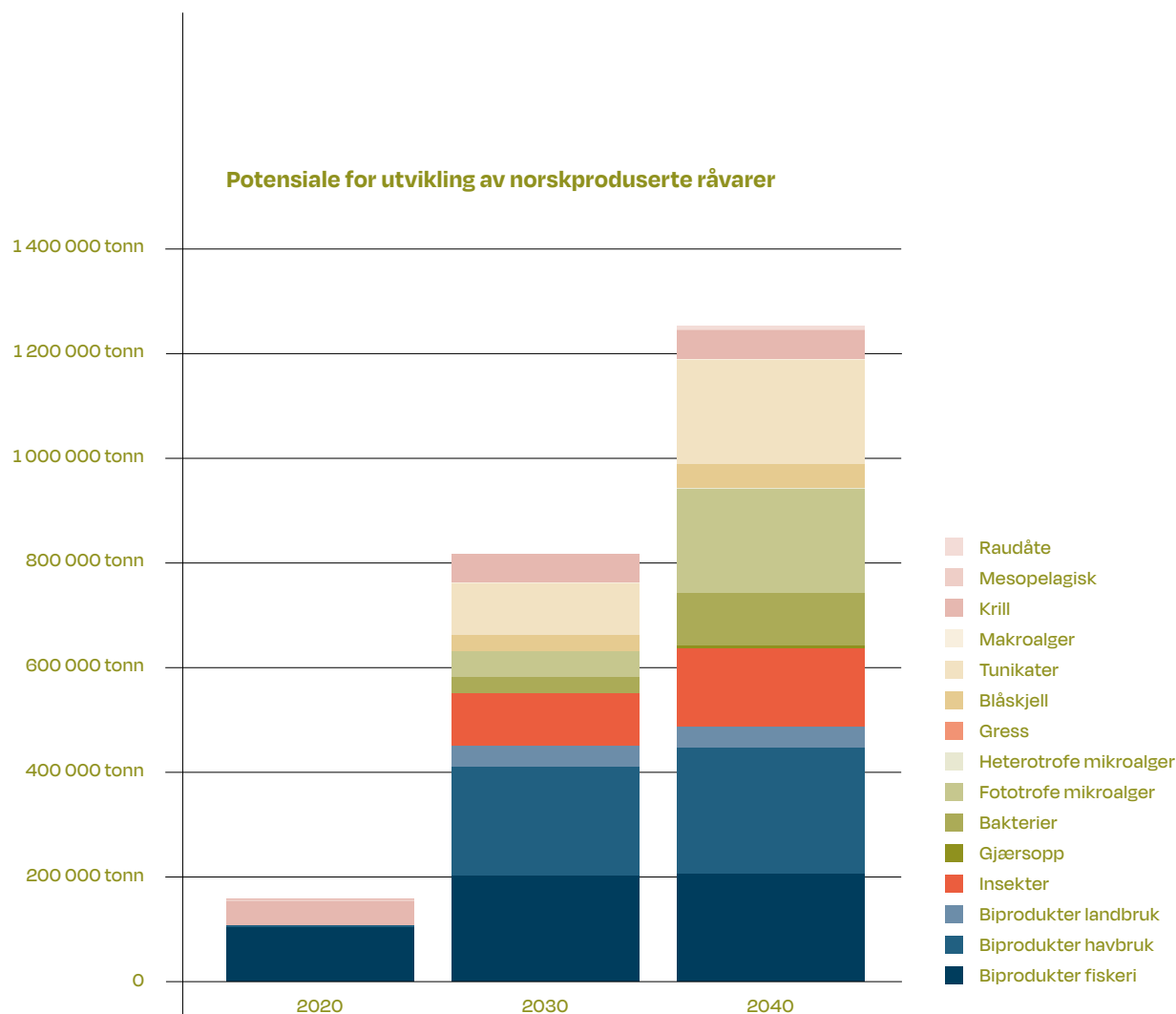
Insektproduksjon vil avhenge av tilgang på tilstrekkelige volum av substratkilder og regulatorisk tilgjengelighet av disse. I beregningen er det lagt til grunn at man innen 2040 kan ta fullt i bruk fiskeslam og ulike typer matavfall og -svinn (se Tabell 1). Substrater som ikke er inkludert, men som kan bli en mulig substratkilde, er husdyrgjødsel fra landbruket og restråstoff fra makroalgeindustri. I beregningene er det forutsatt at man kan ta i bruk både mel og olje fra insekter som fôringredienser.

Mulige insektsubstrat	Tonn råstoff	Tonn fôringredienser
Fiskeslam²⁷	217894*	43600
Våtorganisk matavfall fra næring²⁸	101000	10100
Blandet matavfall fra husholdning²⁸	210000	21000
Svinn grøntsektoren²⁷	415000	41500
Animalsk landbasert som går til lavere utnyttelse enn før i dag²⁷	45200	9040
Kategori-II biprodukter sjømat²³	115200	23040**
Totalt	1104294	148280

* Beregninger av mengder slam av SINTEF Ocean – BioDigSirk, justert av Bellona til å kun inkludere organisk materiale fra oppdrett, og ikke løste næringsstoffer. ** Antatt lik konverteringsrate som for animalsk landbasert.

En forutsetning for en såpass stor oppskalering av blåskjell- og tunikatproduksjon som er lagt til grunn her, er at det blir avsatt nok areal til dyrking av artene langs kysten. For å nå målene for produksjon av blåskjell, trengs det eksempelvis rundt 5 ganger så mye areal innen 2030 og 7,5 ganger så mye innen 2040 enn det som finnes av blåskjelltillatelser i dag. Det finnes enda få kommersielle tillatelser til tunikatdyrking, men i følge industriaktører på området vil være behov for rundt 10 km² dyrkingsareal i 2030 og 20 km² i 2040 for å nå volumene som er estimert i dette veikartet.

I dag eksisterer det allerede en del blåskjelltillatelser. Fiskeridirektoratets akvakulturregister oppgir at det finnes eksisterende tillatelser på 4177 dekar til blåskjell dyrking i tillegg til tillatelser på opptil 2800 tonn. På disse kan det produseres oppmot 40 000 tonn blåskjell hvis man estimerer en produksjon på opptil 85 t skjell per hektar som under danske forhold.²⁹ Beregner man at 100 kg blåskjell i ferskvekt kan omgjøres til 15 kg blåskjellmel som i Taylor & Kjerulf Petersen (2019),³⁰ vil dette kunne tilsvare rundt 6 000 tonn blåskjellmel. For å kunne innfri estimatene på 30 000 tonn blåskjellmel i 2030 og 45 000 i 2040 er det derfor behov for betydelig mer dyrkingsareal.



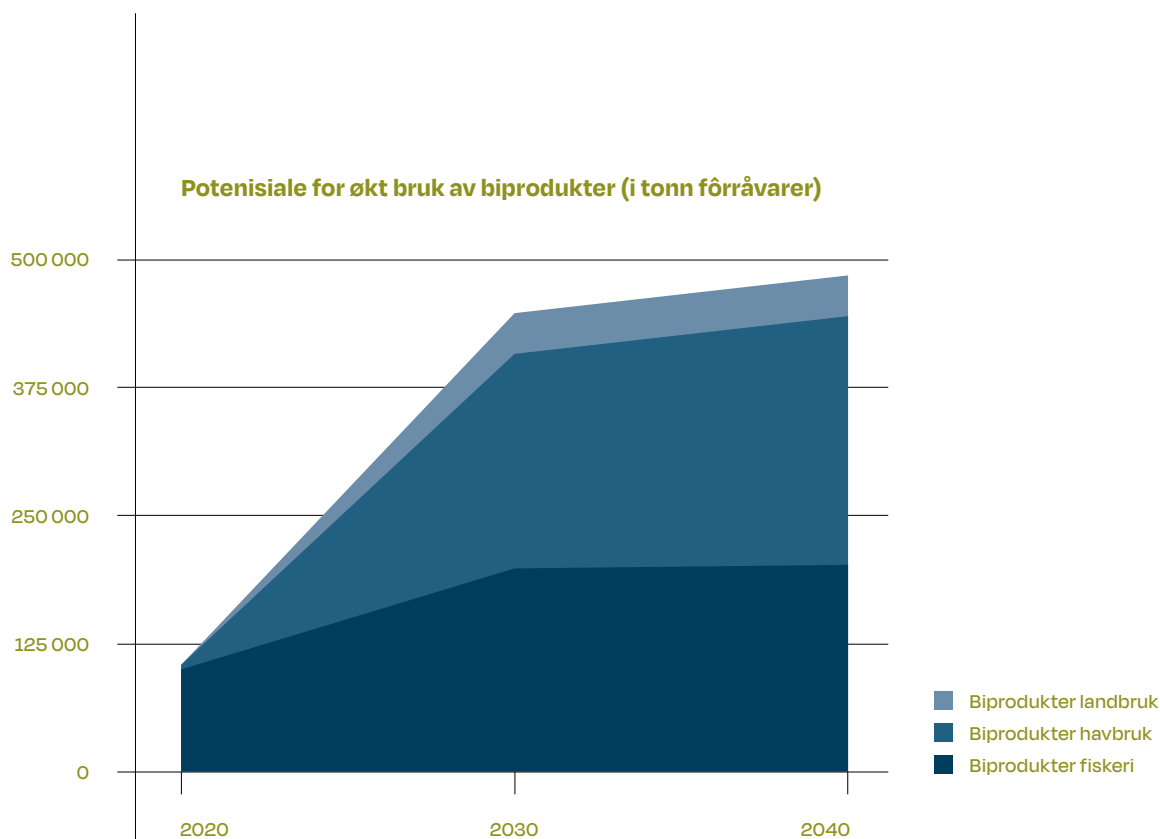
Høsting av nye marine råvarer

De nye fiskeriene av mesopelagisk og raudåte kan ha potensiale på en lengre tidsskala, men det er fortsatt et stort arbeid på kunnskaps- og teknologiutvikling som gjenstår før de store volumene kan realiseres. Derfor er det kun estimert en moderat økning av disse frem mot 2030 og 2040. Krillmel er allerede i bruk i dagens laksefôr, men siden krillfisket ikke kan utvides i nevneverdig grad, er det her lagt opp til kun en mindre økning på 10 % krillmel de neste tiårene.

Økt utnyttelse av biprodukter

Biprodukter fra fiskeri og havbruk brukes allerede i dag, men det er muligheter for øke bruken av disse betydelig. I dagens fôr brukes det rundt 100 000 tonn fiskemel og fiskeolje fremstilt fra biprodukter fra fiskeri, i tillegg til 4 500 tonn olje fremstilt fra biprodukter fra havbruk (rødfisk). Det ligger et stort potensiale i å utnytte biprodukter fra havbruksnæringen utover de 4 500 tonnene med olje som brukes i dag, i tillegg til å øke utnyttelsen av biprodukter fra fiskeri. Totalt kan biprodukter fra norsk sjømatproduksjon øke fra dagens 104 000 tonn til 400 000 tonn fôrråvarer i 2030 og opp mot 450 000 i 2040. Dette forutsetter at 70 % av alt råstoff fra fiskeri og lakseoppdrett foredles i Norge innen 2030 og 90 % innen 2040.

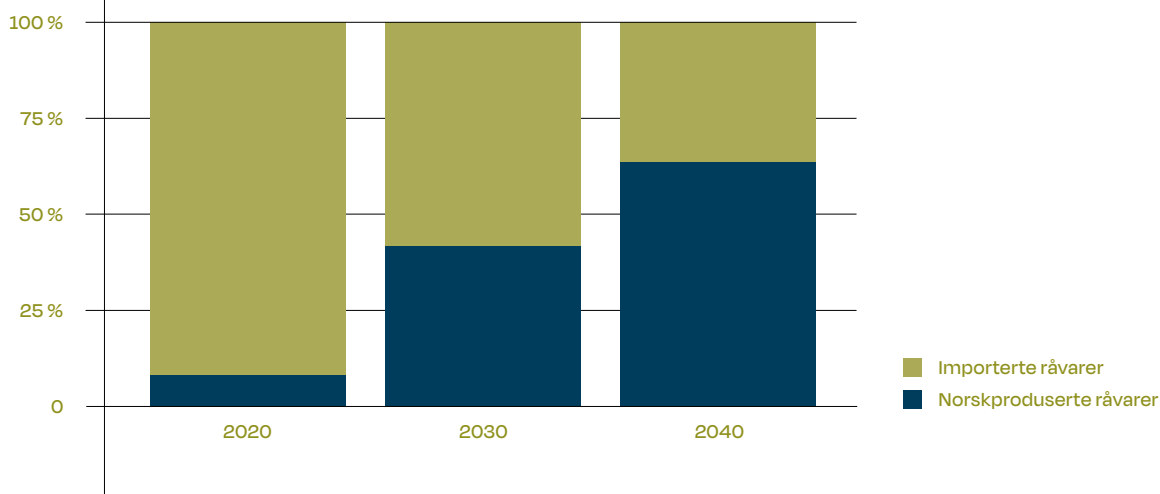
Biprodukter fra landbruket brukes som hovedregel ikke i laksefôr i Europa i dag, selv om det gjøres i blant annet Canada, Australia og Chile. Sammenlignet med sjømatsektoren i Norge, er landbruksproduksjonen relativt liten. Likevel er det også her mulighet for å utnytte biprodukter til laksefôr tilsvarende 40 000 tonn fôrråvarer.



En fordel med å øke bruken av biprodukter, er at man tar i bruk råvarer som allerede oppstår i dagens matsystemer, til bruk i laksefôr. Mye av volumet må hentes fra sjømat som i dag foredles i utlandet, og en forutsetning for å kunne ta det i bruk som fôr er derfor at man foredler mer av sjømaten lokalt i Norge. En betydelig del av biproduktene har allerede bruksområder i dag, og å ta det i bruk i laksefôr vil derfor medføre en omprioritering av anvendelsesområde, enten fra fôr til matproduserende dyr i andre land eller kjæledyrfôr.

Andel norskproduserte råvarer

Ved å gjennomføre en helhetlig satsing på nye fôrråvarer i Norge, kan dagens 8 % andel av norskproduserte råvarer i laksefôret økes til 42 % i 2030 og 64 % i 2040. Det betyr at selv med en stor satsing på å utvikle en råvareindustri i Norge, vil det fortsatt være behov for å importere råvarer de neste tiårene. I disse beregningene er fôrvolumet fra 2020 brukt som referanse. En eventuell endring i fôrvolumet til oppdrettsnæringen fra 2020-nivået frem mot 2030 og 2040 vil nødvendigvis påvirke hvor stor prosentandel som kan bestå av norske råvarer.





Bærekraftspotensiale

Klimafotavtrykk	Forbruk av landareal	Energiforbruk		Forbruk av etterspurte bioressurser	Input fra sirkulær-økonomi	Output til sirkulær-økonomi	
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
?	?		Høyt		?		Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
?			Høyt	?			Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
?			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
?			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				
			Høyt				Ja
			Middels				Nei
			Lavt				

I oversikten over bærekraftspotensiale er det inkludert en rekke kategorier som påvirker råvarenes bærekraftsprofil. Energiforbruk er her trukket frem som en selvstendig kategori fordi det er en rekke andre industrier som skal gjennomgå en grønn omstilling i samme tidsrom. Et høyt energibehov – selv om det er basert på grønn energi – kan hindre omstilling i andre industrier.

En del av råvareproduksjonene avhenger av andre bioressurser i produksjonen som kan være etterspurt av andre industrier. Dette kan ha implikasjoner for tilgang på råstoff, avhengig av hvor stor fremtidig konkurranse som oppstår om disse bioressursene. I tabellen er dette kartlagt sammen med hvorvidt de ulike råvarene bidrar til en sirkulær bioøkonomi, ved å enten ta i bruk eller bidra til sidestrømmer fra/til andre verdikjeder.

For mesopelagisk- og raudåtefiskeri vil det være avgjørende å skaffe ytterligere kunnskap om potensielle økosystemeffekter av storskala fiskeri før man kan gi en fullgod bærekraftvurdering av disse råvarene. Produksjon av heterotrofe mikroalger i Norge er det også knyttet usikkerhet til, da det ser ut til å være lite aktivitet og kommersielle ambisjoner for denne råvaren, og det er uklart hvilke substrat som eventuelt ville egnet seg til slik produksjon i Norge. Dermed er det usikkert hvilke arealforbruk og klimafotavtrykk produksjonen vil ha. Gress som förråvare til laks er det også knyttet usikkerhet til, da det foreligger liten kunnskap om hvordan produksjonen vil kunne foregå i Norge og hvilket energiforbruk og klimafotavtrykk dette kan resultere i.

Vannforbruk er ikke inkludert som egen kategori, fordi alle råvarene virker å ha et relativt lavt forbruk av vann (her er gress et mulig unntak). ●



6

Tiltak og anbefalinger

Barrierestudiene som inngår i denne rapporten, inneholder anbefalinger til mer enn 130 tiltak som må gjennomføres for å adressere de viktigste hindringene for oppskalering av hver av de 15 analyserte råvarene. Basert på en sammenstilling av tiltakene i barrierestudiene presenterer vi nedenfor 21 overordnede tiltak og anbefalinger. I sammenstillingen er flere av tiltakene fra barrierestudiene sett i sammenheng, og det er lagt vekt på tiltak som er gjeldene for flere råvarer.

Råvareløftets tiltak og anbefalinger legger følgende prioriteringer til grunn:

- Tiltak som skal igangsettes i perioden 2022–2030.
- Tiltak som gir store volum av råvarer raskt, sekundært store volum på sikt.
- Tiltak som har effekt for flere råvaregrupper.
- Tiltak som fokuserer på politiske beslutninger, embetsverk og forskning.
- Tiltak som gir små volum av råvarer innen 2040 er nedprioritert.

Alle de analyserte fôrråvarene som teoretisk kan skaleres til store volum, kjennetegnes av en felles utfordring knyttet til høye kostnader forbundet med å skalere produksjonen fra småskala til større og mer lønnsomme volumer. Alle tiltakene i veikartet og i barrierestudiene har som formål å bidra til å skape nødvendige insentiver som kan utløse en oppskalering av nye norske fôrråvarer. Tiltakene er inndelt i fellestiltak som er gyldig for alle, tiltak for dyrking av lavtrofiske marine arter, tiltak for dyrking av insekter, tiltak for dyrking av mikroorganismer, tiltak for nye fiskerier, tiltak for økt utnyttelse av biprodukter og andre tiltak.

Fellestiltak – gyldig for alle råvarer

Mattilsynet fungerer både som tilsynsmyndighet for alt dyrehold, og på samme tid det viktigste rettledende organet på mattrygghet i Norge. For mange av råvarene Råvareløftet har sett på, nevnes manglende avklaringer i forhold til bruk i fôr og veiledninger fra Mattilsynet, som en barriere. Etaten spiller dermed en svært sentral rolle når nye fôrråvarer skal utvikles og tas i bruk. Mattilsynets rolle er også sentral for å løfte problemstillinger om matsikkerhet og bioressurser gjennom Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM), og EFSA (European Food Safety Authority).

En fôrindustri i omstilling trenger et Mattilsyn med kompetanse på sirkulær bruk av bioressurser og nye fôrråvarer, og kapasitet til å drive aktiv veiledning ovenfor produsenter og næringsliv.

Forslag til tiltak

- 1 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.

Skal nye fôrråvarer oppskaleres for bruk i norsk havbruk er det en forutsetning at råvarene bidrar til betydelige bærekraftgevinster og god fiskehelse. Det er derfor avgjørende at det gjøres grundige analyser for å dokumentere bærekraft og klimafotavtrykk til potensielle råvarer. Mange av råvarene mangler dette, og en del av de livsløpsvurderinger som foreligger baserer seg ikke på produksjon i Norge.

Forslag til tiltak

- 2** Det må utarbeides livsløpsvurderinger for nye fôrårvarer produsert i Norge og dokumenteres hvordan nye fôrårvarer påvirker fiskehelse, som en del av samfunnsoppdraget på bærekraftig fôr. Dette for å styrke sikkerheten på hva som er bærekraftige investeringer og satsinger innenfor fôrårvarer. Her bør metodene basere seg på EUs regelverk slik det er beskrevet i Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), noe fôrbransjen har blitt enig om å rette seg etter.

De fleste nye råvarene trenger et ekstra skyv for å få til oppskalering. Dette er spesielt aktuelt for fôrårvarer som har teoretisk stort potensiale, men hvor kostnadene for å ta produksjonen fra småskala til større og mer lønnsomme volumer er høy. For å få fart på industriutviklingen for nye fôrårvarer foreslår vi at Nærings- og fiskeridepartementet utreder hvordan dette kan stimuleres:

Forslag til tiltak

- 3** Det er behov for å utrede insentiver for å stimulere havbruksnæringen til å ta i bruk nye fôrårvarer. To modeller som bør vurderes vil være:
 - A.** Et program med tidsavgrensede konsesjoner for å ta i bruk nye bærekraftige råvarer i storskala som skal muliggjøre oppskalering, inklusjon og aksept av nye, bærekraftige råvarer i norsk havbruk.
 - B.** Bruk av bærekraftige norske fôrårvarer kan inngå som et krav for tildeling av nye tidsavgrensede miljøteknologitillatelser, hvor det å ta i bruk X prosent nye norske fôrårvarer enten kan være et effektkrav, gi innovasjonspoeng eller fungere som et prekvalifiseringsvilkår dersom tillatelser gis gjennom en auksjon.

Plass og prioritet for lavtrofisk havbruk

Arealtilgang nevnes som en barriere for å oppskalere lavtrofisk havbruk både i dagens situasjon, og ikke minst når vi snakker om å oppskalere til et industrielt nivå hvor disse råvarene vil monne som fôrressurs. Dette er en problemstilling som må adresseres på nasjonalt nivå.

Når vi foreslår en nasjonal plan er det viktig at utarbeidelsen av en slik plan og strategi ikke gjør at utvikling i lavtrofisk havbruk stopper opp. Det vil være avgjørende at man legger til rette for oppskalering av produksjon på kort sikt, og på samme tid iverksetter en overordnet prosess som gir de nødvendige rammer for en helhetlig nasjonal satsing for å produsere betydelige volum innen lavtrofisk havbruk.

En utfordring som pekes på av flere aktører, er at regulering av områder til havbruk gjøres på kommunenivå, og det er varierende grad av tilrettelegging for lavtrofisk havbruk. Ofte vil det bli konkurranse med lakseoppdrett om arealene som er avsatt for havbruksaktivitet, og for oppstartsnæringer kan det være vanskelig å konkurrere med veletablerte næringer med større økonomisk fortjeneste. I tillegg krever lavtrofisk havbruk ikke nødvendigvis de samme forholdene hva gjelder f.eks. dybde, strømstyrke og bølgeeksponering, og har dessuten en annen påvirkning på miljøet og visuell fremtoning enn oppdrett av fisk. Det er viktig at kommunene bygger kompetanse på hvilke behov de ulike artene har, og hvordan de best kan passe inn i arealplanleggingen.

Tunikater og blåskjell er lovende lavtrofiske råvarer som er godt egnet til fiskefôr, men trenger videre utviklingsarbeid før det er mulig å få til storskala produksjon. Råvarene har både sammenfallende og forskjellige FoU-behov. En satsing på teknologiutvikling for å kunne prosessere gode fôrårvarer fra disse artene er nødvendig, og kan tilgjengeliggjøre store volum. For blåskjell, er det essensielt å kunne skille innmaten fra skall og byssustråder som ikke egner seg i fiskefôret. For tunikater er hovedutfordringen å redusere vanninnholdet i råstoffet, men det vil også være en fordel å kunne konsentrere innmaten for å oppnå høyest mulig konsentrasjon av fett og protein i fôrårvaren.

Forslag til tiltak

- 4** En to-trinns rakett for lavtrofisk satsing: På kort sikt trengs det tildeling av nødvendig areal til oppstart og oppskalering av lavtrofisk oppdrett. På litt lengre sikt trengs en nasjonal plan for utvikling av lavtrofisk havbruk, hvor kommunenes behov for å støtte i arealplanlegging blir vektlagt. Planer for lavtrofisk havbruk må sees i sammenheng med områder hvor artene kan ha en positiv innvirkning på havmiljøet.
- 5** FoU-satsing på blåskjell og tunikater for å skille ut innmat og redusere vanninnhold.

Insekter

For insektsproduksjon er den viktigste barrieren regulatoriske hindringer for ulike typer organisk avfall som substrat (fôr) til insektene. Råvareløftet har konsentrert sin innsats om muligheter som ligger i Norge. En av de største mulighetene, hvor Norge har et helt spesielt tilfang på en ressurs som i dag ikke brukes i særlig grad, er slam fra havbruksanlegg. Slam er en ressurs på avveie som representerer betydelige volumer. Brukt som substrat for insektproduksjon er potensialet for økt sirkulær ressursutnyttelse innen havbruksnæringen stort.

Flere næringsaktører i Norge jobber for å vise frem mulighetene som ligger i at soldatfluelarver kan føres på fiskeslam. Selv om det finnes gode bedriftseksempler på dette, trengs det solid vitenskapelig dokumentasjon på mattryggheten i en slik verdikjede. Aktørene har nå fått følge av forskere, som ser på dette i forskningsprosjektet Securefeed*.

Matsvinn blir i dag hovedsakelig utnyttet til biogassproduksjon eller forbrenning, og her er det et potensiale til å bedre ressursbruken ved å utnytte biomassen til fôrproduksjon til insekter. Det er mulig at økt fokus på å redusere matsvinn i EU og Norge kan være en pådriver for bedre sortering av matavfall, slik at større deler av det kan gjenbrukes til andre formål enn energiproduksjon.

Forslag til tiltak

- 6** Endre reguleringer for å tillate bruk av fiskeslam og matavfall som substrat til insekter. For å få til dette foreslår Råvareløftet at:
 - A.** Norske myndigheter må aktivt veilede næringen på hva som trengs for å dokumentere at bruk av fiskeslam og matavfall er trygt som substrat.
 - B.** Norske myndigheter må jobbe aktivt for å endre lovgiving i EU for å sikre sirkulær utnyttelse av husholdningsavfall, kategori II-biprodukter, matsvinn og fiskeslam.
- 7** Bionova eller annet egnet myndighetsorgan bør utvikle en incentivordning for selskaper som iverksetter tiltak for bedre utnyttelse av bioressurser som f.eks. oppsamling og utnyttelse av fiskeslam.

Mikroorganismer

I Norge er det flere miljøer som satser på utvikling av mikroorganismer (gjærsopp, bakterier og mikroalger) som fôrråvarer. Skal mikroorganismene som omtales i rapporten bidra som nye fôrressurser med lavt klimaavtrykk, er de i stor grad avhengig av å forbruke fornybart biologisk materiale for å vokse. Tilgang på fornybart biologisk materiale som substrat, er dermed en forutsetning for oppskalering av produksjon av mikroorganismer. Videre peker sentrale aktører på manglende tilgang på bioreaktorer som en hindring for å oppskalere produksjon av mikroorganismer.

* Securefeed: Biosikker bruk av organisk materiale i utslipp fra lakseproduksjon til produksjon av fôrråvarer

Forslag til tiltak

- 8** Helhetlig FoU-satsing for mikroorganismer ved å for eksempel videreføre satsingen gjort i Foods of Norway. Dette bør prioriteres i samfunnsoppdraget på bærekraftig før.
- 9** Satsing under Bionova eller annet egnet myndighetsorgan: program med støtte til oppskalering av bioreaktorproduksjon av gjærsopp, bakterier og mikroalger.
- 10** Bruk av karbon fra fornybare biologiske kilder til produksjon av mikroorganismer gjennom å:
 - A.** Øke og sentralisere produksjon av biogass i Norge for produksjon av metanspisende bakterier.
 - B.** Sørge for innfasing av biokull i prosessindustrien og andre industrier hvor mikroalger og bakterier kan benytte seg av avfalls- CO_2 .

Nye fiskerier

I satsingen på å utvikle nye fiskerier på mesopelagisk fisk er de største barrierene koblet til manglende kunnskap om grunnleggende egenskaper ved arten(e) og deres rolle i økosystemet. En forutsetning for igangsetting av kommersielt fiskeri er at det fremskaffes nødvendig kunnskap, som gjør det mulig å planlegge for bærekraftig fangst av naturressursene.

Forskere peker på at for mesopelagisk fiskeri så er en av de største usikkerhetsmomentene hvilken rolle mesopelagisk fisk spiller i å frakte CO_2 i vannsøylen (se forklaring av dette i barrierestudien om mesopelagisk fisk. Forskning på de mesopelagiske artenes rolle i økosystemet må ligge til grunn både for å vurdere kvoter og fangstområder.

For høsting av raudåte så er det ifølge Fiskeridirektoratet og næringsaktører behov for teknologiutvikling for høsting offshore. I dag foregår høstingen innenfor 1000 meters dyp og her er kvotene svært begrenset. Dersom raudåte skal kunne bidra som en fremtidig ny ressurs til fiskefôr må fiskeriet skje offshore (utenfor 1000 meters dyp) og da må teknologi egnet for et offshore fiske av raudåte utvikles. Det er også et behov for mer kunnskap om hvilke påvirkning et konsentrert raudåtefiske har på lokale økosystem, og om et areal- og tidskonsentrert fiske kan føre til uønskede effekter på bestanden.

En viktig barriere for alle fiskeribaserte ressurser (krill, raudåte og mesopelagisk), er klimafotavtrykket knyttet til fremdrift og prosessering på fiskefartøylene. Lokalisering av mesopelagisk fisk og raudåte er i dag både tidskrevende og en energikrevende del av prosessen.

Forslag til tiltak

- 11** Mer midler til forskning på mesopelagiske arter for å kunne estimere biomasse, og øke kunnskapen om artenes livsløp og fiskeriets påvirkning på økosystemet som kan gi grunnlag for kvotesetting og forvaltningsplan.
- 12** Mer midler til overvåkning og forskning på raudåte for å etablere økt kunnskap om bestander og fiskeriets påvirkning på økosystemet.
- 13** Opprettholde satsing på utvikling av lokaliserings- og fiskeriteknologi for offshore høsting av raudåte og mesopelagiske arter hos Innovasjon Norge.
- 14** Utforme insentiver for innfasing av nullutslipps energibærere på fartøy og utbygging av nødvendig infrastruktur i havn.

Økt utnyttelse av restråstoff fra sjømatnæringen

Å øke bearbeidingsgraden av norsk sjømat i Norge, før den eksporteres ut av landet, er det enkelttiltaket som teoretisk kan ha størst potensiell effekt på tilgjengelig restråstoff fra sjømatnæringen. Konsekvensen av at hovedandelen av norsk sjømat i dag eksporteres uforedlet ut av landet, er at videreforedlingsindustrien i Norge gradvis har blitt bygget ned. Det har på samme tid bygget seg opp store verdikjeder basert på videreforedling av både norsk laks og annen norsk sjømat i EU. Å hente viderefordelingen hjem igjen vil kreve flere ulike tiltak som må virke sammen, men en av de største barrierene for dette er tollsatsene på bearbeidet sjømat i EU.

En annen viktig barriere for å øke videreforedling av sjømat i Norge er arbeidskraft. Både prisen på norsk arbeidskraft og tilgangen på arbeidskraft som er villig til å arbeide i fiskeforedlingsindustrien i distrikts-Norge. Gjennom prosjekter i forskningssatsningen «Pelagisk løft» ble det sett på muligheter for å robotisere pakkeprosessene for å legge hel pelagisk fisk i esker (håndlegging). Det vil være viktig å også utvikle robotiserte fileteringslinjer for pelagisk fisk og laks. Dette er mulig for andre fiskeslag i dag. Gjennom økt FoU-innsats så er det trolig mulig å realisere slike løsninger for laks, makrell, sild og andre fiskeslag også.³²

Forslag til tiltak

- 15** Ny avtale med EU med sikte på redusert toll for bearbeidet sjømat.
- 16** Robotiseringsløft for videreforedling av sjømat bør være et prioritert område i samfunnsoppdraget for bærekraftig før.

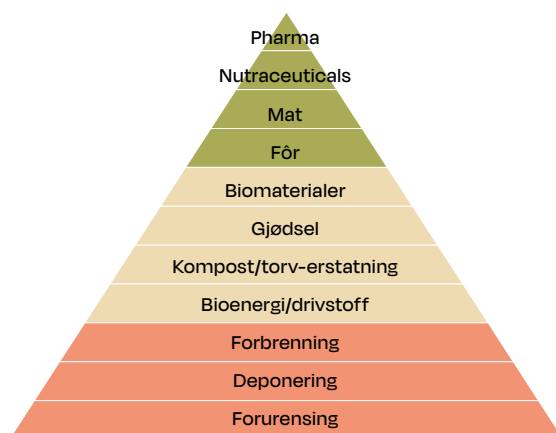
Restråstoff fra fiskeri

SINTEF estimerer at ca. 190 000 tonn restråstoff fra fiskeri går på sjøen (140 000 tonn fra norske båter + 50 000 tonn fra utenlandske båter som lander fangst i Norge²³). Her er det ikke snakk om utvikling av nye råvarer, men bruk av kjente og velbrukte råvarer i norsk førnæring. For å kunne utnytte ressursene, må de i økt grad ilandføres slik at de kan bli tilgjengelige for bruk. I tiden som kommer vil ikke bioressurser kunne kastes på sjøen slik som det gjøres i dag. Her trengs det både en endret forståelse hos myndigheter og embetsverk for at råstoff som går på sjøen «ikke utgjør et miljøproblem»³³ til at dette råstoffet ansees som verdifullt og noe som må tas vare på. Det er behov for en ny ressursforståelse i fiskeriet som gjenspeiles i hele verdikjeden, fra utforming av kvoter, reguleringer og økt fokus på at dette råstoffet blir tatt til land eller prosessert om bord. Et utvalg nedsatt av NFD la våren 2022 frem rapporten: *Grønn verdiskapning og økt bearbeiding i sjømatindustrien*. Utvalget legger frem en liste med tiltak for å få på plass bedre utnyttelse av råstoff, og peker blant annet på at det er behov for å gjennomgå regelverk for utforming av fartøy: «Regler for utforming av fartøy må sikre en fiskeflåte som er best mulig tilpasset et lavest mulig klimaavtrykk, og best mulig ivaretagelse av råstoffet. Det bør for eksempel etableres et bedre egnet kriterium enn lengde for å skille mellom ulike fartøygrupper.»³⁴

Forslag til tiltak

- 17** Regjeringen må sette som et uttalt mål at alt råstoff fra fiskeflåten skal ilandføres innen 2030. Det bør settes ned et utvalg som må se på de mest effektive virkemidlene for å sikre ilandføring av råstoff med tanke på å få på plass en ordning for dette.

18 Både dagens kvotesystem og reguleringer av fiskebåtene på bakgrunn av størrelse er ikke forenlig med at mest mulig av råstoffet skal tas vare på. Det er derfor behov for å gjennomgå både kvotesystem og reguleringer for å sikre at mer av råstoffet tas vare på, økt verdiskapning og en sjømatindustri som også kan ta vare på biprodukter. Det bør utformes et støtteprogram til ombygging av fiskebåter for å sikre plass/ håndtering av restråstoff ombord.



Bruk av bioressurser og verdihierarki

Vi er mange om benet, eller retttere sagt om biproduktene og matavfallet. I fremtiden vil presset på bioressurser bli betydelig større. Som diskutert i kapittel 3, vil det være en sterkt begrenset mengde bærekraftig biomasse tilgjengelig frem mot 2050. Presset på bioressursene vil ha implikasjoner for potensiale for produksjon av førråvarer. For eksempel bør følgende utfordringer adresseres:

- Det er behov for å kartlegge og tilgjengeliggjøre bærekraftig substrat til f.eks. insekter.
- Det er manglende forståelse og standard for bruk av sidestrømmer i bioøkonomi.
- Det kan bli økt etterspørsel etter substrat som kan brukes til andre formål, f.eks. biodrivstoff.

Sommeren 2022 la det statlig oppnevnte utvalget BioDigSirk frem sine anbefalinger for å etablere en markeds plass for bioressurser. Utvalget foreslår også at det etableres et politisk forankret verdihierarki for bioressurser. Dette betyr helt enkelt at myndighetene må legge føringer for bruk av bioressurser som de gjør på andre knapphetsgoder det ikke fins nok av. I en slik prioritering vil da bruk av bioressurser til mat, medisiner og fôr til matproduserende dyr rangeres over bruk til f.eks. energi (som illustrert i pyramiden over).²⁷

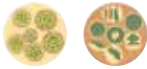
Forslag til tiltak

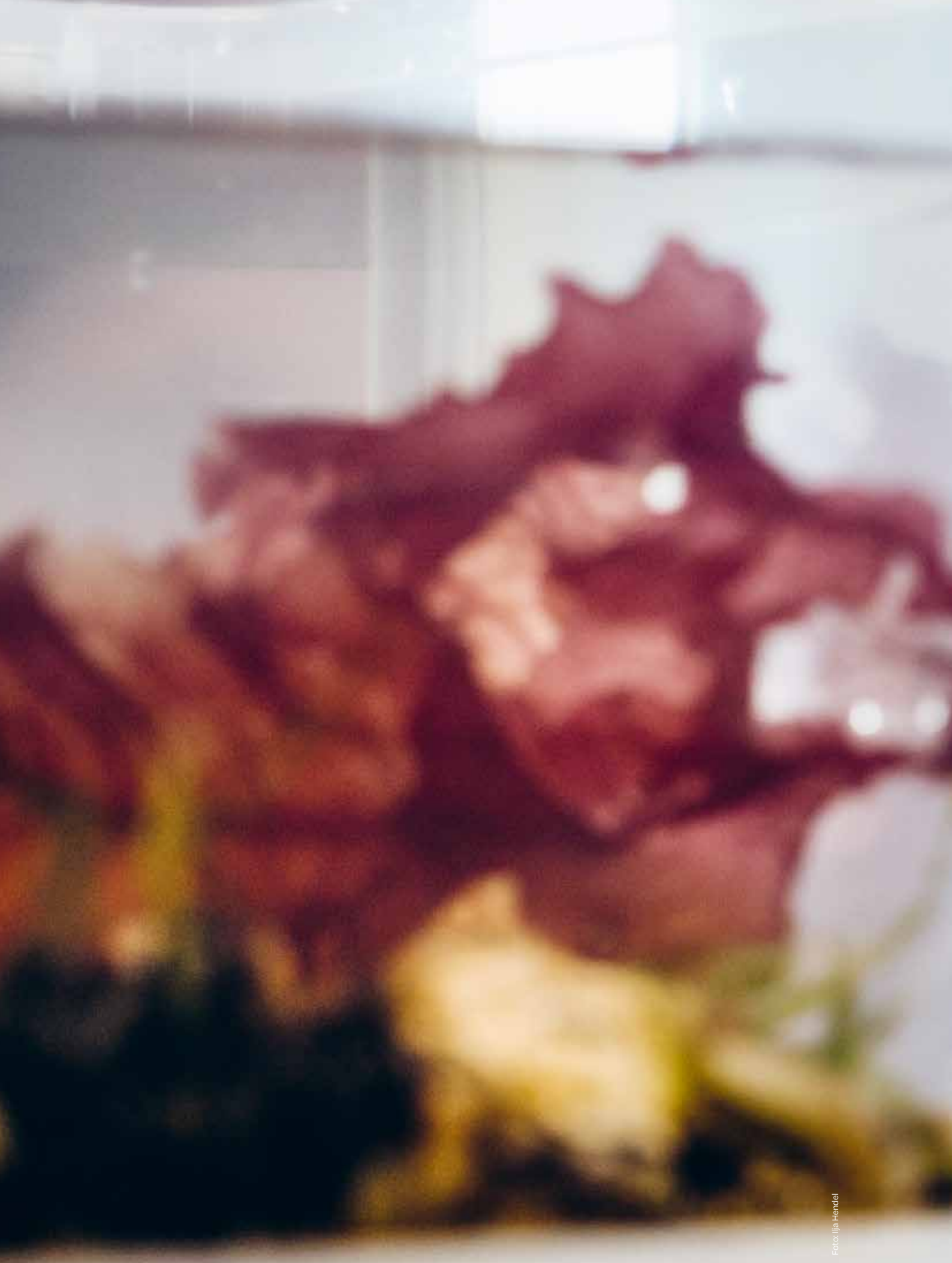
- 19** Etablering av en markeds plass for restråstoff som anbefalt av BioDigSirk, basert på et verdihierarki for bioressurser.
- 20** Innføring av insentiver som prioriterer bruk av animalske (kategori-III) biprodukter til matproduksjon foran kjæledyr og energi.
- 21** Stimulere til økt fokus på sirkulær bruk av ressurser hos matprodusenter og forbrukere for å oppnå sosial aksept for laksebiprodukter og biprodukter fra landbruk.



Tiltakene oppsummert

              	1 Alle myndighetsnivåer må styrkes for å sikre økt bruk av sirkulære bioressurser til nye førråvarer. Det vil være særlig viktig at Mattilsynet gir prioritet til aktiv veiledning av produsenter og næringsliv som arbeider med nye førråvarer 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 forproduksjon. 2 Det må utarbeides livsløpsevurderinger for nye førråvarer produsert i Norge og dokumenteres hvordan nye førråvarer påvirker fiskehelse, som en del av samfunnsoppdraget for bærekraftig før. Dette for å styrke sikkerheten på hva som er bærekraftige investeringer og satsinger innenfor førråvarer. Her bør metodene basere seg på EUs regelverk slik det er beskrevet i Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), noe forbransjen har blitt enig om å rette seg etter. 3 Det er behov for å utrede insentiver for å stimulere havbruksnæringen til å ta i bruk nye førråvarer. To modeller som bør vurderes vil være: A. Et program med tidsavgrensede konsesjoner for å ta i bruk nye bærekraftige råvarer i storskala som skal muliggjøre oppskalering, inklusjon og aksept av nye, bærekraftige råvarer i norsk havbruk. B. Bruk av bærekraftige norske førråvarer kan inngå som et krav for tildeling av nye tidsavgrensede miljøteknologitillatelser, hvor det å ta i bruk X prosent nye norske førråvarer enten kan være et effektkrav, gi innovasjonspoeng eller fungere som et prekvalifiseringsvilkår dersom tillatelser gis gjennom en auksjon.
  	4 En to-trinns rakett for lavtrofisk satsing: På kort sikt trengs det tildeling av nødvendig areal til oppstart og oppskalering av lavtrofisk oppdrett. På litt lengre sikt trengs en nasjonal plan for utvikling av lavtrofisk havbruk, hvor kommunenes behov for å støtte i arealplanlegging blir vektlagt. Planer for lavtrofisk havbruk må sees i sammenheng med områder hvor artene kan ha en positiv innvirkning på havmiljøet.
 	5 FoU-satsing på blåskjell og tunikater for å skille ut innmat og redusere vanninnhold.
	6 Endre reguleringer for å tillate bruk av fiskeslam og matavfall som substrat til insekter. For å få til dette foreslår Råvareløftet: A. Norske myndigheter må aktivt veilede næringen på hva som trengs for å dokumentere at bruk av fiskeslam og matavfall er trygt som substrat. B. Norske myndigheter må jobbe aktivt for å endre lovgiving i EU for å sikre sirkulær utnyttelse av husholdningsavfall, kategori II-biprodukter, matsvinn og fiskeslam.
	7 Bionova eller annet egnet myndighetsorgan bør utvikle en incentivordning for selskaper som iverksetter tiltak for bedre utnyttelse av bioressurser som f.eks. oppsamling og utnyttelse av fiskeslam.
   	8 Helhetlig FoU-satsing for mikroorganismer ved å for eksempel videreføre satsingen gjort i Foods of Norway. Dette bør prioriteres i samfunnsoppdraget på bærekraftig før. 9 Satsing under Bionova eller annet egnet myndighetsorgan: program med støtte til oppskalering av bioreaktorproduksjon av gjærsopp, bakterier og mikroalger.

	10 Bruk av karbon fra fornybare biologiske kilder til produksjon av mikroorganismer gjennom å: A. Øke og sentralisere produksjon av biogass i Norge for produksjon av metanspisende bakterier. B. Sørge for innfasing av biokull i prosessindustrien og andre industrier hvor mikroalger og bakterier kan benytte seg av avfalls-CO₂.
	11 Mer midler til forskning på mesopelagiske arter for å kunne estimere biomasse, og øke kunnskapen om artenes livsløp og fiskeriets påvirkning på økosystemet som kan gi grunnlag for kvotesetting og forvaltningsplan.
	12 Mer midler til overvåkning og forskning på raudåte for å etablere økt kunnskap om bestander og fiskeriets påvirkning på økosystemet.
	13 Opprettholde satsing på utvikling av lokaliserings- og fiskeriteknologi for offshore høsting av raudåte og mesopelagiske arter hos Innovasjon Norge.
 	14 Utforme insentiver for innfasing av nullutslipps energibærere på fartøy og utbygging av nødvendig infrastruktur i havn.
	15 Ny avtale med EU med sikte på redusert toll for bearbeidet sjømat.
	16 Robotiseringsløft for videreforedling av sjømat bør være et prioritert område i samfunnsoppdraget for bærekraftig fôr.
	17 Regjeringen må sette som et uttalt mål at alt råstoff fra fiskeflåten skal ilandføres innen 2030. Det bør settes ned et utvalg som må se på de mest effektive virkemidlene for å sikre ilandføring av råstoff med tanke på å få på plass en ordning for dette.
	18 Både dagens kvotesystem og reguleringer av fiskebåtene på bakgrunn av størrelse er ikke forenlig med at mest mulig av råstoffet skal tas vare på. Det er derfor behov for å gjennomgå både kvotesystem og reguleringene for å sikre at mer av råstoffet tas vare på, økt verdiskapning og en sjømatindustri som også kan ta vare på biprodukter. Det bør utformes et støtteprogram til ombygging av fiskebåter for å sikre plass/ håndtering av restråstoff om bord.
   	19 Etablering av en markeds plass for restråstoff som anbefalt av BioDigSirk, basert på et verdihierarki for bioressurser.
	20 Innføring av insentiver som prioriterer bruk av animalske (kategori-III) biprodukter til matproduksjon foran kjæledyr og energi.
	21 Stimulere til økt fokus på sirkulær bruk av ressurser hos matprodusenter og forbrukere for å oppnå sosial aksept for laksebiprodukter og biprodukter fra landbruk.



SCHOTT
DURAN

3000 ml



in Germany



7

Usikkerhetsfaktorer

Overordnet

For å utarbeide et best-case anslag for potensielle nye volumer av norske råvarer til fiskefôr i 2030 og 2040, har det vært nødvendig å legge til grunn et sett med forutsetninger som presentert i kapittel 4 «Forutsetninger». I det følgende presenteres usikkerheter knyttet til de forutsetningene som er lagt til grunn.

Usikkerhet knyttet til generelle forutsetninger

- 1. Produksjon av råvaren må ikke føre til uakseptable konsekvenser for natur og økosystem.**
For denne forutsetningen er det usikkerhet knyttet til den begrensede tilgjengeligheten av informasjon om disse aspektene for en god del av råvarene.
- 2. Råvaren må bidra til å redusere førets påvirkning på klima og miljø.**
For denne forutsetningen er det usikkerhet knyttet til råvarenes potensielle effekt på klima og miljø. For råvarene hvor det har vært tilgjengelige livsløpsvurderinger, er disse lagt til grunn. Som påpekt tidligere i veikartet foreligger det for de fleste av råvarene imidlertid ikke livsløpsvurderinger for produkter produsert i Norge. Det er dermed usikkerhet knyttet til bærekraftsvurderingen av flere av råvarene i norsk kontekst. Videre kan klima- og miljøfotavtrykket til råvarene variere ut i fra innsatsfaktorer som inngår i produksjon. Eksempler på fallgruver for utvalgte råvarer:
 - Insekter kan bli en bærekraftig ny råvare til fôr og mat. Likevel er det viktig å merke seg at bærekraftsgevinsten avhenger av hvilke substrat insektene vokser på. Eksempelvis vil insekter som utnytter avfall fra matindustri komme desidert bedre ut enn insekter som vokser på f.eks. kyllingfôr eller soya.
 - Enkelte mikrobetyper kan utnytte gasser som metan, CO₂ eller hydrogen som energikilde. Kommer disse fra fossile kilder, vil klimaavtrykket fra råvaren bli tilsvarende høyt.
 - Stor lete- og tråleaktivitet og behovet for å prosessere fangsten ombord kan, avhengig av energibærere, potensielt gi et høyt klimafotavtrykk for blant annet mesopelagisk fisk som råvare.
- 3. Råvaren må egne seg som ingrediens i laksefôr og ivareta god fiskehelse.**
For denne forutsetningen er det usikkerhet knyttet til det at finnes begrenset informasjon tilgjengelig om disse aspektene for en god del av råvarene. Dette gjelder spesielt for råvarer som anses som relativt nye alternativer som fôråvare til fisk, som for eksempel gressprotein.
- 4. Produksjonen må være skalerbar i Norge, bygget på norske bioressurser.**
For denne forutsetningen er det usikkerhet knyttet til om det eksisterer tilstrekkelig politisk vilje til tilrettelegging, og til investeringsvilje hos kommersielle aktører.

Usikkerhet knyttet til forutsetninger for volumberegninger

5. **Det er tatt utgangspunkt i råvarenes nåværende teknologinivå, og satt forventning til at teknologinivå og produksjonsvolum vil øke frem mot 2030 og videre til 2040.**
Her kan det være usikkerhet knyttet til volum grunnet mulige feilvurderinger av teknologinivå. Dette kan for eksempel skyldes at informasjon ikke har vært tilgjengelig, eller at bedrifter ikke ønsker å dele informasjon de anser som konkurransesensitiv.
6. **Det er hensyntatt utviklingstakt, samt ambisjoner for produksjon og vekst blant råvareprodusentene.**
Det er knyttet usikkerhet til denne forutsetningen, da den baserer seg på forventninger til fremtidig innovasjonstakt. Historisk har dette vist seg å være en krevende øvelse. Det fins mange slående eksempler på innovasjonsprosesser som har gått både raskere og saktere enn forventet. I tillegg er det verdt å nevne at for noen av råvarene er det et relativt lite antall aktører som satser. Selv om disse aktørene har høye ambisjoner, gir få aktører større usikkerhet knyttet til hvorvidt råvarenes volumestimer nås. Dette er for eksempel relevant for de dyrkede råvarene fototrofe mikroalger, bakterier og blåskjell.
7. **Gjennomføring av de mer enn 130 tiltakene som presenteres i barrierestudiene - og de 21 tiltakene i veikartet som bygger på disse - er sentralt for at volumene som presenteres for 2030 og 2040 er realiserbare.**
Her er det usikkerhet knyttet til grad av politisk vilje og gjennomføringsevne, og i hvilken hastighet tiltakene kan gjennomføres i embetsverket.

Usikkerhet knyttet til forutsetninger for bærekraft

8. **Bruk av fornybar energi i produksjonsprosesser.**
For denne forutsetningen er det knyttet usikkerhet til tilgang på konkurransedyktig fornybar energi som kan møte behovene i produksjonsprosessene.
9. **Bruk av lav- og nullutslipps energibærere på fiskefartøy innen 2030.**
Det er usikkerhet knyttet til om teknologien er fullt på plass innen 2030 og 2040. Dette vil ha betydning for råvarene som utgjør fiskeriressurser: krill, mesopelagisk fisk, raudåte og biprodukter fra fiskeri.
10. **Bruk av avfalls- og sidestrømmer hvor substrat inngår i råvareproduksjonen.**
Her er det usikkerhet knyttet til om de nødvendige tilpasninger i lovverk blir gjennomført raskt nok for å tilgjengeliggjøre nok substrat til å realisere de estimerte volumene for in-sektproduksjon.
Det er også knyttet usikkerhet til hvorvidt fôr- og matproduksjon vil prioriteres over andre bruksområder for egnede bioressurser. Dette kan bli relevant for eksempelvis produksjon av insekter og gjærsopp.
11. **Ingen bruk av fossile innsatsfaktorer som substrat**
For denne forutsetningen er usikkerheten knyttet til at relevante aktører, for eksempel prosessindustri eller andre industrier der man kan utnytte avgasser til å dyrke mikroalger eller bakterier, gjennomfører en grønn omstilling hurtig nok.
12. **At produksjonen ikke har et uforholdsmessig stort energiforbruk.**
Her er det usikkerhet knyttet til en del av de nye fôr- og råvarene, hvor informasjon om energiforbruk ikke er tilgjengelig i tilstrekkelig grad enda. Dette gjelder for eksempel mesopelagisk fisk og gressprotein.

Ytterligere usikkerheter knyttet til utvikling og volumestimat

Råvarer som også er egnet til humant konsum

En del av råvarene kan i tillegg til fôr brukes direkte som mat. I dag er etterspørselen jevnt sett relativt liten, men hvis etterspørselen for noen av råvarene til humant konsum øker, kan det føre til lavere tilgjengelighet for råvarene som fôrråvare.

Økt foredling av sjømat i Norge

Når det gjelder økt foredling av sjømat i Norge, er det usikkerheter knyttet til den politiske viljen til å forhandle toll for eksport av sjømatprodukter til EU, og å sette krav eller insentiver til ilandføring av alt råstoff fra fiskeri. Eventuelle endringer i rammevilkår for investeringer i bearbeidingsindustrien i Norge vil også kunne påvirke tilgjengelige volumer av biprodukter.

Bruk av biprodukter fra rødfisk

For å kunne realisere det fulle potensialet som finnes i biprodukter fra rødfisk, er det tre større endringer som må finne sted: 1) en større andel av laksen må foredles i Norge, 2) den manglende forbrukeraksepten for å bruke fôringredienser for laks i fôret må endres (dette gjelder også biprodukter fra landbruk), og 3) hvis man i tillegg til lakseoljen skal kunne utnytte lakseproteinet i fôret, må det legges opp til et hydrolyseringsledd i verdikjeden. ●

Ord og uttrykk brukt i rapporten

Akvakultur: Oppdrett og dyrking av alle slags organismer i vann.

Arealbruksendringer: Endringer i bruk av areal. For eksempel at naturområder omgjøres til landbruksområder og reduserer deres evne til å lagre karbon.

Biomasse: Betegnelse på massen av levende organismer (avgrenset av område eller artsnivå), eller mengde biologisk materiale.

Bioraffinering: Teknologi benyttet til foredling av biologiske råvarer.

Bioreaktor: Teknisk innretning for å skape og opprettholde et gunstig miljø for biologisk aktivitet, for eksempel ved produksjon av biogass.

Bioøkonomi: Produksjon av fornybare biologiske ressurser og deres konvertering til for eksempel mat, fôr, kjemikalier, ingredienser, materialer, farmasøytiske produkter og bioenergi.

Biprodukter og restråstoff:

Restråstoff: Definert som det ikke-primære hovedproduktet etter slakt og eventuell videre bearbeiding av dyr. Restråstoff kan, hvis det er behandlet som mat og ikke har for høyt innhold av uønskede stoffer, brukes til humant konsum.³⁵

Animalske biprodukter: Råstoff som ikke kan brukes til humant konsum og som ikke er næringsmiddelavfall, defineres som animalske biprodukter.³⁵ Er råstoff først definert som biprodukter kan det ikke oppgraderes tilbake til humant konsum.

Kategori-III biprodukter: Er etter animaliebiproduktforskriften definert som lavrisiko materiale, som kan brukes i fiskefôr ved riktig bearbeiding.

Kategori-II biprodukter: Er etter animaliebiproduktforskriften definert som materiale som ikke kan brukes i fôr til matproduserende dyr eller kjæledyr i EU, og går ofte til energiproduksjon.

Byssustråd: Sterk tråd som skilles ut hos en rekke muslinger, og som brukes for å feste organismen til underlaget.

Bærekraft: Betegner utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.

Eksporterer rundt: At fisk eksporteres hel, sløyd, men uforedlet.

Encelleprotein: Protein som er fremstilt av encellede organismer (mikroorganismer) som f.eks. gjærsopp, mikroalger eller bakterier.

Energibærere: Noe som kan lagre energi slik at det kan brukes senere, som f.eks. batterier, ammoniakk eller hydrogen.

FAO: FNs organisasjon for ernæring og landbruk.

Fôrfaktor: Hvor mange kilo fôr en organisme trenger for å vokse en kilo.

Fototrofe mikroalger: mikroskopiske alger som bruker CO₂ og lys som energikilde.

Havbruk: Oppdrett og dyrking av organismer som foregår i havet.

Heterotrofe mikroalger: Mikroskopiske alger som bruker oksygen og organisk karbon (som f.eks. sukker) som energikilde.

Hydrolysat: I rapporten omtales proteinhydrolysat fra restråstoff, som er et produkt av en kjemisk eller enzymatisk hydrolyseprosess.

Industrifiske: Fangst av fisk som leveres til produksjon av fiskemel og -olje.

Klimaavtrykk/klimafotavtrykk/klimapåvirkning: Total mengde klimagasser som direkte eller indirekte blir sluppet ut på grunn av menneskelige aktiviteter, vanligvis uttrykt som tonn eller kilo CO₂ ekvivalenter (CO₂e).

Lavtrofiske arter: Arter som befinner seg lavt i næringskjeden, som f.eks. alger, skjell og tunikater.

Livsløpsvurderinger: Strukturert vitenskapelig metode for å beregne miljøbelastningen av produkter og tjenester. Forkortes ofte som LCA.

Makroalger: Samlebetegnelse for flercellede alger som kan sees uten mikroskop. Betegnes ofte som tang og tare.

Marine fettsyrer: Oljer av marint opphav.

Matsystemene: Spekteret av aktører og aktiviteter involvert i produksjon, aggregering, prosessering, distribusjon, forbruk og avhending av matprodukter og restråstoffer som stammer fra jordbruk, skogbruk eller fiskeri. I begrepet ligger også sosioøkonomiske forhold og konsekvenser for klima og miljø.

Mattrygghet: Å sikre kontroll med produksjonen av næringsmidler slik at menneskene ikke blir syke av å spise maten.

Mesopelagiske arter: arter som lever i frie vannmasser på mellom 200–1000 meters dyp.

Pelagisk: Begrep som betegner det som har med åpne vannmasser å gjøre, til forskjell fra kysten eller havbunnen.

Robotisering: Samlebegrep som brukes om automatisering av prosesser. Brukes ofte om teknologiske løsninger som kan utføre det som tradisjonelt har vært fysisk krevende jobber med forutsigbare eller rutinepregede arbeidsoppgaver.

Rødfisk: Fisk med rødlig til rosa kjøtt, f.eks. laks og ørret til forskjell fra hvitfisk.

Sirkularitet/sirkulærøkonomi: Betegner verdikjeder der produktene/materialene på ulike måter brukes lengst mulig og om igjen i et kretsløp. Omstillingen til sirkulær økonomi innebærer endringer i design (design for sirkulær økonomi), produksjon, valg av produksjonsmetoder og forbruksmønstre.

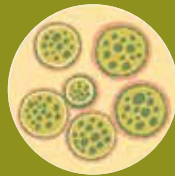
Substrat: Underlag som organismer vokser og lever på eller i. Her brukt i sammenheng med næringskilde til insekter eller mikroorganismer.

Økosystemtjenester: Alle goder og tjenester vi får fra naturen.

Referanser

1. Hunter et al. Recalibrating Targets for Sustainable Intensification. *Bioscience* **67**, 386–391 (2017).
2. United Nations. *World Population Prospects 2019: Highlights*. (2019).
3. EUs Joint Research Centre & DG Research and Innovation. *Foresight Scenarios for the EU bioeconomy in 2050*. (2021).
4. IPCC. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change*. (2018).
5. SAPEA. *Food from the oceans – How can more food and biomass be obtained from the oceans in a way that does not deprive future generations of their benefits?* (2017).
6. Hansen. The Weak Sustainability of the Salmon Feed Transition in Norway – A Bioeconomic Case Study. *Front. Mar. Sci.* **6**, (2019).
7. Aas, T. S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. *Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020*. (2022).
8. Aas, T. S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquac. Reports* **15**, (2019).
9. Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y. & Skjermo, J. Verdiskaping Basert På Produktive Hav i 2050. 1–76 (2012).
10. Arbeiderpartiet. Partiprogram 2021-2025: De store oppgavene løser vi best sammen. (2021).
11. Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S. & Ziegler, F. *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. (2020).
12. UNCCD. *Summary for Decision Makers. Global Land Outlook, second edition*. (2022) doi:10.5822/978-1-61091-484-0_1.
13. FAO. *The Future of Food and Agriculture: Alternative Pathways to 2050*. (2018).
14. Berge, A. Förprisen nærmer seg 15 kroner. *Ilaks* (2022).
15. Njåstad, M. Förprisene skal videre opp gjennom året: – Vi er svært bekymret, sier oppdretter. *Intrafish* (2022).
16. IPCC. *Special Report On Climate Change and Land: Food Security. Food Security. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* <https://burundi-food-securityhealthywealthywise.weebly.com/food-security.html> (2019).
17. Iizumi, T. et al. Crop production losses associated with anthropogenic climate change for 1981–2010 compared with preindustrial levels. *Int. J. Climatol.* **38**, 5405–5417 (2018).
18. NTP-AFP-AP. Tørke truer Europas kornkamre. *Stavanger Aftenblad* (2022).
19. Kristensen, M. Europas elver tørker. *NRK* (2022).
20. Nedrejord, R. & Njåstad, M. Regjeringen vil avslutte planene om å samlokalisere Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet: – Skuffet. *Intrafish.no* <https://www.intrafish.no/politikk/regjeringen-vil-avslutte-planene-om-a-samlokalisere-fiskeridirektoratet-og-havforskningsinstituttet-skuffet/2-1-1328964> (2022).
21. EWOS. Cargill inkluderer algeolje i alle fôr i Norge. *ewos.no* <https://www.ewos.com/no/nyheter/cargill-inkluderer-algeolje-i-alle-for-i-norge> (2022).
22. Norges Sjømatråd. Nøkkeltall 2021. <https://nokkeltall.seafood.no/> (2022).
23. Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R. & Strandheim, G. Analyse marint restråstoff 2020: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring. 1–53 (2021).
24. Westavik, H. & Kjerstad, M. Handlingsplan for "Pelagisk løft – Økt verdiskaping av makrell". *FHF-prosjekt 901104* (2016).
25. Vang, B. et al. *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter*. (2021).
26. PWC. *Sjømatbarometeret*. (2019).
27. BioDigSirk. *Anbefaling om tiltak for å bidra til at Norge blir et foregangsland i utvikling av en grønn, sirkulær økonomi i bionæringene*. (2022).
28. SSB. Matavfall og matsvinn. *Miljøstatus* <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/avfallstyper/matavfall/> (2020).
29. Petersen, J. K. & Taylor, D. *Policy guidelines for implementation of mussel cultivation as a mitigation measure for coastal eutrophication in the Western Baltic Sea*. (2020).
30. Taylor, D. & Kjerulf Petersen, J. Blue mussel farming for improving water quality in the Baltic Sea. *EUCC Coast. Mar. Mag.* **28**, 23 (2019).
31. Miljødirektoratet. Sirkulær økonomi. *Miljødirektoratets nettsider* <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/sirkular-okonomi/> (2022).
32. SINTEF. Fiskeforedling på hjemmebane. *SINTEF.no* <https://www.sintef.no/siste-nytt/2013/fiskeforedling-pa-hjemmebane/> (2013).
33. Nærings- og Fiskeridepartementet. *Regjeringa sin strategi for auka verdiskaping frå marint restråstoff*. (2019).
34. Nærings og fiskeridepartementet. *Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien*. (2022).
35. Vang, B. et al. *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter*. (2021).

Barrierestudier



Delrapport 1

Dyrkede fôrråvarer



Blåskjell

Råvareløftet



Foto: Philipp Deus/Pexels

Oppsummering

Blåskjell har en god ernæringsmessig sammensetning og kan bidra til å få ned klimafotavtrykket ved bruk i fiskefôr i betydelig grad. Produksjonsmessig har den fordeler ved at den ikke krever bruk av landareal, gjødsel, fôr eller ferskvann, men vil konkurrere om tilgjengelig areal i sjø. I tillegg kan blåskjelldyrking bidra til sirkulærøkonomi ved å binde nitrogen og fosfor fra sjøen. Det er rom for å øke produksjonen av blåskjell langs norskekysten, men barrierer som lavt teknologinivå og lønnsomhet må forbedres om blåskjellmel skal kunne bli en konkurransedyktig råvare.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barrierer

Lav grad av automatisering i produksjon og tilgang på dyrkningsareal.

1

Faktagrunnlag

1.1

Om blåskjell

Blåskjell er et velkjent og populært matskjell som lever av å filtrere sjøvann for plankton og bakterier. Det er flere måter å dyrke blåskjell på. I Norge dyrkes det vanligvis i hengekultur, hvor blåskjell vokser på tau som henger vertikalt i vannsøylen. Metoden er basert på naturlig påslag av yngel på tauene.

I Norge selges det i hovedsak hele, levende skjell til humant konsum. Ved bruk av blåskjell i fiskefôr vil det oppstå et biprodukt i form av skall og byssustråder (festetråder) som det bør finnes alternative sidestrømmer for. Skallet består hovedsakelig av ren kalk, og mulige bruksområder er jordforbedring, sement, fôrtilsetning for eggleggende høner og potensielt karbonlagring.¹

I Danmark og andre østersjøland ser de på mulighetene for å bruke blåskjell til å redusere oppblomstringen av alger som følger av for mye nitrogen og fosfor i kystområder som har utfordringer med eutrofiering. Det er blitt demonstrert at blåskjell gjennom sin vekst basert på filtrering av plankton fra vannet bidrar til klarere vann og reduserte konsentrasjoner av klorofyll-a (et mål på mengde phytoplankton).²

Figur 1:
Blåskjell trives godt
tett i tett, og lever
av å filtrere vannet
for phytoplankton.

Foto: Mari Vold Bjordal



1.2

Blåskjell i fiskefôr

Innholdsmessig er blåskjellmel tilsvarende fiskemel, med rundt 65 % proteininnhold av ernæringsmessig kvalitet som ligner fiskemel og rundt 8 % fettsyrer med en sammensetning som er rik på DHA og EPA.^{3,4} Blåskjell kan dermed bidra med både godt egnede marine proteiner og fettsyrer i fôr til laks.

2

Status for produksjon i dag

2.1

Norsk produksjon

I Norge produseres blåskjell i relativt små mengder og det meste går til humant konsum. I 2020 ble det ifølge Fiskeridirektoratets salgsstatistikk produsert 2033 tonn til en verdi av 19 millioner NOK. Det har lenge vært to aktører som har hatt hoveddelen av markedet for humant konsum; **Snadder og Snaskum** og **Norgeskjell**. I mars 2021 ble Snadder og Snaskum, som har holdt på siden 80-tallet, kjøpt opp og fusjonert med Norgeskjell.

Ocean Forest er et FoU-selskap eid av Lerøy Seafood ASA og Bellona. Selskapet er det eneste i Norge som produserer blåskjell for fôr til laks. Produksjonen foregår fremdeles i pilotskala, men det er de siste årene lagt betydelig innsats i produksjon og prosessering av blåskjellene. Ocean Forest ser på muligheten for å produsere blåskjell i Norge, samt å utnytte blåskjell som produseres i forbindelse med miljøforbedringstiltak i Danmark.

Figur 2:
Blåskjellanlegg.

Foto: Norgeskjell AS



Det er blitt gjort noe FoU-arbeid på blåskjell som råvare i laksefôr. Ocean Forest sin produksjon av blåskjellmel har blant annet blitt testet i flere fôrforsøk både i samarbeid med Havforskningsinstituttet og i et større EU prosjekt (Holofood). I 2022 hadde prosjektet [BlueMusselFeed](#) oppstart, hvor formålet er å etablere blåskjell som ny norsk fôrråvare.

2.2

Produksjon i Europa

Europa bidrar til rundt 1/5 av den globale blåskjellproduksjonen, med en produksjon estimert til rundt 480 000 tonn i 2016.⁵ Dette er en 20 % nedgang siden 90-tallet, da produksjonen lå på 600 000 tonn. Nedgangen i produksjon virker å skyldes en kombinasjon av sykdom, varierende påslag av blåskjellyngel og lav lønnsomhet.⁵ De største produsentene er Spania, Frankrike og Italia. Det er hovedsaklig artene blåskjell (*Mytilus edulis*) og den nært beslektede Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) som produseres, og skjellene blir i all hovedsak brukt til humant konsum.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Noe
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Gjennomføre LCA-basert miljøregnskap av norskproduserte blåskjell som fôringrediens.
Nøkkelegenskaper	Lavtrofisk art som ikke krever fôr, landareal, gjødsel eller ferskvann, og produksjon har liten negativ påvirkning på miljø.
Muligheter	▪ Kan øke norsk produksjon av marint protein og fettsyrer betydelig. ▪ Kan bidra til å resirkulere næringsstoffer.
Utfordringer	▪ Lokalisering må ta hensyn til lokale arealutfordringer. ▪ Sikre drift i henhold til miljøkrav og biosikkerhet.

3.1

Blåskjell i havbruk

Blåskjell befinner seg lavt på næringskjeden og beiter på den klart største føderessursen i havet – plankton. Produksjonen behøver dermed ikke tilførsel av gjødsel eller fôr og har et lavt klimafotavtrykk. Dette innebærer et stort potensial, og en mulighet for å øke volum av norsk havbruksproduksjon utover laks.

Ved å dyrke lavt i næringskjeden kan havbruksnæringen også ta i bruk mer av tilgjengelige fôrvarer fra Norges kyst- og havområder. Fôrressurser basert på kultiverte blåskjell vil ikke påvirke høsting fra kritisk begrensede fiskebestander eller forringe biologisk mangfold og økosystemer på land. Hvis havbruk i økende grad utvikler supplerende verdikjeder som blåskjell – som kan supplere fôrressurser fra de villfiskebestander som i dag delvis er overutnyttet og erstatte råvarer fra landbruket – vil dette kunne redusere avhengigheten av fôrvarer med høyere klimafotavtrykk.

3.2

Klimafotavtrykk

En livsløpsvurdering fra skotsk blåskjellproduksjon ga et klimafotavtrykk på 252 kg CO₂e per tonn blåskjell.⁶ Forbruk av elektrisitet og drivstoff ved dyrkingsoperasjoner stod for størsteparten av utslippene. Funnene gjelder imidlertid blåskjellproduksjon til humant konsum og begrenset seg til vugge-til-port. Det vil si ved levering av biomasse til mottak på land – noe som antyder at fotavtrykket til prosessering, transport, anvendelser som for eksempel fôr og end-of-life skjebne vil kunne endre på bildet.

Nyere LCA viser at kultivering av blåskjell bidrar til å motvirke eutrofiering og effekter fra klimaendringer.⁷ Blåskjell diskuteres hyppig i forhold til mulig karbonlagring, og nye studier fra Skagerrak viser et karbonopptak i blåskjell på 106–165 kg CO₂e per tonn våtvekt.⁷ En del av dette karbonet ligger i kjøttet og vil inngå matproduksjon, men karbonet i skallet kan lagres over lengre tid hvis det f.eks. anvendes til biokull, byggemasse eller sement. Mens forskning på dette feltet fortsatt pågår, har Filgueira et al. (2019) estimert at et norskdyrket blåskjell i gjennomsnitt binder netto 0.45 g CO₂ i skallet, og at det fra blåskjellproduksjon globalt bindes 630 000 tonn CO₂e i skjell årlig.⁷ Om karbonet blir lagret eller ikke avhenger av bruksområde. Produksjon av blåskjellmel til fôr vil gi en økt sidestrøm av skjell enn ved produksjon av blåskjell til humant konsum. Anvendelser som resulterer i langtidslagring av skjellene kan være med å redusere klimafotavtrykket til blåskjellmel ytterligere.

3.3

Blåskjell og gjenvinning av næringsstoffer

Blåskjellproduksjon kan også bidra med såkalte økosystemtjenester ved å redusere eutrofiering og binde nitrogen og fosfor. Både i alenestående anlegg eller tilkoblet integrert havbruk (IMTA) kan blåskjell nyttiggjøre seg av plankton som utnytter eventuell overskuddsnæring som stammer fra oppdrettsanlegg. Blåskjellanlegg vil også kunne tiltrekke seg marint liv og fungere som midlertidig habitat for andre arter.

Blåskjelldyrking kan brukes som et bioremedieringstiltak hvor man utvikler et kvotesystem for utslipp og opptak av næringsstoffer til sjø. Det kan tenkes at næringsaktører som har utslipp av næringsstoffer til sjø omfattes av en slik ordning, noe som ville ha gitt et sterkt insentiv til å øke produksjonen av blåskjell og andre lavtrofiske arter som kan benytte seg av overskudd av næringsstoffer.

En viktig utfordring er å tilpasse plassering av blåskjellanlegg til lokaliteter med egnede forhold slik at en kan utnytte overskudd av næringsstoffer, som igjen kan forebygge eutrofiering. Samtidig som blåskjell filtrerer og binder partikler i vannet, vil det også produseres organiske materiale i form av ekskreter og døde skjell som, avhengig av strømforhold på lokalitet, vil kunne påvirke havbunnen i direkte nærhet til anlegget. Det er grunn til å tro at denne potensielle negative effekten av blåskjellopddrett er lokal og liten i forhold til hvilken positive effekt blåskjellenes filtrering kan ha på økosystemet.

3.4

Blåskjell som ingrediens i laksefôr

I laksefôr kan blåskjell bidra med både marine proteiner og fettsyrer, noe som bør gjen-speiles i hvilke eksisterende fôrvarer man sammenligner blåskjellmel opp mot. Det bør tas hensyn til faktorer som råvarenes miljø- og klimaavtrykk, samt en økende etterspørsel etter marine råstoff i fôrfremover.

Selv om det finnes LCA for blåskjellproduksjon i sjø, finnes det enda ingen LCA for produksjon av blåskjellmel til fôr. Det er behov for en sammenligning av livsløp som inkluderer produksjon av blåskjellmel som fôringrediens eller inkluderer effekten av blåskjellprodukt i livsløpet for laks.

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Blåskjell kan potensielt inngå i IMTA, hvor de kan utnytte rester av fiskefôr fra fiskeoppdrett, samt planktonvekst fra utslipp av løste næringssalter. Det er uklart hva Mattilsynet vurderer ift. blåskjell produsert i multitrofisk akvakultur i sjø, på grunn av risiko for smittespredning.	→ Mattilsynet bør gi en tydelig avklaring på bruk av blåskjell fra IMTA i før.
B Det er kommunene som setter av areal til havbruk i kystsoneplanen. Her differensieres det som regel ikke mellom ulike typer havbruk, noe som tilsier at søknader om blåskjellkonsesjoner kan komme i konkurranse med f.eks. laksekonsesjoner.	→ Utarbeide en nasjonal strategi og et veikart for økt lavtrofisk produksjon. Det trengs en satsing på lavtrofisk havbruk, hvor lavtrofisk havbruk sees på som en egen selvstendig havbruksform som ikke må «konkurrere» om plassen med oppdrett av andre arter som har etablerte verdikjeder.

4.2

Kunnskap/ FoU/ teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Dagens produksjonsmetoder for blåskjell er relativt lavteknologiske løsninger hvor graden av suksess avhenger av en del naturlige faktorer som godt påslag av blåskjellyngel, god mattilgang og fravær av predasjon og sykdom.	→ Det er behov for økt kunnskap om produksjonsbiologi for blåskjell for å minimere risikofaktorer i produksjon.
B For å utvinne rent blåskjellmel må blåskjellets innmat skilles fra skall og byssustråder. Det har vært en utfordring å effektivt kunne skille de ulike komponentene i blåskjellet (skjell, innmat og byssustråder) fra hverandre.	→ Ocean Forest AS har over flere år jobbet med separasjonsteknologien som skiller de ulike delene av blåskjellet fra hverandre på en rask og kosteffektiv måte. Den er stadig under utvikling, og slik teknologi vil være en døråpner til å prosessere større mengder blåskjell til fiskefôr.
C Dagens produksjon av blåskjell baserer seg på at vill blåskjellyngel fester seg på tauet (påslag). Dette er en faktor som ikke kan kontrolleres av dyrker.	→ Avl av blåskjellyngel kan redusere risiko for manglende naturlig påslag av yngel, og avlsarbeid kan føre til blant annet økt vekst og mulig motstandsdyktighet mot sykdom. En forutsetning bør være at man avler frem sterile skjell som ikke kan spre fremavlet genetisk materiale til ville populasjoner.

4.3

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Produksjonen er preget av et lavt teknologinivå som gjenspeiles i høye produksjonskostnader.	→ Satsning på teknologiutvikling og innovasjon for blåskjellproduksjon til før.
B Ved dagens produksjon, betaler blåskjell-dyrkere opp til 1 kr/kg for å kvitte seg med biprodukter fra blåskjellproduksjon. ¹	→ Finner man bruksområder for biproduktene kan dette bidra til å gjøre produksjonen mer lønnsom.

4.4

Miljøhensyn/bærekraft

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Hvis man i fremtiden ønsker å se på muligheter for å drive avl på blåskjell vil det medføre risiko forbundet med genetisk påvirkning på ville populasjoner.	→ Utvikling av sterile blåskjell kan hindre potensiell uønsket genetisk spredning fra blåskjellopddrett.
B Blåskjellanlegg opptar areal i sjø, og kan for noen anses som forstyrrende i naturbildet. Økt produksjon av blåskjell vil også føre til flere synlige anlegg langs kysten, og dermed også økte arealkonflikter og motstand fra lokalbefolkning.	→ Å sikre sosial aksept gjennom god kommunikasjon med lokale interessenter og myndigheter før installasjon av anlegg kan redusere arealkonflikter.
C Mangel av prising av miljøforbedrende tjenester fra blåskjelldyrking.	→ Prising av utnyttelse av økosystemtjenester som å redusere eutrofiering, kan bidra til å øke lønnsomheten. En løsning kan være en statlig støtteordning for blåskjelldyrking i kystvannområder med høye nivåer av eutrofiering som måles til «moderat» vannkvalitet eller verre i EUs vanddirektiv.
D Blåskjell har antakeligvis et lavt klimafot-avtrykk som føringrediens, men manglende livsløpsanalyse for norsk produksjon av blåskjellmel gjør det vanskelig å demonstrere dette.	→ Fremskaffe god miljødokumentasjon (LCA) på norsk produksjon av blåskjellmel.

4.5

Andre aktuelle barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Blåskjell filtrerer alger, og dette kan føre til konsentrasjon av toksiner i skjellene. Det er enda uvisst hvorvidt det vil påvirke fisken hvis toksinene inngår i føret, da spesielt PSP-toksiner som kan føre til lammende muslingforgiftning.	→ Det må dokumenteres om algetoksiner fra blåskjell som inngår i fiskefôr kan påvirke laks. Havforskningsinstituttet arbeider med å kartlegge fremmedstoff og næringsstoff i blåskjellmel, hvor de også ser på effekten av algetoksiner fra skjell i fôr til laks.
B Sykdom og parasitter som fører til dødelighet eller redusert vekst har vist seg å være en utfordring for blåskjelldyrkere sør i Europa. ⁸	→ Det er behov for økt kunnskap om blåskjellsykdommer og hvordan man kan motvirke etablering og spredning av disse i blåskjellkulturer.

5

Drive

5.1 Økt behov for marine proteiner og fettsyrer

Behovet for marine proteiner og fettsyrer vil fortsette å øke. Blåskjellet har en ernæringsmessig god sammensetning og kan bidra til å dekke behovet, uten å legge press på fiskeribestander. Det er også potensiale for å utnytte skjellene til jordforbedring, som tilsetning i fôr eller karbonlagring.

5.2 Gode forutsetninger for økt produksjon

Norskekysten har gode naturgitte forutsetninger for dyrking av blåskjell, og ifølge Havforskningsinstituttet er det gode muligheter for å øke produksjonen.⁴ Produksjon kan regnes som bærekraftig fordi det ikke er behov for fôr, samt at det krever minimalt med landareal og ferskvann.

Blåskjell som produseres til fiskefôr trenger ikke å være av samme kvalitet og størrelse som til humant konsum. Dette betyr for eksempel at blåskjellene kan ha en kortere produksjonssyklus enn ved produksjon til humant konsum, som tar 2-3 år. Dette kan minske risiko for tap av blåskjell fra sykdom eller predatorer og gi mulighet for økt og mer jevn produksjon.

5.3 Økosystemtjenester

Blåskjelldyrking bidrar til bruk av økosystemtjenester ved å motvirke eutrofiering. Dette kan være spesielt aktuelt i områder som er plaget av eutrofiering, eller i kombinasjon med fiskeoppdrett i såkalte IMTA-løsninger. Etablering av ordninger for betalte miljøforbedringstiltak kan bidra til å gjøre blåskjellproduksjon mer lønnsom.

Blå Biomasse AS i Danmark har beregnet at de ved å produsere 7000 tonn blåskjell kan binde 100 tonn nitrogen og 8 tonn fosfor årlig. Skjell som skal brukes i fôr kan høstes før størrelsen gjør dem egnet for humant konsum. Ocean Forest benytter seg av såkalte industriskjell i sin produksjon.

Referanser

1. Olafsen, T. Biprodukter fra blåskjell. *KPMG* (2003).
2. Petersen, J. K. & Taylor, D. *Policy guidelines for implementation of mussel cultivation as a mitigation measure for coastal eutrophication in the Western Baltic Sea.* (2020).
3. Almås, K. A. *et al.* Bærekraftig for til norsk laks. (2020).
4. Hamre, K. *et al.* Lavtrofisk havbruk – kilde til nye føringredienser? *kyst.no* <https://www.kyst.no/article/kronikk-lavtrofisk-havbruk-kilde-til-nye-fringredienser/> (2020).
5. Avdelas, L. *et al.* The decline of mussel aquaculture in the European Union: causes, economic impacts and opportunities. *Rev. Aquac.* **13**, 91–118 (2021).
6. Meyhoff, J. *Carbon Footprint Of Scottish Suspended Mussels And Intertidal Carbon Footprint Of Scottish Suspended Mussels And Intertidal Oysters A REPORT COMMISSIONED BY SARF AND PREPARED BY ENVIRONMENTAL.* (2011).
7. Thomas, J. B. E. *et al.* Marine biomass for a circular blue-green bioeconomy?: A life cycle perspective on closing nitrogen and phosphorus land-marine loops. *J. Ind. Ecol.* 1–18 (2021) doi:10.1111/jiec.13177.
8. Filgueira, R., Strand, Ø. & Strohmeier, T. Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation. in *Goods and Services of Marine Bivalves* 231–250 (2019). doi:10.1007/978-3-319-96776-9.

Nettsider

<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/blaskjell>

<https://www.hi.no/hi/temasider/hav-og-kyst/nye-marine-ressurser-til-mat-og-for/blaskjell>

<https://www.norgeskjell.no/content/37/Miljøvennlig-oppdrett>

<https://www.kyst.no/article/kronikk-lavtrofisk-havbruk-kilde-til-nye-fringredienser/>



Tunikater

Råvareløftet



Foto: Magnus Petersen, Pronofa

Oppsummering

Tarmsjøpung (ofte omtalt som tunikater) er en ny lavtrofisk oppdrettsart som kan bidra med å øke bærekraftsprofilen til laksefôr. Den har en god næringssammensetning av marine proteiner og fettsyrer. Dyrking av tunikater kan i tillegg bidra med økosystem-tjenester som binding av nitrogen og fosfor. I likhet med blåskjell er potensialet for å skalere opp produksjon av tunikater stort langs norskekysten, men barrierer som mangel på kunnskap og teknologiutvikling må overkommes før tunikatmel i fiskefôr kan bli en realitet.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Automatisering av prosessene for dyrking, høsting og prosessering.

1

Fakta grunnlag

1.1

Om arten

Tunikater er fastsittende dyr som ofte finnes festet på tau og under brygger. De filtrerer omliggende vannmasser for planteplankton, mikroorganismer og andre organiske partikler og binder næringsstoffer og karbon i biomassen. De er såkalte lavtrofiske arter som befinner seg lavere på næringskjeden enn f.eks. laks.

Tunikater er vidt utbredt og er ofte et irritasjonsmoment for marine næringer når de etablerer seg på tau og utstyr i sjø. Dyrking av tunikater er ikke utbredt, men den rasktvoksende tarmsjøpungen (*Ciona intestinalis*) ser ut til å være en anvendelig art som er lett å dyrke frem i sjø. De siste årene har flere norske aktører startet med dyrking av tarmsjøpung til ulike formål.

I varmere havområder kan tarmsjøpungen ha en kontinuerlig reproduksjon gjennom året. Under norske forhold er veksten derimot avgrenset av temperatur. Her har den en årlig syklus, hvor vekst og reproduksjon hovedsakelig skjer i de varmeste periodene, før det om vinteren oppstår massedødelighet¹. Derfor vil produksjon av tunikater sannsynligvis være en sesongbetont affære.

1.2

Næringsinnhold

Tunikater består av to hoveddeler: innmat og en kappe/tunika (derav navnet tunikat) som er rik på cellulose. Tunikatmel fremstilt fra innmaten har en god sammensetning av protein og fettsyrer med kvalitet som er tilsvarende fiskemel- og olje. I litteraturen er det sprikende tall på næringsinnhold i tunikatmel, men det ser ut til å inneholde mellom 6–23.4 % lipider^{2,3} og 50–61.7 % protein.^{2,4}

Cellulosen kan utvinnes og har mange potensielle bruksområder innen biomedisin, elektronikk, kompositter, coating og mer. For å kunne utvinne ulike cellulose- og fôrprodukter fra tunikater er man avhengig av å effektivt kunne skille tunikaen fra innmaten (Figur 1).

Figur 1:
Innmat (blå) og
tunika/kappe (rødt).
Foto: Christopher Troedsson



2

Status for produksjon i dag

2.1

Norske produsenter

TuniChor/Ocean Bergen AS i Bergen dyrker frem tunikater som prosesseres og omsettes gjennom **Ocean TuniCell AS** som utvinner ren nanocellulose fra tarmsjøpungens kappe. Nanocellulosen selges til ulike medisinske formål.

Ocean GeoLoop i Trøndelag utvikler et multi-funksjonelt havbasert tekno-biologisk system som muliggjør høsting av lavtrofisk biomasse fra havet, samt økosystemtjenester som havrensing og oksygenering av ikke naturlig oksygenfattige sjøområder. Løsningen baserer seg på å høste lavtrofiske arter, som mikroalger, inn i en fysisk kolonnestruktur i sjø, hvor også tunikater kan etablere seg og filtrere eutrofiert sjøvann.

Pronofa i Fredrikstad har nylig kunngjort ambisjoner om å produsere 50 000 tonn tunikatmel til kommersielt dyrefôr årlig fra 2025.⁵ Selskapet har startet produksjon og jobber kontinuerlig med å øke den.

2.2

Produksjon i Europa

Marine Taste i Sverige dyrker tunikater for å binde nitrogen og fosfor fra sjøvann ved at tunikatene spiser plankton som vokser på disse næringsstoffene. Tunikatene blir blant annet brukt til å lage «umamifond» til humant konsum. Selskapet har også undersøkt tunikatmelets egnethet i fiskefôr i samarbeid med Nofima.⁶

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Noe
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Gjennomføre LCA basert miljøregnskap av norskproduserte tunikater som fôringrediens til laks.
Nøkkelegenskaper	Lavtrofisk art som ikke krever fôr, landareal, gjødsel eller ferskvann, og produksjon har liten negativ påvirkning på miljø.
Muligheter	▪ Kan øke norsk produksjon av marint protein og fettsyrer betydelig. ▪ Kan bidra til sirkularitet ved å gjenbruke næringsstoffer i sjø fra menneskeskapte kilder om til fôr og andre produkter.
Utfordringer	▪ Lokalisering av dyrkingsanlegg må ta hensyn til lokale arealutfordringer. ▪ Høyt vanninnhold kan resultere i energikrevende prosessering.

3.1

Tunikater i havbruk

Tunikater befinner seg lavt i næringskjeden og beiter på den klart største føderessursen i havet – planteplankton. Dette innebærer blant annet at det ikke oppstår miljø- og klimafotavtrykk fra fôr under produksjon. Her er et stort potensial for biomasseproduksjon, og en mulighet for å diversifisere havbruk på linje med landbruk. Internasjonale og nasjonale eksperter etterlyser en økt andel av lavtrofisk havbruk, som anses som et nøkkeltiltak for hvordan man på en bærekraftig måte vil kunne høste mer mat og biomasse fra havet.

Ved å dyrke lavt i næringskjeden kan havbruksnæringen også produsere mer av sine egne fôrråvarer. Fôrressurser basert på kultiverte tunikater vil ikke være en pådriver av høsting fra kritisk begrensede fiskebestander - eller forringe biologisk mangfold og økosystemer på land. Hvis havbruksnæringen i økende grad utvikler supplerende verdikjeder som tunikater vil dette kunne redusere avhengigheten av andre fôrråvarer som potensielt har høyere klima- og miljøavtrykk.

3.2

Økologisk potensial og risiko

Tunikatproduksjon kan også bidra med såkalte økosystemtjenester eller som ledd i restaureringstiltak ved å binde nitrogen og fosfor som ved høye konsentrasjoner kan forårsake eutrofiering. Både i frittstående anlegg eller i et integrert havbruksanlegg med andre oppdrettsarter (IMTA) kan tunikater nyttiggjøre seg (overskudds)næringsstoff (i for eksempel plankton og mikroorganismer) i sjøen.

En viktig utfordring er å tilpasse dyrkingsanlegg til lokale forhold, for å optimalt utnytte næringsstoffer og for å forebygge negative miljøeffekter. Dette vil være spesielt relevant i storskala produksjon. Samtidig som tunikater filtrerer og binder partikler i vannet, produseres også organisk materiale i form av avføring som, avhengig av strømforhold på lokalitet, vil kunne påvirke havbunnen i nærheten av anlegget. Sannsynligvis er denne potensielle negative effekten av tunikatoppdrett lokal og liten i forhold til effektene som tunikatenes filtrering kan ha på økosystemet.

3.3

Klimafotavtrykk og opptak av næringsstoffer

Nyere LCA finner at kultivering bidrar til å motvirke eutrofiering og effekter fra klimaendringer. Per tonn våtvekt, binder tunikater blant annet netto 74,7 kg CO₂-eq og 1,86 kg PO₄-eq i sjøfasen.⁷ Disse resultatene gjelder for cradle-to-gate, det vil si ved levering av biomasse til mottak på land. Dette innebærer at fotavtrykket til videre ledd i verdikjeden som prosessering, transport og anvendelser vil kunne endre på bildet. Blant annet at tørrstoffinnholdet i fersk tunikatbiomasse ligger på 5 % (til sammenligning har fersk blåskjellbiomasse et tørrstoffinnhold på 33–39 %).⁷ Dette kan medføre høyere energiforbruk ved prosessering, avhengig av hvilke teknologi som tas i bruk.

Selv om det finnes LCA for tunikatproduksjon i sjø, finnes det enda ingen LCA for produksjon av tunikamel til fôr. Det er behov for en sammenligning av livsløp som inkluderer produksjon av tunikamel som fôringrediens og dens effekt i livsløpet for lakseoppdrett.

I laksefôr kan tunikater være kilde til både marine proteiner og fettsyrer, noe som bør gjenspeiles i hvilke nåværende fôrråvarer man sammenligner tunikamel opp mot. Det bør tas hensyn til faktorer som råvarenes miljø- og klimaavtrykk, samt en forventet økende etterspørsel etter marine råstoffer i fôr fremover.

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Tunikater kan på lik linje med blåskjell inngå i IMTA, hvor de kan utnytte rester av fiskefôr fra fiskeoppdrett, samt planktonvekst fra utslipp av løste næringssalter. I prinsippet er det ikke lov å føre produksjonsdyr med tarminnhold fra andre husdyr. Mattilsynet har ikke gitt en tydelig avklaring på om tunikater produsert i multitrofisk akvakultur i sjø kan inngå i fiskefôr.	→ Mattilsynet bør gi en tydelig avklaring på bruk av tunikater fra IMTA i fôr.
B Kommunene setter av areal til havbruk i sine kystzoneplaner. Her differensieres det som regel ikke mellom ulike typer havbruk, noe som tilsier at søknader om tunikatkonsesjoner kan komme i konkurranse med f.eks. laksekonsesjoner.	→ Utarbeide en nasjonal strategi og et veikart for økt lavtrofisk produksjon. Det trengs en satsing på lavtrofisk havbruk, hvor lavtrofisk havbruk sees på som en egen selvstendig havbruksform som kan bidra med økosystemtjenester og ikke må «konkurrere» om plassen med oppdrett av andre mer etablerte arter i havbruk med større lønnsomhet i dag.

4.2

Kunnskap/ FoU/ teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Tunikat er en ny art i havbruk, og dyrkingen har mange likheter med blåskjell dyrking: det dyrkes i hovedsak på longlines, og man er avhengig av naturlig påslag av yngel og næringsrikt vann med nok mat tilgjengelig for tunikatene. Videre er det lite kjennskap til potensielle sykdommer og parasitter som kan påvirke en mer intensiv og storskalert produksjon i fremtiden.	→ Det er behov for økt kunnskap om livssyklus og produksjonsbiologi for tunikater. Samt bedre kjennskap til faktorer som yngelpåslag, sesongvarians og vekst gir muligheter for å tilpasse produksjonen og gi en mer stabil og effektiv produksjon.
B Teknologi for dyrking, høsting og prosessering er lite utviklet.	→ Det er behov for teknologiutvikling i alle ledd av produksjon, blant annet for å kunne øke høstingseffektivitet og å effektivt skille ut tunikatenes ulike komponenter slik at de kan utnyttes til ulike formål.

4.3

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Produksjonen er preget av et lavt teknologinivå som gjenspeiles i høye produksjonskostnader.	→ Det er behov for betydelig FoU-innsats og teknologiutvikling for å få til en effektiv produksjonsprosess som kan bli lønnsom på sikt. Produktutvikling av de ulike komponentene og prising av økosystemtjenester kan bidra til å øke lønnsomheten.
B Manglende verdsetting eller prising av økosystemtjenester i både frittstående oppdrettsanlegg og i anlegg for IMTA.	→ Utrede finansieringsmodeller for å stimulere til produksjon av økosystemtjenester (som opptak av nitrogen og fosfor) fra lavtrofisk akvakultur.

4.4

Miljøhensyn og bærekraft

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Tunikater produserer slam som kan påvirke havbunnen. Påvirkningsgrad vil avhenge av strømforhold og dybde på lokalitet.	→ Dybde og strømforhold bør kartlegges på lokaliteter hvor man vurderer tunikatoppdrett for å unngå opphopning av slam på havbunnen.
B Produksjonsanlegg beslaglegger areal i sjøen og kan komme i konflikt med andre marine næringer og skipstrafikk.	→ God kommunikasjon med interessenter og myndigheter i planleggingsfasen kan redusere arealkonflikter før installasjon og drift av dyrkingsanlegg.
C Det er fremdeles usikkert hvordan produksjonen av tunikatmel vil foregå, og hvor energikrevende prosesseringen vil være.	→ Utvikling av prosesseringsmetoder og dokumentering av innsatsfaktorer i verdikjeden for tunikatmel.
D Det mangler livsløpsvurderinger (LCA) av tunikater som føringrediens.	→ Fremskaffe egnete resultat fra LCA på tunikater fra norsk oppdrett til fiskefôr.

4.5

Andre aktuelle barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A På lik linje med blåskjell, filtrerer tunikater alger. Det kan potensielt føre til konsentrasjon av toksiner, men dette finnes det lite kunnskap om og er ikke dokumentert i dag.	→ Kunnskapshull må fylles rundt tunikaters evne til å ta opp algetoksiner, dvs. dokumentasjon på at det oppfyller kravene til at det anses som trygt fôr, og i hvilken grad det er egnet i fiskefôr (teknologisk og ernæringsmessig).

5

Drivere

5.1 Økt behov for marine proteiner og fettsyrer

Behovet og etterspørselen for marine proteiner og fettsyrer vil fortsette å øke. Tunikater har en næringsmessig god sammensetning og kan bidra til å dekke det økende behovet for marine proteiner og fettsyrer uten å legge ytterligere press på fiskeribestander. En økt diversifisering av havbruk bidrar også til at næringen har et ekstra ben å stå på.

5.2 Produksjon

Norskekysten har gode naturgitte forutsetninger for produksjon av tunikater. Produksjon kan regnes å kunne ha et vesentlig potensial for marine råvarer i fiskefôret fordi det representerer en lav grad av miljøpåvirkning. Tunikatproduksjon vil heller ikke komme i konflikt med matproduksjon. Løses utfordringer med produksjon og prosessering, ser potensialet for å kunne skalere opp produksjonen ut til å være stort.

5.3 Økosystemtjenester

I likhet med blåskjell, kan tunikater binde opp nitrogen og fosfor i sjøen ved å beite på alger som utnytter seg av næringstoffene, og dermed også motvirke eutrofiering.

5.4 Økonomiske drivere

Utvinning av produkter fra nanocellulose samt finansieringsmodeller basert på verdier av økosystemtjenester kan gi biinntekter som øker lønnsomheten i produksjonen. En forventet økt etterspørsel etter marine næringsstoffer kan øke prisen for tunikatmel på råvaremarkedet, og bidra til å dekke kostnadene med produksjon og prosessering.

Litteratur

1. Filgueira, R., Strople, L., Strohmeier, T., Rastrick, S. & Strand, Ø. Mussels or tunicates: That is the question. Evaluating efficient and sustainable resource use by low-trophic species in aquaculture settings. *J. Clean. Prod.* **231**, 132–143 (2019).
2. Almås, K. A. et al. Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
3. Zhao, Y. & Li, J. Excellent chemical and material cellulose from tunicates: Diversity in cellulose production yield and chemical and morphological structures from different tunicate species. *Cellulose* **21**, 3427–3441 (2014).
4. Troedsson, C. et al. Tunicate extract for use in animal feeds. (2013).
5. Furuset, A. Milliarder av fluelarver kan bli laksefôr. *Intrafish* <https://www.intrafish.no/tekfisk/milliarder-av-fluelarver-kan-bli-laksef-r/2-1-1202923> (2022).
6. Samuelsen, T. A. Nye ingredienser må funke i fôr. *Nofima.no* <https://nofima.no/nyhet/2020/10/nye-ingredienser-ma-funke-i-for/> (2020).
7. Thomas, J. B. E. et al. Marine biomass for a circular blue-green bioeconomy?: A life cycle perspective on closing nitrogen and phosphorus land-marine loops. *J. Ind. Ecol.* 1–18 (2021) doi:10.1111/jiec.13177.



Makroalger

Råvareløftet



Foto: Lerøy, Sunniva Haldorsen

Oppsummering

Produksjon av makroalger har mange fordeler, ved at det ikke er behov for fôr, gjødsel, ferskvann eller landareal. Makroalger er dog lite egnet som ingrediens i fiskefôr direkte på grunn av lavt innhold av protein og fettsyrer. Det er likevel muligheter for å inkorporere makroalger som substrat til andre produksjonsorganismer som insekter, sopp og bakterier. Flere av mulighetene involverer et bioraffineringsledd i verdikjeden.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Hovedbarrieren for at makroalger kan bidra (indirekte) til et mer bærekraftig laksefôr er mangel på volum.

Fakta grunnlag

Globalt dyrkes det rundt 34 millioner tonn makroalger (tang og tare)¹. Tare dyrking er i sterk vekst i Europa², Canada og USA men foreløpig produseres rundt 99 % av det globale markedsvolum i Asia. Det er betydelige forventninger knyttet til en oppskalering av industrien, globalt^{3,4}, nasjonalt⁵⁻⁸ og regionalt⁹.

I Norge høstes det 150 000–170 000 tonn makroalger årlig fra ville bestander. I hovedsak er det stortare som høstes samt i underkant av 20 000 tonn grisetang som inngår i alginat, tangmelproduksjon og andre anvendelser¹⁰. Dyrking av makroalger i marin akvakultur er i vekst og i 2020 ble det produsert 336 tonn våtvekt¹¹. Industrien er fortsatt i en tidlig fase, men videre modning og skalering forventes å kunne muliggjøre en storstilt produksjon av marin biomasse.

I denne rapporten legges det til grunn at en betydelig økning i tilgjengelig biomasse vil måtte komme fra dyrkede kilder. Storskala dyrking av tang og tare vil kunne øke norsk biomassetilgang uavhengig av naturlig reproduksjon av tareskogen langs kysten. Det antas å kunne utgjøre en ny marin ressurs som kan muliggjøre en rekke industrielle anvendelser så vel som klima- og miljøløsninger.

Anvendelser til bulkprodukter som bioenergi eller fôr forutsetter store volum. Fiskefôringredienser fra makroalger i bulk kan enten fremstilles via ekstraksjon, oppkonsentrering eller fermentering. For eksempel kan protein ekstraheres direkte, oppkonsentreres ved at makroalger inngår i fôr til insekter, eller produseres ved fermentering der karbohydrater spaltes til sukker og inngår i produksjon av proteinrike mikroorganismer som gjær.

Fremtidig produksjon og bruk av makroalgerbaserte fôringredienser forutsetter dermed at man forfølger to hovedstrategier samtidig: En oppskalering av makroalgeproduksjon i sjø, og en skalering av industrier som kan foredle tareråstoff til egnete fôringredienser.

Kan villhøstede makroalger bidra som ny råvare i fiskefôr?

Årlig høstes det 150 000–170 000 tonn av vill stortare og grisetang. Disse brunalgene inneholder en mindre fraksjon protein (opptil 8 %) som i prinsippet kan utvinnes gjennom en bioraffineringsprosess, og muligens også brukes i laksefôr. Ser man for seg at alt av villhøstede brunalger skulle gå til utvinning av protein til laksefôr i stedet for allerede etablerte bruksområder, ville dette kunne gi opptil 12 000–14 400 tonn protein. Dette er små kvantum i førsammenheng. Høsting av stortare er dessuten strengt regulert, og det er usannsynlig at man kan øke høstingen i et omfang som kan være interessant for proteinutvinning til laksefôr. Skal makroalger kunne bli en komponent i fiskefôr må biomassen derfor komme fra dyrkede kilder.

1.1

Om råvaren

Begrepet «makroalger» brukes for å beskrive flercellede alger som kan ses med det blotte øye. Marine makroalger omfatter tre hovedgrupper: brunalger (*Phaeophyceae*), uformelt tang og tare, rødalger (*Rhodophyceae*) og grønnalger (*Chlorophyceae*). Mens det i Norge forekommer omtrent 175 arter brunalger, 200 rødalger og 100 grønnalger, dyrkes det foreløpig hovedsakelig to brunalger: sukkertare (*Saccharina latissima*) og butare (*Alaria esculenta*). Det foregår forskning og utvikling for å etablere kultiveringsprotokoller for rød- og grønnalger, men det er et fåtall av aktørene som satser på dette i dag.

Figur 1:
Et av Ocean Forests
taredyrkingsanlegg.

Foto: Mari Vold Bjordal.



1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Makroalger har i utgangspunktet lav næringsverdi: høyt innhold av aske, lavt innhold av protein og fettsyrer (Tabell 1), høyt innhold av karbohydrater som praktisk talt er ufordøyelig for fisk og enmagede husdyr. Samtidig inneholder spesielt brune taresorter store mengder jod, og noen sorter kan akkumulere arsen og kadmium i så høye konsentrasjoner at det overstiger grensene for direkte bruk som fôrmiddel.¹² Her bør nevnes at mesteparten av arseninnholdet i makroalger er organisk arsen, som er mindre skadelig for dyr og mennesker enn uorganisk arsen.¹³

Tabell 1: Næringsinnhold hos utvalgte norske brunalger.

Merk at næringsinnhold kan variere mellom lokalitet og sesong.¹⁴

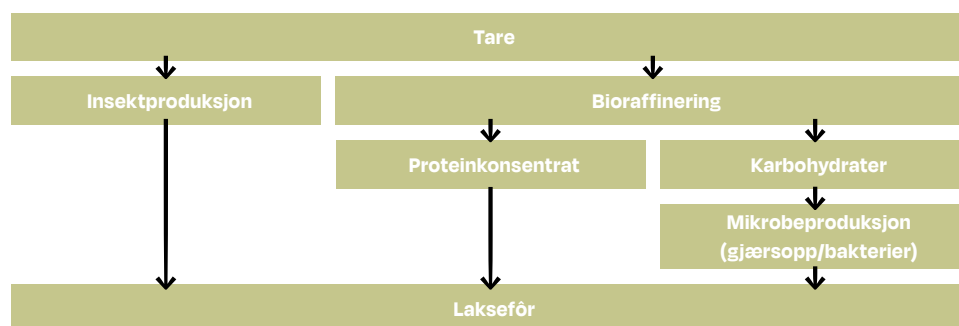
Komponent	Sukkertare (<i>S.latissima</i>) (g/100g tørrvekt)	Butare (<i>A.esculenta</i>) (g/100g tørrvekt)	Stortare (<i>L.hyperborea</i>) (g/100g tørrvekt)
Protein	5–10	9–12	4–8
Lipid	0.7–3.3	1.5	0.3–0.8
Omega-3	0.14–0.28	0.3	0.01–0.06
DHA+EPA	0.01–0.14	0.07	0.001–0.006

1.3

Mulige veier for
å bruke tare som
fôringrediens til laks.

Alternative veier til laksefôr

Ettersom tare inneholder lite protein og fettsyrer som er interessante for laksefôr, egner det seg ikke særlig godt som laksefôringrediens direkte. Det er likevel muligheter for at tare kan brukes som råstoff i alternative produksjonsveier som går via bioraffinering og/eller andre organismer som insekter eller mikrober.



Det er flere ernæringsmessige fordeler med raffinering av taren: a) Det kan løse utfordringer med jod og tungmetaller, og b) man kan utvinne både proteiner og karbohydrater, hvor proteinet kan oppkonsentreres og brukes som fôrkomponent og karbohydratene kan inngå som substrat til produksjon av gjærsopp eller bakterier som videre kan brukes som fôrråvare.

Det er dokumentert at insekter akkumulerer tungmetaller fra makroalger. Biancarosa et al., (2019) gjorde fôringsforsøk på laks hvor de erstattet fiskemel med insektmel fra insekter (svart soldatfluelarve) som hadde fått 60 % makroalger (grisetang) i dietten. Insektene akkumulerte arsenikk fra tangen som resulterte i lignende nivåer av arsenikk i insektmelet som i fiskemel. Den totale konsentrasjonen av arsenikk i fiskefileten var likevel lavere enn ved fôring av fiskemel fordi arsenikken i insektmelet sannsynligvis har lavere biotilgjengelighet enn den som finnes i fiskemel.¹⁵

2 Status for produksjon

Globalt

Makroalgeproduksjon står for over 50 % av den totale akvakulturproduksjonen globalt, og det meste produseres i Asia hvor Kina og Indonesia er de største produsentene.¹⁶ Hovedbruksområdene er mat og ekstrahering av komponenter som alginat og karregeenan.

Norge

I Norge har det det siste tiåret dukket opp en rekke aktører innen tareproduksjon. Fra 2015 til 2020 utviklet næringen seg fra 10 selskaper med 106 tillatelser i drift, til 27 selskaper med 228 tillatelser i drift.¹¹ Produksjonsvolumene er fortsatt beskjedne (336 tonn i 2020), men her har det også skjedd en stor vekst over de siste årene (Tabell 2).

Tabell 2: Dyrkede makroalger i Norge 2015–2020, oppgitt i tonn¹¹

Arter	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sukkertare	49	33	140	174	73	248
Butare	2	26	9	2	44	88
Andre arter*	0	0	0	2	0	0
Totalt	51	59	149	178	117	336

* Andre arter: søl, fjærhinne

Taren brukes som tilsetning i matvarer og krydderblandinger, samt som tilsetning i fôr til drøvtyggere og svin. Ettersom produksjonen skaleres opp, kan det også bli relevant å bruke tare til farmasøytiske produkter, bioenergiproduksjon og utvinning av ulike bioaktive komponenter og proteiner via bioraffinering.

2.1 Norske aktører

Taredyrkere

Det finnes 27 registrerte tareselskaper, og mange av dem er organisert i [Norsk Taredyrkerforening](#). Under nevnes noen av de med høyest aktivitet og produksjon:

[Ocean Forest](#), Tysnes
[Seaweed Solutions](#), Trondheim
[Lofoten Blue Harvest](#), Svolvær
[Arctic Seaweed](#), Flekkefjord/Øygarden
[Tango Seaweed](#), Leinøy
[Folla Alger](#), Steigen

Forsknings- og FOU-aktører

Det er en rekke forskningsinstitutter som er engasjert i forskning på tang og tare. Dette inkluderer blant annet NTNU, SINTEF Ocean, Møreforskning, NIBIO, NMBU, Nofima og Havforskningsinstituttet. Viktige forskningsområder er standardisering og mekanisering av utsåing, dyrking og høsting, offshore dyrking og modellering av egnede havområder for dyrking. Det finnes også en [Norwegian Seaweed Biorefinery Platform](#) som fokuserer på bioraffinering av tare.

Prosjektet [Aurora](#) (2019–2026) ledes av Folla Alger og har som mål å utvinne ulike bioaktive komponenter fra tare og teste deres effekter i laksefôr.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig (ved indirekte bruk)
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Videreutvikling av produksjonsteknologi og verdikjeder som samtidig muliggjør lave klimagassutslipp.
Nøkkelegenskaper	▪ Raskt voksende biomassekilde. ▪ Binder N, P og C. ▪ Krever verken fôr, ferskvann, sprøytemidler eller mineralgjødsel. ▪ Konkurrerer ikke om plass for matjord.
Muligheter	▪ Storskala kultivering til havs kan gi betydelige mengder biomasse til en rekke mulige anvendelser, inkludert karbonlagring. ▪ Tareanleggets mulige funksjon som «kunstig habitat». ▪ Produksjon i IMTA kan gjenvinne næringsstoffer fra laks.
Utfordringer	▪ Mulig risiko for spredning av fremmede arter eller genetisk materiale ved storskala produksjon. ▪ Arealkonflikter med andre havnæringer.

3.1

Produksjon av råvaren

Klimafotavtrykk

Produksjon av råvaren vi omfatte minst tre faser som vil være relevant for miljøfotavtrykket:

1. Kimplanteproduksjon, utsåing og høsting i sjøen
2. Transport og pre-prosessering
3. Videre foredling/prosessering til fôrprodukt

Til nå har det blitt gjort svært få LCA-studier for produksjon av makrolager i Norge. Koesling et al., (2021) sammenlignet LCA for 23 ulike produksjonsscenarioer for protein-konsentrat fra tare i Norge. Kun to av disse scenarioene ga et lavere klimafotavtrykk enn soyaproteinkonsentrat, og det er spesielt tørkeprosessen som er energikrevende og har størst påvirkning på klimagassutslippet.¹⁷ Det skal nevnes at studien tok for seg protein-konsentrat som eneste produkt fra produksjonen, og at klimagassavtrykket for protein-konsentrat nok vil bli lavere hvis man produserer flere produkter i samme produksjon via bioraffinering og kan allokere klimagassavtrykket mellom disse.

Miljøpåvirkning

Grunnleggende er taredyrking en ytterst effektiv og ressursbesparende måte å produsere biomasse på. Algene utnytter næringsstoffer og karbon som er løst i vannet og binder dem i biomasse.¹⁸ Prosessen krever hverken fôrmidler, ferskvann, sprøytemidler eller mineralgjødsel. Dette gjør at produksjonsformen unngår sentrale utfordringer og begrensninger en møter i landbruk.

Å ta i bruk uutnyttet havareal til dyrking av makroalger kan øke tilgang til marin biomasse betydelig. Bruk til fiskefôr forutsetter betydelige volum, noe som tilsier en betydelig skalering av dyrkingsareal fra dagens nivå. Selv om tare dyrking går for å være en miljøvennlig form for bioproduksjon vil dyrkingsanlegg og tilknyttet aktivitet i sjøen sette sine fotavtrykk. Jo større anleggene blir jo større vil mulige positive og negative lokale effekter kunne bli. Deres karakter vil også kunne variere betydelig mellom kystnær produksjon og produksjon til havs.¹⁹ For en nyere gjennomgang og forslag til overvåkingsprogram for tare dyrking se Hancke, K. et al. *Miljøpåvirkninger av tare dyrking og forslag til utvikling av overvåkingsprogram*, s 36 (2021).²⁰ Det er også utarbeidet retningslinjer for en bærekraftig utvikling av tareindustrien i Europa.²¹

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A I dag må dyrking av lavtrofiske arter, som tang og tare, konkurrere med lakseoppdrett for arealer avsatt til havbruk, selv om artene har ulike behov og påvirkning på miljøet.	→ Det bør utarbeides en egen veileder for tildeling av areal for produksjon av lavtrofiske arter.
B Selv om produksjonspotensialet også her er stort, er det lite tilrettelegging for å dyrke tare til havs.	→ Når det utredes og gir tillatelser til installasjon av offshore aktiviteter som vindmølleparker og havbruk til havs bør det også vurderes muligheter for integrering av tare dyrking.
C Grensene satt av Mattilsynet for maks innhold av arsen og jod i fôr er strenge, og skiller ikke mellom inorganisk arsen og organisk arsen som i mye mindre grad er skadelig for dyr og mennesker, og som utgjør hovedandelen av arseninnholdet i de fleste makroalger.	→ Grensene for arsen og jod i fôr kan være uforholdsmessig strenge og bør revurderes. En oppmykning i regelverket kan tilrettelegge for økt bruk av tare i fôr. For arsen bør inorganisk og organisk arsen reguleres hver for seg.

4.2

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Lave konsenstrasjoner av proteiner og fettsyrer i tare krever store volum og bioraffinering for å kunne produsere fôringredienser fra tare som kan brukes direkte i fiskefôr.	→ Industrien må oppskaleres til en grad som kan forsvare investering i større bioraffinerier.
B Svakt utviklete markeder for norsk tare og moderat lønnsomhet hindrer skalering.	→ Måltrettet markedsarbeid for norsk tare.
C Lave produksjonsvolum står i veien for bulkanvendelser som fôr.	→ Støtte samarbeidsformer som kan øke produksjonsvolum, for eksempel ved å garantere kjøp av produserte volum.

4.3

Kunnskap, FoU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende produksjonsteknologi for hurtig oppskalering av tareproduksjon gjennom hele verdikjeden og prosessering av råstoff til fôr.	→ Innovasjonsmidler vil kunne bidra til å aksellerere teknologiutvikling i hele verdikjeden.
B Utvikle integrert bioraffineri som kan øke lønnsomhet per enhet produsert tare.	→ Investeringsvilje, noe som forutsetter stort nok volum av tare.

4.4

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Høyt vanninnhold gjør det energikrevende å prosessere og tørke tare til bruk i fôr.	→ Muligheter som bruk av overskuddsvarme fra andre industrier kan bidra til å senke energiforbruket i tørkeprosessen.

4.5

Andre aktuelle barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A For å kunne benytte protein eller fettsyrer direkte fra alger i fiskefôr, er det nødvendig å raffinere ut disse fra taren.	→ En lønnsom raffineringsprosess med volum som er interessante for fôrnæringen vil kreve en stor oppskalering av tareindustrien i Norge.
B Høyt innhold av jod og arsen.	→ Prosessering som fjerner eller tynner ut de problematiske stoffene.

Det er et enormt produksjonspotensiale for tare langs norskekysten, og det har vært en stor vekst i både interesse og nye bedrifter i næringen de siste 10 årene. Det finnes allerede en avansert akvakulturnæring i Norge, som kan bidra med teknologi og kunnskap, og være pådriver for en utvikling av næringen.

Taredyrking bærer med seg fordeler ved at taren binder næringssalter som er forbundet med eutrofiering mens den vokser. Det kan gi ekstra insentiver til å dyrke tare i områder med høye konsentrasjoner av næringssalter.

Selv om tare ikke egner seg som råvare i fiskefôr direkte, kan den inngå som substrat i produksjon av andre fôrråvarer.

Referanser

1. Costa-Pierce, B. A. *et al.* A Fishy Story Promoting a False Dichotomy to Policy-Makers: It Is Not Freshwater vs. Marine Aquaculture. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* **0**, 1–18 (2021).
2. Araújo, R. *et al.* Current Status of the Algae Production Industry in Europe: An Emerging Sector of the Blue Bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* **7**, (2021).
3. Duarte, C. M., Bruhn, A. & Krause-Jensen, D. A Seaweed Aquaculture Imperative to Meet Global Sustainability Targets. *Nat. Sustain.* (2021) doi:<https://doi.org/10.1038/s41893-021-00773-9>.
4. SAPEA. *Food from the oceans*. (2017) doi:10.1093/actrade/9780199695058.003.0009.
5. Norderhaug, K. M. *et al.* Mot en ny havnæring for tare?: Muligheter og utfordringer for dyrking av alger i Norge. *Fisk. og Havet* (2020).
6. Olafsen, T., Winther, U., Olsen, Y. & Skjermo, J. Verdiskaping Basert På Produktive Hav i 2050. 1–76 (2012).
7. Almås, K. A. & Ratvik, I. *Sjøkart Mot 2050 - Tiltak for Utvikling Av Biologisk Baserte Marine Næringer Mot 2050*. (2017).
8. Skjermo, J. *et al.* A new Norwegian bioeconomy based on cultivation and processing of seaweeds: Opportunities and R&D needs. *Sintef report A25981*. (2014).
9. Bremnes, H. *et al.* Mot en storstilt satsing på dyrking av makroalger. (2021).
10. Fiskeridirektoratet. Fangst fordelt på art: Makroalger (Tang og tare). <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art> (2022).
11. Fiskeridirektoratet. Akvakulturstatistikk - tidsserier: Alger. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Alger> (2022).
12. Lock, E. J. & Belghit, I. Seaweed as feed ingredient in aquafeed – a SWOT analysis. **4536**, 18 (2018).
13. Lähteenmäki-Uutela, A. *et al.* European Union legislation on macroalgae products. *Aquac. Int.* **29**, 487–509 (2021).
14. Almås, K. A. *et al.* Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
15. Biancarosa, I. *et al.* Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. *Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* **36**, 1191–1205 (2019).
16. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action*. (2020) doi:10.4060/ca9229en.
17. Koesling, M., Kvadsheim, N. P., Halfdanarson, J., Emblemavåg, J. & Rebour, C. Environmental impacts of protein-production from farmed seaweed: Comparison of possible scenarios in Norway. *J. Clean. Prod.* **307**, (2021).
18. Thomas, J. B. E. *et al.* Marine biomass for a circular blue-green bioeconomy?: A life cycle perspective on closing nitrogen and phosphorus land-marine loops. *J. Ind. Ecol.* 1–18 (2021) doi:10.1111/jiec.13177.
19. Broch, O. J. *et al.* The kelp cultivation potential in coastal and offshore regions of Norway. *Front. Mar. Sci.* **5**, 1–15 (2019).
20. Hancke, K. *et al.* Miljøpåvirkninger av tare dyrking og forslag til utvikling av overvåkingsprogram. 36 (2021).
21. Barbier, E. *et al.* Pegasus - Phycomorph European Guideline for a Sustainable Aquaculture of Seaweeds. <https://seaweedcommons.org/wp-content/uploads/Barbieretal2019Pegasus-PhycomorphEuropeanGuidelineforaSustainableAquacultureofSeaweeds.pdf> (2019).



Insekter

Råvareløftet



Foto: Robert Gunnarsson/Unsplash

Oppsummering

Dyrking av insekter til mat eller fôr har fått økt oppmerksomhet i Europa de siste årene.¹ En rekke aspekter trekkes frem som miljø- og klimamessig fordelaktig: som fôr har insektprodukter forholdsvis lave klimagassutslipp, vannforbruk og arealbeslag, og kan bidra til økt sirkularitet ved å utnytte seg av side- og avfallsstrømmer. Insekter i laksefôr har potensiale til å bedre bærekraftsprofilen til fôret i betydelig grad, men hvor mye vil bl.a. avhenge av hva insektene igjen fôres med.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Regulatoriske hindringer for ulike typer organisk avfall som substrat (fôr) til insekter.

1

Faktagrunnlag

1.1

Insektproduksjon

Det ble i 2017 godkjent produksjon av fire typer insekter til fôr for akvakulturdyr i EU og Norge²:

Svart soldatflue (*Hermetia illucens*), melbiller (*Tenebrio molitor* og *Alphitobius diaperinus*), sirisser (*Acheta domesticus*, *Grylloides sigillatus* og *Gryllus assimilis*) og husflue (*Musca domestica*). I 2018 var rundt 80 % av insektproduksjon til fôr i EU basert på svart soldatfluelarve,³ og i Norge er det svart soldatflue og gul melbille som produseres kommersielt.

Ved produksjon av biller og fluer er det deres larver som høstes, og disse dyrkes frem ved å plassere egg i næringsrikt substrat hvor larvene kan vokse. Larvene høstes før de forpupper seg. I praksis gjøres dette ved å sikte larvene fra substratet før de vaskes med vann. Larvene blir dermed lagret på 4 grader i 12–24 timer for tarmtømming før de blir varmebehandlet og prosessert videre.⁴

Det er vist at sorte soldatfluer kan utnytte seg av utnyttede sidestrømmer som f.eks. slam fra fiskeoppdrett.⁵ Insekter som avles til fôr kan med dagens lovverk kun føres med vegetabiliske produkter, utenom et par unntak som fiskemel, blodmel fra ikke-drøvtyggere, egg- og melkeprodukter og honning.⁴ Føring med matavfall, fiskeslam, biorest fra biogassproduksjon eller kompost som er iblandet husdyrgjødsel er for eksempel ikke tillatt.²

Et biprodukt fra produksjonen er insektsfrass. Det består av avføring og skall fra insektene, og er godt egnet som gjødsel. Frasset kan potensielt bli et supplement til mineral- og husdyrgjødsel i jordbruket. En forutsetning er at frass fra insekter på lik linje med bearbeidet husdyrgjødsel må varmebehandles ved minst 70 grader celsius i minst en time for å kunne omsettes som gjødsel i EU/EØS (EUs forordning nr 142/2011, vedlegg XI, kapittel I, avsnitt 2). Fra skallkomponenten i frasset kan det også utvinnes rent kitin som blant annet kan utnyttes til medisinske formål.

1.2

Næringsinnhold

Insekter kan bidra til både protein og fettsyrer i laksefôr.⁴ Studier har vist at innblanding av insektmel kan bidra med opptil 85 % av proteinet i laksefôret uten å gå på bekostning av vekst og kjøttkvalitet,^{4,6} men det spiller en rolle hvilke proteinkilde insektmelet erstatter. Hvis fiskemelet erstattes av insektmel, virker veksten å reduseres noe, men hvis vegetabiliske proteinkilder erstattes med insektmel gir det bedre vekst.⁷ Omega-3 innholdet i insektolje er vanligvis relativt lavt (opptil 2,7 % av fettsyrene), og avhenger av hva insektene føres med.⁸

Smetana et al (2019) angir proteininnholdet i insektmel til å ligge på 56 %. Fiskemel antas å ligge på mellom 60–72 % proteinandel, noe som tilsier at det vil være nødvendig med en høyere inklusjonsgrad for insektmel for å oppnå samme proteininnhold i fôrformuleringer. I tillegg er proteinkvalitet en relevant størrelse, det vil si andelen intakte proteiner sammenlignet med det totale mengden «råprotein» i produktet. I fiske- og soyamel ligger den henholdsvis på ca. 86 % og 91 %, for soldatfluelmel antas den å ligge på rundt 50 %.⁴ Dette har implikasjoner for pris og mengden produkt som trengs for å erstatte fiskemel eller soyaprotein.

Hva gjelder fordøyelighet av ulike insektprodukter, fant Weththasinghe et al. (2021) at rent insektmel fra svarte soldatfluer ga bedre vekst hos laks enn mer prosesserte produkter som de-kitinisert insektmel og avfettet insektmel.⁹ Det ufordøyelige fibert kitin i insektmel kan gi fôret redusert fordøyelighet ved for høy innblanding, men kan mulig også bidra til positive helseeffekter hos laks.^{7,10}

Tabell 1: Prosentvis innhold av protein og fettsyrer (tørrvekt) i insekttypene som produseres i Norge i dag og er godkjent til bruk i fiskefôr i EU.^{11,12}

Insektstype	Protein	Fettsyrer
Svart soldatfluelarve (<i>Hermetia illucens</i>)	35–57%	35%
Melbillelarve (<i>Tenebrio molitor</i>)	44–69%	23–47%

2

Status for produksjon i dag

I dag begrenser produksjonen av insektmel seg til ca. 10 000 tonn globalt,¹³ men både i Norge og i utlandet er det flere aktører som satser på insektproduksjon til fiskefôr. På markedssiden er det interesse både fra fôrprodusenter og oppdrettere for å inkludere insekter i fiskefôret hvis pris og miljøprofil blir akseptable. I Europa er det et begrenset marked for insekter som mat og flere produsenter sikter seg derfor inn mot dyrefôrsegmentet. Akvakultur kan spille en viktig rolle i å øke etterspørselen av insektmel etter hvert som produksjonskostnadene og pris reduseres.¹³

2.1 Produksjon i Europa

I Europa er Protix i Nederland den største produsenten, og i Belgia og Nederland skal det i 2019 til sammen ha blitt produsert 2694 tonn melbillelarver (tilsvarende 898 tonn tørrvekt).⁴ Andre større aktører i Europa er AgriProtein i Storbritannia, og Innovafeed og Ynsect i Frankrike. Utenfor Europa utmerker Kina seg på insektproduksjon med en rekke selskaper.

2.2 Produksjon i Norge

I Norge er det flere aktører som har startet med insektproduksjon de siste årene:

Pronofa er en spinn-off fra Denofa som satser på produksjon av sorte soldatfluelarver til dyrefôr. De kjøpte i 2021 opp insektprodusentene **Flying Feed Fredrikstad** og **Ecoprot**. Det planlegges en preindustrial plan i løpet av 2022, og innen 2025 har de mål om å kunne produsere 80 000 tonn larver årlig.

Invertapro på Voss har siktet seg inn på melbillelarver til dyrefôr. Årlig produksjon i pilotanlegget er 20 tonn, men det er planlagt å bygge et demonstrasjonsanlegg med produksjonskapasitet på 200 tonn. Insektene vokser på substrat av avfall fra næringsmiddelindustri hos avfallsselskapet BIR i Bergen.

NorInsect produserer melorm (melbillelarve) i Stordal til bruk i fôr. Larvene vokser på substrat laget av restprodukter fra matindustrien. NorInsect tok i bruk sin nye fabrikk i juli 2021 med en årlig produksjonskapasitet opp mot 4.000 tonn levende larve pr år.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Noe
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Gjennomføre LCA basert miljøregnskap av norskproduserte insekter som fôringrediens som inkluderer bruk av substrater basert på avfall og biprodukter.
Nøkkelegenskaper	▪ Kan bidra til økt grad av sirkulær produksjon ved å oppsirkulere næringsstoffer fra avfalls- og biprodukter til humant konsum eller fôr. ▪ Lavt beslag/bruk av landareal og ferskvann.
Muligheter	▪ Insektproduksjon kan snu det som i dag er avfallstrømmer til ressursstrømmer. ▪ Produksjonen gir i tillegg produkter som frass og kitin som gir flere muligheter i norsk bioøkonomi.
Utfordringer	Tilgang på substrat som: A) Kan bidra til at insekter får et lavt klimafotavtrykk. B) Ikke er i konkurranse fra humant konsum eller dyrefôr (f.eks. soya).

3.1

Produksjon

Som produksjonsdyr fremheves insekters evne til å resirkulere næringsstoffer og biomasse som anses som uegnet til humant konsum og dermed ta vare på næringsstoffer og energi som ellers hadde gått tapt.³ Dette kan bidra til økt ressurseffektivitet, næringsstoffutnyttelse og minimere avfall. Videre kan restråstoff fra insektproduksjonen (frass og avføring) inngå i ny matproduksjon ved å anvendes som gjødsel.

Insekter har en rekke kvaliteter som får betydning for deres bærekraftsprofil.⁴ De har et lavt areal- eller ferskvannsbeslag fra produksjons, og under gunstige vekst- og ernæringsbetingelser utviser de høy fôreffektivitet. Samtidig krever insekter spesielle produksjonsforhold, blant annet er fuktighetsnivå og temperatur avgjørende. Energibruk til oppvarming og temperaturregulering vil altså kunne være viktige moment under norske forhold.

3.2

Klimafotavtrykk

Hvorvidt norskproduserte insektprodukter har potensial til å bedre miljøprofilen til dagens fiskefôr avhenger av miljøprofilen til produktene – insektmel, avfettet eller hel, insektolje og protein eller andre – målt opp mot fotavtrykket til fôrkomponenter man ønsker å erstatte – som soyaprotein eller andre. Det vil dessuten være avgjørende å avklare effektene dette eventuelt har for lakseproduksjon (fôrutnyttelse, fiskehelse, produktkvalitet med mer).

Det er per i dag ikke tilgjengelig offentlige livssyklusanalyser eller andre systematiske miljøvurderinger av kommersielt insektoppdrett under norske forhold. Overordnet indikerer studier av utenlandsk produksjon at også for insekter er fôret av helt sentral betydning for fotavtrykket til produktene.¹² De identifiserer dessuten energieffektivitet og karbonintensitet til de brukte energikildene som sentrale, og understreker betydningen av å kunne bruke biprodukter fra andre verdikjeder som vekstsubstrat.

Det foreligger i dag livssyklusanalyser for produksjon av svarte soldatfluer hos henholdsvis Protix i Nederland og Innovafeed i Frankrike.¹⁴ Smetana et al (2019) beregner et klimafotavtrykk på 5.3 kg CO₂e/kg avfattet proteinkonsentrat med et proteininnhold på 56 % fra svarte soldatfluer.¹² Som viktige strategier for å redusere utslippene trekkes det frem å

kunne ta i bruk uutnyttete biprodukter samt øke andelen fornybare energikilder, som samlet ville kunne senke avtrykket til 0.93 kg CO₂e/kg. Til sammenligning har soyaproteinkonsentrat fra Brasil vært estimert å ligge på 6.0 kg CO₂e/kg protein (Winther et al., 2020, s 52).¹⁵ I en LCA-beregning for norsk insektproduksjon kan bruk av bærekraftige substratkilder slå positivt ut, spesielt i kombinasjon med norsk fornybar energi eller restvarme fra annen industri.

3.3

Substrat

Nyere forskning fremhever insekters potensial til å omdanne avfalls- eller biprodukter som ikke er egnet eller ønskelig som mat til høyverdig protein og fett.^{8,10} Fordelene med dette er at man får gjenbrukt ressurser og ikke behøver å bruke areal og ressurser til å produsere substrat som skal inngå i insektproduksjonen. Bærekraftige sirkulære løsninger bør beholde høyest mulig grad av nytte og verdi av produkter, materialer og komponenter. I de fleste tilfeller er det derfor bedre ressursutnyttelse å utnytte biprodukter direkte til matproduksjon enn f.eks. energiutvinning.

Ved å ta i bruk uutnyttede eller dårlig utnyttede avfallsstrømmer som matsvinn og fiske-slam som substrat til insekter, vil det både kunne bidra til et laksefôr med lavere klimafotavtrykk og redusert miljøpåvirkning via redusert forbruk av ferskvann og landbruks-arealer.¹²

4

Barrierer og løsningstiltak

Ut ifra samtaler Bellona har gjennomført med norske insektsprodusenter, førselskaper, ledende forskere og myndigheter så vil vi peke på følgende som de viktigste barrierene for videre oppskalering, i rangert rekkefølge:

A: Regelverk som i dag forhindrer bruk av matavfall og fiskeslam som fôr til insekter.

B: Tilstrekkelig vitenskapelig dokumentasjon til å endre regelverket i punkt A.

4.1

Regulatoriske barrierer

En av de største barrierene for lønnsom oppskalering av insektsproduksjon handler om regelverk for hva insektslarver kan føres med. Dersom insekter kan føres på animalsk matavfall, fiskeslam eller biorester fra biogassproduksjon vil det åpne for tilgang på substrat som har bedre miljøprofil og begrenset konkurranse i forhold til andre bruksområder.

Hovedregelen er at det bare er vegetabiliske produkter som er tillatt som fôr til insekter, med noen få animalske unntak: fiskemel, blodmel fra ikke-drøvtyggere, egg- og melkeprodukter, og honning (ikke uttømmende liste). Kjøkken- og matavfall, gjødsel og slam er ikke tillatt – det reguleres av ulike regelverk på EU-nivå – men flere av aktørene vi har snakket med fremhever disse to kategoriene som mulige råvarer til substrat til insekter som er de mest relevante å utrede videre.

For en mest mulig effektiv og bærekraftig bruk av fornybare biologiske ressurser er det viktig at alt regelverk spiller på lag, i dag er det fortsatt regelverk som er mer tilpasset en linær økonomi og som hindrer sirkularitet. Vi erfarer at det er viktig med en helhetlig gjennomgang av alle regelverk nasjonalt og på EU-nivå.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Barrierer for å ta i bruk fiskeslam som substrat: Slam fra settefiskanlegg kan fungere som substrat til soldatfluer, men i dag hindres dette av regelverk. Avføring, urin, mage- og tarminnhold er forbudt å benytte som fôr (forskrift om merking og omsetning av fôrvarer, jf (EU) forord. 767/2009 art 6 og vedlegg III).	→ ▪ Det trengs forskning og vitenskapelig dokumentasjon på mattrygghet ved bruk av slam som substrat til insekter. ▪ Det er behov for en avklaring på hvor mye vitenskapelig dokumentasjon som er nok for å kunne anbefale endring av dagens regelverk. ▪ Det trengs vilje og evne til å jobbe for endring av regelverk i EU siden dette er inkludert i EØS-avtalen.

Norge har en særlig god tilgang på fiskeslam som en ressurs pga stor produksjon av laksefisk. Fra sjøanlegg antas det at det slippes ut rundt 600 000 tonn slam i året. Det finnes i dag løsninger som kan samle opp slam fra sjøanlegg, men de blir ikke tatt i bruk i stor nok grad, fordi det ikke finnes reguleringer eller incentiver som nødvendiggjør dette. Slam som produseres i settefiskanlegg på land er derimot mulig å samle opp, og i norske settefiskanlegg er det anslått en produksjon av 15 000 tonn slam (tørrestoff).

Under Aqua Nor 2021 lanserte fiskeriminister Ingebrigtsen en ny tillatelsesordning for havbruk, hvor ett av kravene er minst 60 % oppsamling av slam. En forventet økning i lukkede anlegg til sjøs og landbaserte oppdrettsanlegg vil kunne øke mengden tilgjengelig slam raskt.

«Slam frå setjefiskanlegg og landbaserte og lukka havbruksanlegg er i dag ikkje godkjent som eigen kategori under gjødsel-regelverket, og det avgrensar kva det kan nyttast til. EU krev meir dokumentasjon om innhaldet i slammet for å vurdere ei godkjenning. Dette illustrerer eit behov for utvikling og harmonisering av standardar for å godkjenne biologiske produkt til bruk og ombruk i matkjeda. Andre eksempel kan vere hydrolysert protein og førs substrat.»

Regjeringens sirkulærøkonomistrategi 2021

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
B Barrierer for å ta i bruk kjøkken- og matavfall som substrat: Kjøkken- og matavfall hindres brukt som fôr til insekter pga. forbud via regelverk knyttet til animalske biprodukter og tidligere næringsmidler som inneholder kjøtt eller fisk.	→ - Nytt lovverk (Matkasteloven) på matavfall bør sikre sortering og behandling av matavfallet som legger til rette for en helhetlig utnyttelse (sortering mellom animalske og vegetabiliske biprodukter/restavfall). - Lovverket må utformes med tanke på sirkulær utnyttelse av ressurser. Det vil - gavne flere industrier innen bioøkonomien. - Norske politikere må sette dette på agendaen nasjonalt og samle interessenter. For eksempel aktører fra ulike ledd i verdikjeden og på tvers av nordiske land. - Man kan se for seg at ny teknologi kan tas i bruk i sporing og sortering. Eksempelvis kontrollmetoder for å oppdage uønskede stoffer i mat og bruk av maskinsyn i sortering.

Men ifølge SINTEF (2020) er det ikke usannsynlig at om noen år vil «rent» matavfall fra industri og storkjøkken bli tillatt brukt i fôr til insektlarver som skal gå til fôr for matproduserende dyr. Dette vil kunne føre til at den europeiske produksjonen av insektsmel kan økes til 2–5 millioner tonn per år.⁴

I 2018 vedtok Stortinget å be regjeringen om å fremme forslag til en matkastelov, men dette forslaget har enda ikke kommet på bordet. I regjeringens sirkulærøkonomistrategi nevner de at en ny lov må utfylle annen virkemiddelbruk som en bransjeavtale, men nevner ikke konkret når dette kommer.

4.2

Barrierer innen kunnskap og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Mangel på kunnskap om bruk av fiskeslam som substrat er trygt.	→ Som påpekt under politiske barrierer er det et stort behov for forskning for å få frem vitenskapelig dokumentasjon om tryggheten til ulike førs substrater. Siden vi kjenner til at det foreligger noe forskning på dette allerede, blir det viktig å få svar på hvor mye vitenskapelig dokumentasjon som kreves.
B Mangel på systemer og teknologi for sortering av matavfall slik at det trygt kan brukes som substrat til insekter.	→ Både nytt lovverk ift matavfall og teknologiutvikling er nødvendig.

4.3

Barrierer for bærekraftig produksjon av insekter

Insekter framsnakkes ofte som en ny bærekraftig fôrressurs. For at denne råvaren skal kunne bli så bærekraftig som mulig bør følgende barrierer overvinnes:

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Tilgang til og kartlegging av bærekraftig substrat i egnete volum.	→ Utvikle kriterier for riktig bruk av biomassestrømmer til mat, fôr og andre anvendelser i bioøkonomien.
B Mangler studier og metoder som kan dokumentere bærekraftsgevinster innen insektsproduksjon.	→ Gjennomføre LCA for å kunne dokumentere og løpende forbedre miljøprofilen for insekter herunder betydningen av vekstsubstratet.

4.4

Andre aktuelle barrierer

- Mangel på samarbeid mellom aktørene i industrien. Gjennom samtaler med de ulike insektsprodusentene kom det frem at det i liten grad eksisterer bransjesamarbeid, dvs. samhandling som ikke er i konflikt med konkurranseloven.
- Uregelmessig næringsinnhold ved varierende substrat (hvis det for eksempel åpnes opp for å bruke matavfall som substrat til insekter).
- Manglende krav til oppsamling av slam fra oppdrett. Dersom det kommer nye krav til oppsamling vil det sikre en større tilgang til ressursen som substrat (bruk som substrat forutsetter åpning i regelverk som muliggjør utnyttelse).
- Manglende standard for bruk av sidestrømmer i bioøkonomi.

Både i EU og nasjonalt, sist i regjeringens sirkulærøkonomistrategi, ser vi et krav om utvikling av sirkulærøkonomi, sirkulære matssystemer og at næringsstoffer kan gå i kretsløp.

Spørsmålet om hva fremtidens animalske matvareproduksjon skal benytte som fôr er relevant innenfor både landbruk og akvakultur. Det er sterke interesser for å få til reelle kretsløp for næringsstoffer. Etablering av insektsproduksjon som nyttiggjør seg restråstoff/avfallstrømmer vil kunne drives frem av behovet for sirkulære løsninger.

I forlengelsen av fokus på sirkularitet av næringsstoffer til fremtidens matvarer, så ser vi samtidig et økende fokus på at råvarer til fôr ikke bør være råvarer som kunne gått direkte til humant konsum. Insekter kan omforme råstoff som ellers ikke kunne gått inn i en verdikjede for mat (som for eksempel fiskeslam), til animalsk protein og fett. Å dyrke insekter kan – avhengig av metodevalg – gi meget gunstige klimafotavtrykk i livssyklusanalyse.

Insektoppdrett er en industri som er på fremmarsj globalt, og det har blitt gjort betydelige investeringer også i Norge.

Vedlegg:

Fiskeslam som substrat- spørsmål i Stortinget og tema i nye strategier

Landbruksminister Bollestad har i Stortingets spørretime (des 2019) svart på spørsmål om muligheten for å endre regelverk slik at fiskeslam kan tillates brukt til førs substrat til insekter:

«I gjeldende fôrregelverk som er harmonisert innen EØS, er avføring og urin, mage- og tarminnhold listet opp sammen med andre produkter som det er forbudt å omsette og bruke som fôr. Dette forbudet gjelder også bruk som substrat til insektlarver. Det er likevel en åpning i regelverket som sier at listen over forbindelser som er forbudt å bruke til fôr, kan endres dersom det tas hensyn til tilgjengelige vitenskapelige data.»

Landbruksministeren peker på følgende i sitt svar:

- Oppdrett av insekter til bruk i mat og fôr er forholdsvis nytt i Europa
- Det mangler grunnleggende kunnskap om tryggheten til ulike førs substrater
- Når det mangler vitenskapelig dokumentasjon, slår føre-var-prinsippet inn.

Hun skisserer også hva som må til for å få endret regelverket:

- Forskningsmiljøene må fremskaffe vitenskapelig dokumentasjon for farer ved bruk av fiskeslam som førs substrat for folkehelse, dyrehelse og miljø
- Kunnskapen må deretter brukes til en risikovurdering
- Norge har ikke stemmerett, men kan foreslå og påvirke

Regjeringen lanserte i **juni 2021 en ny strategi for sirkulærøkonomi**,¹⁶ i kapittelet om bioøkonomi anerkjenner de behovet for å gjøre noe med regelverk som ikke er tilpasset sirkulære strømmer av bioressurser:

Det er etablert eit omfattande regelverk knytt til dyre- og fiskehelse, fôr- og matproduksjon for å sikre trygt fôr, trygg mat og god helse til forbrukarane. Regelverket set grenser for kva og korleis råstoff kan nyttast, og har tradisjonelt ikkje vore utforma for å bidra til sirkularitet. I samband med kugalskaphendinga blei reglane ytterlegare stramma inn og avgrensar korleis animalske produkt kan nyttast til fôr. Dette råkar marine animalske produkt òg, mellom anna fordi ein manglar data til naudsynte risikovurderingar.

Næringsaktørar viser til at både EU-harmonisert og nasjonalt regelverk hindrar utnytting av trygge ressursar. Å byggje ned desse regelverksbarrierane vil vere viktig for å lykkast med ei lønnsam, sirkulær og meir høgverdig utnytting av bioressursane (fra side 100 i sirkulærøkonomistrategien).

I følge sak i llaks 30.05.21¹⁷ så er denne saken nå på Mattilsynets bord. Den politiske prosessen for å få på plass vitenskapelig dokumentasjon for å endre regelverk er noe **Råvareløftet** allerede har startet arbeidet med.

September 2021 – Råvareløftet i spørsmål om fiskeslam i Stortinget

I etterkant av Råvareløftets debatt under Arendalsuka (aug 2021) fulgte stortingspolitiker Ruth Grung (Ap) opp med et nytt spørsmål i Stortingets spørretime om muligheten for å bruke slam som substrat.

Fiskeriminister Ingebrigtsen svarer 6 september 2021:

«Dagens regelverk begrenser hvilket råstoff som kan benyttes i matproduksjon, og regelverket er ikke tilstrekkelig tilpasset bruk av nye arter og nytt råstoff fra havet til mat og fôr. Regelverket skal bidra til å sikre at føret er trygt å spise for dyrene, og at maten er trygg og sunn for oss mennesker. For å endre regelverket vil det være nødvendig med god vitenskapelig kunnskap om mattrygghet og smittefare ved bruk av alternative råstoff. På sentrale deler av dette området vil det også være nødvendig å få gjennomslag i EU for endringer i regelverket. Regjeringen vil oppdatere kunnskapsstatus og risikoanalyser for å styrke kunnskapsgrunnlaget med sikte på å få et regelverk bedre tilpasset utnyttelse av marine råvarer, restråvarer og slam.»

Referanser

1. FAO. *Edible insects. Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations vol. 171 (2013).
2. Liland, N. Oppdrett av insekter til fôr. *Mattilsynet* (2020).
3. Cadinu, L. A., Barra, P., Torre, F., Delogu, F. & Madau, F. A. Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustain.* **12**, (2020).
4. Almås, K. A. *et al.* Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
5. Torrissen, O., Liland, N., Sørensen, M., Haugan, P. J. & Torrissen, A. *Rapport: Slam fra settefiskanlegg som substrat for svarte soldatflue (Hermetia illucens)*. (2020).
6. Biancarosa, I. *et al.* Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. *Food Addit. Contam. - Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess.* **36**, 1191–1205 (2019).
7. Weththasinghe, P., Hansen, J. Ø., Mydland, L. T. & Øverland, M. A systematic meta-analysis based review on black soldier fly (*Hermetia illucens*) as a novel protein source for salmonids. *Rev. Aquac.* **14**, 938–956 (2022).
8. Barroso, F. G. *et al.* Insects as food: Enrichment of larvae of *Hermetia illucens* with omega 3 fatty acids by means of dietary modifications. *J. Food Compos. Anal.* **62**, 8–13 (2017).
9. Weththasinghe, P. *et al.* Insects in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets – comparison between full-fat, defatted, and de-chitinised meals, and oil and exoskeleton fractions. *J. Insects as Food Feed* 1–14 (2021) doi:10.3920/jiff2021.0094.
10. Lock, E. J., Biancarosa, I. & Gasco, L. Insects as raw materials in compound feed for aquaculture. *Edible Insects Sustain. Food Syst.* 263–276 (2018) doi:10.1007/978-3-319-74011-9_16.
11. Zamprognna, A. *et al.* Insects and Derived Products as Ingredient for Fish Feed. Technical report, Wageningen University & Research. 40 (2017) doi:10.13140/RG.2.2.16704.53767.
12. Smetana, S., Schmitt, E. & Mathys, A. Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. *Resour. Conserv. Recycl.* **144**, 285–296 (2019).
13. de Jong, B. & Nikolic, G. No Longer Crawling : Insect Protein to Come of Age in the 2020s. *RaboResearch* 1–9 (2021).
14. Van Phl, C. P., Walraven, M., Bézagu, M., Lefranc, M. & Ray, C. Industrial symbiosis in insect production — A sustainable eco-efficient and circular business model. *Sustain.* **12**, 1–14 (2020).
15. Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S. & Ziegler, F. *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. (2020).
16. Klima- og miljøverndepartementet. Nasjonal strategi for ein grøn, sirkulær økonomi. 164 (2021).
17. Hernes, S. Møter motstanden fra direktorat, EU og bank med ungdommelig pågangsmot. *Ilaks* <https://ilaks.no/de-moter-motstanden-fra-eu-og-banker-med-et-ungdommelig-pagangsmot/> (2021).



Gras

Råvareløftet



Foto: Karol D/pexels

Oppsummering

Gressprotein er en mulig råvare til laksefôr som nylig har kommet på agendaen. Det er fortsatt stor usikkerhet knyttet til produksjon, egnethet i fiskefôr og hvor store kvantum som kan inngå i produksjon av gressprotein. Fordeler er at gress er en tilgjengelig ressurs i Norge og dyrkings- og høstingsteknologi er godt utviklet.

Teknologisk modenhet



Bærekraftpotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Kunnskapsmangel om tilgjengelige ressurser og hvordan produksjonen skal foregå i praksis.

1

Fakta grunnlag

1.1

Om råvaren

Gress, kløver og belgvekster inneholder en del proteiner som kan inngå i fôr til enmagede dyr, og SINTEF løftet frem gressprotein som en mulig ny råvare til norsk laks i sin rapport *Bærekraftig fôr til norsk laks*.¹

For å kunne brukes i fôr, må proteinet skilles fra den fiberrike delen av gresset som kun kan fordøyes av drøvtyggere. Råproteinet skilles ut ved å kjøre gresset gjennom en skru-presse. Resultatet blir en fiberrik presskake som egner seg godt som fôr til drøvtyggere, og en proteinrik gressjuice som kan fermenteres før man separerer ut proteinmassen. I separeringsprosessen får man i tillegg en væskefraksjon som kan brukes i biogassproduksjon eller som gjødsel.

Ferskt gress forringes fort, og bør raffineres så fort som mulig. Det vil derfor være en fordel å ha gressproduksjon sentrert rundt bioraffinerier. En alternativ løsning er å ha lokal forprosessering av gress i distrikter før det transporteres til et mer sentralliggende raffineri. Sistnevnte løsning vil antakeligvis være bedre tilpasset norske forhold med mindre og spredte gårder.

Årlig produseres det 6.7 millioner tonn gress (tørrvekt) i Norge. Avhengig av høstetidspunkt er 10–20 % av dette protein, noe som tilsvarer ca 870 000 tonn protein.¹ Norge er selvforsynt med gressressurser, men om man også skal utvinne protein fra gressproduksjonen vil dette ta en del av volumet som i dag utnyttes i landbruket, og sannsynligvis må det kompenseres for ved å produsere mer gress for at det skal bli nok til både proteinutvinning og drøvtyggere.

Det er ikke kartlagt hvor mye av den norske gressproduksjonen som kunne inngått i produksjon av gressprotein til fiskefôr uten å komme i konflikt med andre bruksområder. Norge har store gressareal, men en stor del av disse er utmarksbeiter som er vanskelig å komme til med høstmaskiner.

1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Avhengig av høstetidspunkt, kan gress inneholde 10-20% råprotein av tørrvekt.² Aminosyresammensetningen til proteinet varierer mellom ulike gresstyper, men Almås et al. (2020) mener det er sammenlignbart med soyaprotein.¹ Så langt er gressprotein blitt testet på gris og høns, og det mangler kunnskap om hvorvidt gressprotein vil fungere godt i laksefôr.

2

Status for produksjon i dag

2.1 Norske aktører

Industri

Det ser ikke ut til å være industriaktører i Norge som satser på gressprotein til laksefôr.

Forskning

Prosjektet **Grasprotein – en ny og unik proteinkilde til enmagede dyr** har fokusert på gressprotein som fôr til svin. Partnere var Norsvin, Felleskjøpet, Nortura, NIBIO, Miljøfôr Norge og Hedmark Kunnskapspark AS ved BioSmia.

SUSFEED er et forskningprosjekt som vil fokusere på produksjon av encelleprotein av forskjellige typer norske bioressurser for å forbedre klima- og miljøfotavtrykket til fôr, deriblant gress. Prosjektet er koordinert av Ruralis, med blant annet BioMar som partner. Bellona deltar også i prosjektet som løper fra 1.10.2021-10.09.2025.

2.2 Forbrukere i Norge

Per d.d. er det ingen produsenter eller forbrukere av konsentrert gressprotein i Norge, og det virker ikke å være noen norske fiskefôrprodusenter som ser nærliggende muligheter for å ta i bruk denne råvaren i fiskefôr.

2.3 Aktivitet i utlandet

Den danske innovasjonsplattformen **BIOVALUE SPIR**, og flere prosjekter i Tyskland, Østerrike og Nederland ser på metoder for å effektivisere utvinning av protein fra gress og belgvekster.³ Århus Universitet har også aktiviteter knyttet til gressprotein som fôr til gris.

Det finnes to prosesseringsanlegg i Danmark som utvinner protein til svin og høns:

TailorGrass, produserer protein fra gress. Videre går restmaterialet til å produseres biogass og jordforbedringmiddel. **GoGrass** er et mindre raffineri som utvinner protein fra gress.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Moderat
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Kartlegging av ressurstilgang og mobiliseringsstrategier, gjennomføre livsløpsvurderinger av gressprotein til laks, samt avklare eventuelle konflikter med konkurrerende bruk.
Nøkkelegenskaper	▪ Hurtigvoksende plantebiomasse egnet for norske forhold.
Muligheter	▪ Rask gjenvækst, og trenger ikke nødvendigvis dyrkes på områder som egner seg best for matproduksjon. ▪ Potensiale for at gress utgjør en større, underutnyttet ressurs. ▪ Helhetlig utnyttelse i bioraffinerier.
Utfordringer	▪ Mulige effekter på arealbruk, arealbruksendringer og karbonlagring. ▪ Lite konkret kunnskap om ressursbasen og bærekraftsutfordringer. ▪ Usikkerhet om optimal ressursutnyttelse.

3.1

Produksjon av råvaren

Gressprotein får nå økende oppmerksomhet som mulig fôrressurs til enmagede husdyr som for eksempel gris og kylling. Innen havbruk er temaet nytt og drøftes blant ulike forskningsmiljøer og -prosjekt. SUSFEED-prosjektet skal blant annet kartlegge norske bioressurser til fôr og vil vurdere gressprotein som fôrressurs i henhold til blant annet bærekraftperspektiver.

Gress omfatter i prinsippet en rekke ulike arter, kultiverings- eller høstemetoder, og gressprotein vil antakelig kreve dedikert infrastruktur og bioteknologi for å utvikles som råvare i skala. Ulike kombinasjoner av disse faktorene vil kunne påvirke livssyklus- og bærekraftprofilen av gressprotein til laksefôr. Det er per i dag lite kunnskap om både den norske ressursbasen og mulige bærekraftutfordringer knyttet til en utnyttelse som fôrprotein til akvakultur.

I utlandet er gressprotein forsøkt utviklet som fôrressurs til gris og kylling de senere årene, med noen aktiviteter i Norge. Det er imidlertid ikke tilgjengelig LCA for et produkt som er egnet til innblanding i fiskefôr.

3.2

Potensial og risiko

Fotavtrykket til gress som ressurs til fiskefôr bør baseres på livssyklusanalyser av gressprotein under norske forhold. Det bør her også ses på alternativ bruk til karbonlagring og andre anvendelser i sirkulærøkonomien. Videre bør disse alternativene vurderes opp mot eksisterende retningslinjer for utnyttelse av biomasse og helst i henhold til utvidete, fremtidige retningslinjer som bygger på et helhetlig rammeverk for bioressursbruk i Norge eller EU.⁴ Spredte forekomster og behovet for sentralisert prosessering for å oppnå tilstrekkelig oppskalering tilsier en del logistikk og transportvirksomhet med mulige klimagassutslipp. Prosessering i bioraffineri må forventes å ha ytterlige energibehov som bør dekkes av fornybare kilder. Økt bruk av naturområder for produksjon av gressprotein kan gi opphav til arealbruksendringer med negative miljø- og klimaeffekter.

Nyere forskning har tatt for seg ulike husdyrs evner til å konvertere biomasse som er uegnet eller uønsket som mat om til animalsk protein.^{5,6} En studie som undersøkte omgjøring av biomasse til animalsk proteinproduksjon i EU, trakk noe overraskende frem storfe som mer effektiv enn både gris og kylling til å oppsirkulere lavverdig biomasse.⁷ Funnet er ikke egnet som grunnlag til å trekke konklusjoner om bruk av gressprotein til laksefôr i Norge. Det indikerer imidlertid at en også må ta hensyn til norske husdyrs egenskaper til å utnytte gress.

4 Barrierer og løsningstiltak

4.1 Regulatoriske barrierer

Fortsatt er det lite kunnskap om egnethet av gress som fôr til laks, og det er dermed for tidlig å si noe om eventuelle regulatoriske barrierer.

4.2 Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Stor usikkerhet knyttet til kostnad på gressprotein.	→ Undersøke kostnader for norsk produksjon, prosessering, inkludert evt tørking av gressprotein med ny og eksisterende teknologi til laksefôr.
B Kostnader knyttet til prosessering og evt. tørking.	→ Undersøke muligheter for å bruke allerede eksisterende teknologi som brukes i landbruket til prosessering av råstoffet.

4.3 Kunnskap, FOU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende kunnskap om gressproteins egnethet i fiskefôr. Inkludert mulig bitter smak som kan påvirke fiskens appetitt.	→ Gjennomføre førforsøk som kan dokumentere gressproteins egnethet som fôrråvare til laks.
B Manglende kunnskap om hvor mye gress som er eller kan bli tilgjengelig for produksjon av protein til fiskefôr.	→ Kartlegging av tilgjengelige gressressurser, teknologi og mulig produksjon i Norge.

4.4 Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende kartlegging av ressursen og miljø- og klima effekter ved økt og/eller endret høsting.	→ Kartlegging av ressursen og miljø- og klima effekter ved økt og/eller endret høsting.
B Manglende informasjon om konkurrerende bruk og mulige allokeringskonflikter.	→ Undersøke konkurrerende bruk av gress og mulige allokeringskonflikter.
C Manglende livssyklusanalyser for gressprotein til bruk i fôr til laks.	→ Gjennomføre livssyklusanalyser for gressprotein til bruk i fôr til laks.

4.5

Andre aktuelle barrierer

Barrierer		Hvordan overkomme barrierer	
A	Mulige logistikkutfordringer og transport av juice med høyt vanninnhold.	→	Det bør kartlegges hvor det er mest hensiktsmessig å legge prosessering av gressjuice i forhold til produksjonsområde.
B	Mulig konflikt med landbruksproduksjon av kjøtt- og melkeproduksjon.	→	Det bør kartlegges hvor mye av gressproduksjonen i Norge som kan brukes til å utvinne proteiner.

- Gress er lett å dyrke i mange områder i Norge, og bønder har lang erfaring med å dyrke og høste.
- Det kan høstes flere ganger i løpet av en sesong.
- Utvinning av protein fra gress kan bidra til å gi ekstra inntekter til bønder.
- Bladmateriale fra andre råstoff enn gress kan mulig også inngå i samme produksjonsprosess og gi merverdi til andre produksjoner. For eksempel restmateriale fra frukt- og grønnsaksproduksjon.
- Skulle det i fremtiden oppstå en forbrukerdrevet reduksjon av konsumet av norsk-produsert rødt kjøtt, er det mulig at det er mer gressressurser tilgjengelig for utvinning av protein.

Referanser

1. Almås, K. A. *et al.* Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
2. Johansen, A. & Hjelkrem, A.-G. R. *Livsløpsanalyser av norsk svinekjøttproduksjon med og utan heimeprodusert grassaft som fôr*. vol. 4 (2018).
3. Lindberg, J. E. *et al.* *Nordic Alternative Protein Potentials - Mapping of regional bioeconomy opportunities*. (2016).
4. Muscat, A. *et al.* Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nat. Food* **2**, 561–566 (2021).
5. Van Zanten, H. H. E., Van Ittersum, M. K. & De Boer, I. J. M. The role of farm animals in a circular food system. *Glob. Food Sec.* **21**, 18–22 (2019).
6. van Hal, O. *Upcycling biomass in a circular food system – the role of livestock and fish*. (2020). doi:<https://doi.org/10.18174/524412>.
7. Karlsson, J. O., Parodi, A., van Zanten, H. H. E., Hansson, P. A. & Röös, E. Halting European Union soybean feed imports favours ruminants over pigs and poultry. *Nat. Food* **2**, 38–46 (2021).



Mikro- organismer

Råvareløftet

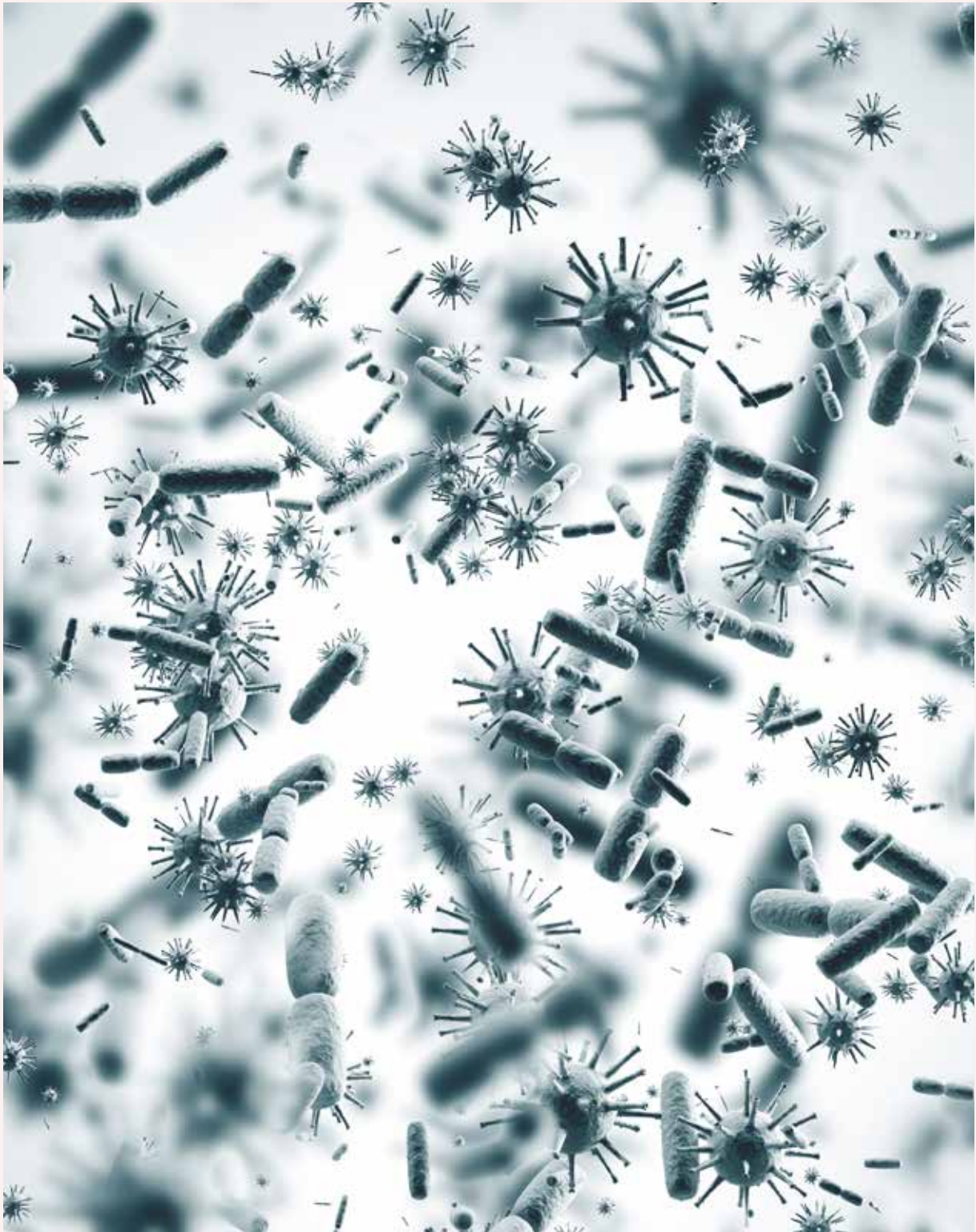


Foto: Shutterstock

Introduksjon til bioøkonomi og tilgang på biomasse

Det som i fôrråvare-sammenheng ofte omtales som *encelleprotein* er protein utvunnet av encellede organismer som gjærsopp, bakterier eller mikroalger. Vi bruker i denne sammenheng samlebetegnelsen *mikroorganismer*. Fellestrekk i innsatsfaktor og produksjon gjør at det gir mening å se på disse råvarene i sammenheng og med en felles introduksjon.

Behovet for substrat

Skal mikroorganismene som omtales i rapporten bidra som nye fôrressurser med lavt klimaavtrykk, er de i stor grad avhengig av å forbruke fornybart biologisk materiale for å vokse og formere seg. Det betyr at potensialet for mikroorganismer som fremtidig fôrressurs henger nært sammen med tilgangen til biologisk materiale som substrat for disse organismene. Substrattilgang vil ikke bare påvirke hvor store volum mikroorganismer som kan produseres, men også produksjonskostnader og bærekraftprofil.

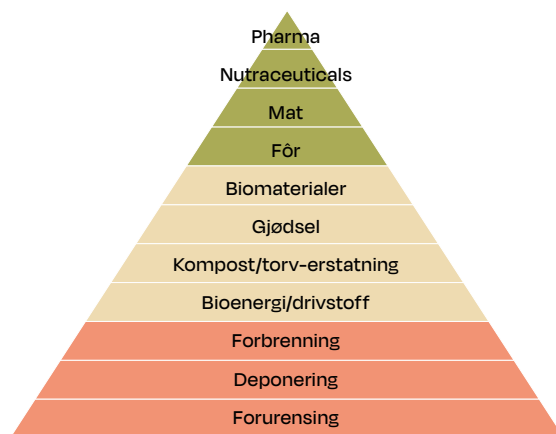
Bioøkonomiens behov for råstoff

Bioøkonomi er kort fortalt et samlebegrep for økonomiske aktiviteter knyttet til produksjon og foredling av fornybare biologiske ressurser. Begrepet står sentralt i internasjonale og nasjonale strategier for å oppfylle klimamål. Dette skyldes forventninger om at utfasing av karbon fra fossile kilder i mange tilfeller kan erstattes med karbon fra fornybare biologiske kilder. I den nasjonale strategien for bioøkonomi er formålet definert som å «fremme økt verdiskaping og sysselsetting, reduserte klimagassutslipp, og mer effektiv og bærekraftig utnyttelse av de fornybare biologiske ressursene».¹ Utviklingen av bioøkonomien er også helt sentral for EUs klimastrategi. I scenariomodellering for EUs bioøkonomi legges det for eksempel opp til 50 % økning i aktiviteten innen biobasert industri frem til 2050 for å oppfylle Paris-avtalen.²

Klima- og miljødepartementet (KLD), Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) og Landbruks- og matdepartementet (LMD) gav i 2021 Brønnøysundregistrene et oppdrag om å administrere prosjektet BioDigSirk. Prosjektet skal foreslå løsningskonsepter for en fremtidig digital markeds plass for bioressurser. Behovet for bærekraftig biomasse er betydelig, og det er naturlig å forvente at politiske føringer og prioriteringer vil påvirke hvor denne biomassen blir benyttet i et slikt marked. Regjeringens bioøkonomistrategi fra 2016 sier for eksempel: «Potensialet for verdiskaping innenfor bioøkonomien er avhengig av tilgangen på fornybare biologiske ressurser, og vår evne til å optimalisere anvendelsen og maksimere verdiskapingen av disse.» Strategien vektlegger videre at «Følgende overordnede prinsipper bør gjelde for en verdiskapende og bærekraftig utnyttelse av de fornybare biologiske ressursene:»

- «1. Befolkningens grunnleggende behov for mat kommer først**
- 2. Ressursene skal brukes og gjenbrukes mest mulig effektivt**
- 3. Ressursene skal brukes på en mest mulig lønnsom måte»**

Fra flere hold er det den senere tid pekt på behovet for et tydelig politisk forankret verdihierarki for bruk av bioressurser. Det vil innebære at det fra politisk hold legges til rette for at enkelte bruksområder for bioressurser vil bli prioritert høyere enn andre formål. En mulig slik prioritering fremkommer i figur 1.



Konkurrerende behov - eksempler

Det er utfordrende å tallfeste konkrete volumanslag for fremtidige behov for bioressurser i norsk bioøkonomi, og det er heller ikke slik at alle bioressurser er godt egnet for alle bruksområder. Imidlertid har en rekke sektorer og industrier presentert betydelige økte behov for bioressurser. Som et eksempel kan det nevnes at Norsk Industri i mai 2016 la fram et veikart for prosessindustrien hvor visjonen er å øke verdiskapningen i industrien samtidig som klimagassutslippene reduseres til null. Veikartet baserer seg på en massiv økning av biomasse til industriformål. I 2050 vil de foreslåtte tiltakene kreve omkring 10 mill. m³ biomasse per år. Det er i samme størrelsesorden som hele dagens avvirkning fra den norske skogen. I veikartet heter det blant annet: «Ekspertgruppen mener at for Norge er skogbasert biomasse på kort og mellomlang sikt det eneste reelle alternativet til fossil olje som råstoff for produkter som må inneholde karbon og som ikke skal konkurrere med matvareproduksjon. Prisen på biomasse fra skogen vil derfor sannsynligvis øke i takt med økende global etterspørsel. Denne biomassen representerer også et dilemma fordi den også kan brukes som et karbonlager».

Norsk skog binder årlig store mengder CO₂ og utgjør et betydelig karbonlager. Samtidig kan norsk skog også levere viktige bioressurser inn i den norske bioøkonomien. GROT (hogstavfall), lavkvalitetsmassevirke, sidestrømmer fra treindustri og andre biologiske ressurser kan for eksempel utgjøre råstoff for ulike former for biodrivstoff, men kan også være egnet substrat for produksjon av mikroorganismer. Regjeringens bioøkonomistrategi fremhever at «Miljødirektoratet har påpekt at det i et klimaperspektiv er viktig å bruke bioressurser der vi ikke har andre løsninger. Transport og industri er sektorer der mulighetene for å ta i bruk bioressurser til erstatning for fossil energi er spesielt store». I dag importerer Norge rundt 99 % av bioressursene som inngår i drivstoff. Realiseres en norsk satsing på biodrivstoff fra norsk skog vil det legge beslag på betydelige volum. NMBU har anslått at et kommersielt gjennombrudd for biodrivstoff basert på norske bioressurser vil kunne gi en brutto verdiskapningseffekt på om lag 5 milliarder i 2050.³

Forventninger til fremtidig tilgang til substrat

I omtalen av rapporten «Bioresources within a Net-Zero Emissions Economy» fra 2021 uttaler Energy Transitions Commission (ETC): «Potential demands far exceed sustainable supply. Left unchecked, these trends would heighten the risks of unsustainable management of the bio resource, including deforestation, biodiversity loss and soil depletion. The report reveals that current policies often fail to consider claims on bioresources holistically, incentivising uses in sectors where alternatives exist, and jeopardising a sustainable management of the resource.» Samtidig understreker rapporten at estimatet fra bærekraftig biomasse kan økes til opp mot det dobbelte ved faktorer som endringer i kosthold, syntetisk kjøtt, forbedret landbruksproduktivitet, redusert matsvinn, innsamling av organisk avfall og en massiv satsing på tang og tare til energiformål.⁴

Implikasjoner for substrattilgang for encelleprotein

Eksempelene fra regjeringens bioøkonomistrategi og Prosess 21 illustrerer hvorledes storstilt bruk av bærekraftig biomasse forutses brukt for å nå klimamål innen en rekke sektorer. Den samme trenden kan ses på regionalt og globalt nivå. Det potensielle behovet overgår imidlertid langt de sannsynlige volumer som vil være tilgjengelig, som understreket av Energy Transitions Commission. Dette vil ha implikasjoner for fremtidig prisbilde og tilgang, men vil også medføre behov for politiske prioriteringer omkring hvilke bioressurser som bør brukes hvor for å gi størst samfunnsnytte. Fra et bærekraftperspektiv er det gode grunner til å prioritere matproduksjon over for eksempel energiformål.

Omfanget av fremtidig produksjon av råvarer til fiskefôr med substrat fra for eksempel skogbasert biomasse vil altså ikke bare være avhengig av finansiell lønnsomhet. Denne type produksjon vil også være avhengig av å bli tilgodesett gjennom politiske føringer og prioriteringer i forhold til andre bruksområder hvor biologisk materiale kan erstatte fossile innsatsfaktorer. En strategi for storstilt produksjon av mikroorganismer som fôrråvare vil derfor måtte akkompagneres av en strategi som sikrer tilgjengelighet (målt i volum og pris) av de nødvendige bioressurser som må inngå som substrat for slik produksjon.

Produksjon av mikroorganismer

Produksjon av mikroorganismer som sopp, bakterier eller mikroalger diskuteres hyppig som løsninger for å muliggjøre en mer bærekraftig mat-, fôr- energi-, material- og biomasseproduksjon.

Mikroorganismer generelt har et stort potensiale, blant annet grunnet raskt vekst på spesielle typer råstoff, men på samme tid må ulike produksjonsmodeller vurderes nøye for å kunne velge alternativene som kombinerer lav klima- og miljøpåvirkning med bærekraftig ressursbruk.

Det finnes per i dag ingen kommersiell produksjon av mikroorganismer til fiskefôr i Norge, noe som gjør det vanskelig å bedømme sannsynlig fotavtrykk av fremtidig norsk produksjon.

Tabell 1: Eksempler på mikroorganismer i produksjon til fôr. Sammenstilling Bellona, tilpasset fra Jones et al 2020.⁵

Type mikroorganisme	Næringsinnhold med relevans for fiskefôr	Eksempler på arter
Mikroalger	60-70% protein	▪ <i>Chlorella vulgaris</i> ▪ <i>Desmodesmus</i> sp.
	10-20% omega 3-oljer	▪ <i>Schizochytrium limacinum</i>
Gjærsopp	30-50% protein	▪ <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ▪ <i>Candida utilis</i>
Bakterier	50-80% protein	▪ <i>Methylococcus capsulatus</i> ▪ <i>Cupriavidus necator</i>

Mens mikroorganismer blant annet åpner for mer arealeffektiv produksjon av biomasse, vil råstoffvalget ha stor påvirkning på produksjonens bærekraftsprofil. Bruk av bioressurser som råstoff for mikroorganismer i fôrproduksjon vil dermed også kunne rammes av utfordringer som møter annen storstilt bruk av biomasse. Ved produksjon av biodrivstoff skilles det ofte mellom bruk av konvensjonelt og avansert biomasse som råstoff i produksjonen.⁶ Selv om disse vanligvis brukes i biodrivstoff-sammenheng, kan de også være nyttige når vi snakker om råstoff til produksjon av mikroorganismer:

- **Konvensjonelle råstoff** er biomasse som også er egnet som enten mat eller dyrefôr.
- **Avanserte råstoff** er biomasse som regnes som avfall eller restråstoff fra landbruk, skogbruk eller næringsmiddelindustri og som ikke kan utnyttes som mat eller dyrefôr.

Tabell 2 viser potensielle råstoffkilder og fordeler og ulemper knyttet til disse. Den viser gevinster ved å ta i bruk nye generasjoner råstoff som unngår fossile kilder, baserer seg på avanserte biomassekilder og øker sirkularitet i bioøkonomien. Sammenstilling av Bellona, basert på blant annet Jones et al. (2020).

Råstoffkilde	Eksempler	Fordeler	Utfordringer
Matvekster og fossile råstoff	Førstegenerasjons sukker og stivelser, metan, etanol, syntesegass, fossilt hydrogen og CO ₂ .	Enkel tilgang til betydelige volumer som kan leveres gjennom allerede etablerte prosesser og infrastruktur.	Ofte betydelige utfordringer knyttet til bærekraft, f.eks. klima-fotavtrykk, arealeffekter, vannforbruk, biodiversitet og matsikkerhet.
Biprodukter fra biobasert industri	Presskaker fra oljeproduksjon, prosesseringsrest fra mat, fôr eller bioenergi-produksjon, biogass, og CO ₂ fra fornybare, biologiske kilder.	Sirkulær bruk av fornybare, biologiske råstoff med lavt klimaavtrykk.	Utfordrende å sikre at biomassen brukes der den gir størst bærekrafteffekt. Ofte manglende livs-syklusvurderinger.
Avfall og restråstoff fra industri- og landbruk	Rester fra land- og havbruksvirksomhet, bi- og restprodukter fra skogbruk, utslipp fra industri basert på biologiske råstoff, biogass, og CO ₂ fra fornybare, biologiske kilder.	Sirkulær bruk av fornybare, biologiske råstoff med lavt klimaavtrykk.	Utfordrende å sikre at biomassen brukes der den gir størst bærekrafteffekt. Ofte manglende livs-syklusvurderinger.
Slam, avløp	Avløp fra renseanlegg, fiskeslam, industrielt avløpsvann, biogass, og CO ₂ fra fornybare, biologiske kilder.	Sirkulær bruk av fornybare, biologiske råstoff med lavt klimaavtrykk.	Utfordrende å sikre at biomassen brukes der den gir størst bærekrafteffekt.



Fototrofe mikroalger

Råvareløftet



Foto: Shutterstock

Oppsummering

Fototrofe mikroalger kan tilføre både marine fettsyrer og proteiner til laksefôr og kan bidra til å forbedre bærekraftsprofilen til norsk laks. Produksjonen har fordeler ved at algene bruker CO₂ som karbonkilde og lys som energikilde. I Norge er det sannsynligvis mest aktuelt å produsere algene i fotobioreaktorer eller silo. Barrierer for oppskalering inkluderer teknologiske og biologiske utfordringer. Løses disse, er det fullt mulig å skalere opp produksjon i Norge.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Teknologiske og biologiske utfordringer som gjør storskala produksjon vanskelig.

1

Faktagrunnlag

1.1

Om råvaren

Fototrofe mikroalger er mikroskopiske alger som bruker lys og CO₂ som energikilde. De kan finnes både i sjø og ferskvann.

Globalt er det arter av blågrønnalgeslekten *Spirulina* (*Arthrospira*) som er den vanligste fototrofe mikroalgen å dyrke. Andre typer som dyrkes er *Chlorella vulgaris* og *Desmodesmus sp.*, og på Finnfjord smelteverk dyrkes en lokal, arktisk kiselalge (diatomé) kalt *Porosira glacialis*.

Mikroalger anvendes hovedsakelig som næringssupplement for mennesker eller som råstoff for å utvinne verdifulle komponenter som pigmenter (for eksempel Astaxanthin som brukes i lakseproduksjon), polysaccharider til kosmetisk bruk og DHA.⁷

Produksjonen foregår i all hovedsak på land, og det benyttes ulike metoder som raceway ponds, fotobioreaktorer eller siloer:

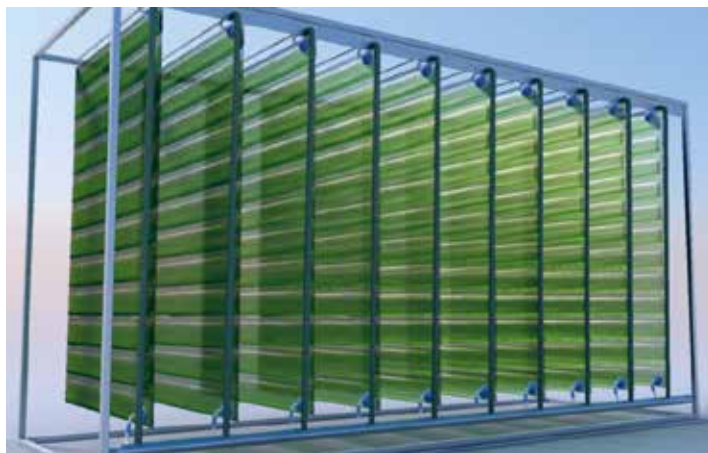
Figur 1:
Fototrofe mikro-
alger produsert
i raceway pond
i Sahara Forest
Project's anlegg
i Qatar.

Foto: Sahara Forest Project



Figur 2:
Eksempel på
fotobioreaktor.

Foto: Bellona



Figur 3:
Mikroalger
produsert i silo
ved Finnfjord
Smelteverk.

Foto: Finnfjord



Ved høstetidspunkt må algene gjennom høsting, avrenning, konsentrering og en form for prosessering.

Mikroalger kan vokse hurtig under gode forhold, men det er en rekke faktorer som kan gjøre storskala produksjon utfordrende. Disse inkluderer:

- Forurensing av uønskede mikroalger i kulturen som kan resultere i et sluttprodukt med varierende eller dårlig kvalitet.
- Forurensing av patogener, parasitter eller predatorer .
- Mangel på næringsstoffer eller lys på grunn av selvskygging i kulturer med høy celletetthet.
- Store svingninger i pH pga. fotosyntese og respirasjon.
- Kostbar høsting og prosessering av biomasse.

I lukkede produksjonssystemer som bioreaktorer har man bedre kontroll på vekstforholdene til algekulturen, men disse er vanligvis mer kostbare å bygge og operere enn åpne anlegg. Åpne anlegg utendørs er den billigste driftsformen, men har også høyere risiko for forurensning og er mer sårbar for eksempelvis temperaturforandringer. Derfor passer denne produksjonsformen kun for noen få, rasktvoksende arter.⁷

1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Det finnes tusenvis av forskjellige mikroalgearter med et vidt spenn av forskjellig næringsinnhold. En del av disse inneholdt en del proteiner og fettsyrer protein og fettsyrer og kan egne seg godt til laksefôr. Noen former av mikroalger har cellevegger som kan være lite fordøyelig, og disse må (i så fall) prosesseres for å øke anvendeligheten i fôr. I tillegg er det indikasjoner på at algen *Porosira glacialis* kan bidra til å redusere påslag av lakselus hos laks, men dette er fortsatt i et tidlig forskningsstadium.⁸

Tabell 1: Ulike mikroalger med innhold av proteiner og fettsyrer

	Proteiner	Fettsyrer
<i>Spirulina</i>	55-70 % ⁹	
<i>P. glacialis</i> (Finnfjord)	17,9-28,6 % ^{10,11}	8,9-12,1 % ^{11,12}
<i>C. vulgaris</i>	38,1 % ¹¹	3,5 % ¹¹

2

Status for produksjon i dag

2.1

Norske aktører

Industri

Finnfjord smelteverk har over lengre tid hatt pilotforsøk med produksjon av kiselalger, med kommersiell produksjon av 50 000 tonn per år som målsetning (ca 120 tonn daglig). De bruker CO₂-rik røykgass fra smelteverket som næring til algene.

AlgaePro i Bergen ser på produksjon av fototrofiske alger.

Det snakkes dessuten om muligheter for fototrof mikroalgeproduksjon i tilknytning til industrien i Grenland.¹³

Forskningsprosjekter

UiB drifter Nasjonal algepilot på Mongstad som har to forskningsprosjekt gående:

CO2Food og **Algae2Future**.

Grønn plattformprosjektet **AlgOpti** har fått tildelt 93 millioner for å utvikle laksefôr basert på alger fra smelteverket ved Finnfjord. Partnere er Finnfjord, UiT, Cargill, Nofima, SINTEF og Flakstadvåg Laks.¹⁴

2.2

Forbrukere i Norge

Utenom ved deltagelse i forskningsprosjekter, bruker ingen av de norske fôrprodusentene ingredienser fra fototrofe alger i kommersielt fôr til laks. Det brukes tidvis til levendefôr i yngelproduksjon av andre fiskearter som torsk, berggylt og rognkjeks.

2.3

Produksjon i utlandet

Globalt står Kina for majoriteten av produksjonen av fotosyntetiserende mikroalger (54 850 av 56 456 tonn), dette er i all hovedsak *Spirulina*/*Arthrospira*.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Kartlegge arter, produksjonsmodeller og gjennomføre livsløsvurdering (LCA) for disse ved norsk produksjon.
Nøkkelegenskaper	▪ Landbasert produksjon. ▪ Avhengig av næringsstoffer som vil kunne stå for store deler av bærekraftsprofilen. ▪ Krever lys.
Muligheter	▪ Mulig klimanøytralitet ved bruk av biogent karbon og fornybar energi. ▪ Landarealbesparende, spesielt ved bruk av lukkede systemer.
Utfordringer	▪ Bruk av fossile karbonkilder. ▪ Mulig betydelig energibruk ved bruk av kunstig lys og/eller prosesseringstrinn som tørking og separering.

3.1

Klima- og miljøfotavtrykk

To norske miljøer peker seg ut med produksjon av marine fototrofe alger i lukkede systemer: Kultivering av kiselalger ved Finnfold AS og prosjekter tilknyttet det nasjonale pilotanlegget for mikroalgeproduksjon på Mongstad (NAM). Ved Finnfold baserer produksjonen seg på røykgass fra smelteverket, ved Mongstad fossilt CO₂ fra Teknologiseret for CO₂-fangst på Mongstad (TCM).

Gitt at disse initiativene bygger helt eller delvis på fossile karbonkilder er det å forvente at resulterende produkter vil ha et betydelig klimafotavtrykk. Det gjenstår å dokumentere miljøfotavtrykket fra prosjektene over, men LCA-profilen vil trolig ligne resultatene for produksjon av metanspisende bakterier basert på naturgass, som rapportert av Couture et al. (2019).¹⁵ Å binde fossile utslipp i fôrbiomasse vil forsinke, men ikke unngå at karbonet til slutt øker den totale mengden i klimasystemet og dermed bidra til global oppvarming.

Fôrressurser basert på fototrofe mikroalger som er dyrket på fornybare kilder vil sannsynligvis ha et mye lavere klimafotavtrykk enn ved bruk av fossile innsatsfaktorer.

Ser man bort fra råstoffvalget kan produksjon av fototrofe mikroalger kreve kunstig lys ved dyrking i Norge, i alle fall deler av året. Prinsipielt er den norske kraftmiksen med sin betydelige andel fornybare energi her å regne som et konkurransefortrinn sammenlignet med land med lignende lysforhold. Dette gjelder også annet forefallende energibehov under produksjonen så vel som påfølgende prosessering til endelig produkt. Som annen produksjon av mikroorganismer er det å forvente at en LCA vil vise et lavt arealbeslag.

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Bruk av mikroorganismer (encellede organismer) som fôrråvare er i dag ikke regulert i lovverket, da det verken er å anse som et animalsk- eller vegetabilsk fôrmiddel. Bruk av ulike mikroorganismer som fôrmiddel er i prinsippet lov, forutsatt at bruken er trygg. Den enkelte produsent av fôrmidler må selv gjennomføre farevurderinger av om egen produksjon tilfredsstiller kravene til trygg bruk. Det er Mattilsynet som fører tilsyn med produksjon av fôrmidler.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Det foreligger i dag ingen klare felles retningslinjer for hva som er å anse som trygg bruk av mikroorganismer som fôrråvare (ref. samtale med Mattilsynet).	→ Utvikle en veileder for bruk av encellede organismer som råstoff til fôr til laks. Dette for å tydeliggjøre hvilke rammer som gjelder ved bruk av encellede organismer i fôr, herunder retningslinjer for hva som ansees som trygg bruk.

4.2

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Flere kilder har uttrykt at det er mangel på støtteordninger for oppskalering av forskning i Norge.	→ Få på plass støtteordninger for "mellom-fasen" (pilot- og demonstrasjonsanlegg) mellom forskning og kommersiell drift.
B Ved produksjon av <i>Spirulina</i> regnes kostnader knyttet til gjødsel som en av de største utgiftspostene. ⁹ Disse prisene vil påvirkes av den globale tilgjengeligheten av gjødsel, som kan svinge. ¹⁶	→ Det bør sees på løsninger hvor fototrofiske mikroalger nyttiggjør seg av næringsstoffene i fiskeslam. Det kan resultere i økt lønnsomhet og sirkularitet i havbruksnæringen.
C Produksjon og prosessering av mikroalger innebærer en rekke steg som kan være energikrevende og dermed også kostbart.	→ Utvikle effektive prosesseringsmetoder for mikroalger som kan øke lønnsomheten for produksjon og sørge for at det brukes fornybar energi i energikrevende prosesser.

4.3

Kunnskap, FoU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Behov for teknologiutvikling for effektive høstings- og prosesseringsmetoder og for genetisk forbedring av algenes vekst, næringsinnhold og utnyttelsesevne av næringskilder.	→ Satsning på teknologiutvikling og innovasjon for produksjon og avl av fototrofiske alger.
B Det er et stort antall arter av fototrofiske mikroalger i verden, og lite kunnskap om hvilke som egner seg best til kultivering og til bruk i fiskefôr.	→ En screening av arter for å kartlegge hvilke som egner seg best til kultivering og som fôrråvare i laksefôr.

4.4

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Produksjon av fototrofe alger i Norge krever kunstig lys, spesielt i vinterhalvåret. Dette er energikrevende og kan påvirke lønnsomheten og evt. også klimagassutslippet hvis energien ikke kommer fra fornybare kilder.	→ Bruke fornybar energi for produksjon med lavest mulig klimagassutslipp.
B Konsepter som bruker fossilt råstoff vil medføre tilsvarende klimagassutslipp og har en usikker fremtid i førmarkedet.	→ Erstatte eventuelle fossile råstoff med fornybare eller CO ₂ fangst fra luft.
C Mangel på LCA for norsk produksjon.	→ Det bør gjennomføres LCA for norsk produksjon.

5

Drive

- Økt etterspørsel av marine fettsyrer og protein i laksefôr.
- Kan nyttiggjøre seg av overflødige uorganiske næringsstoffer som fosfor og nitrogen fra havbruksnæringen, hvis det legges til rette for det.
- Om det viser seg at algen *Porosira glacialis* som dyrkes ved Finnfjord i praksis kan gjøre laksen mer motstandsdyktig mot lakselus, kan dette være en ytterligere pådriver for å bruke denne algen i laksefôr.



Heterotrofe mikroalger

Råvareløftet

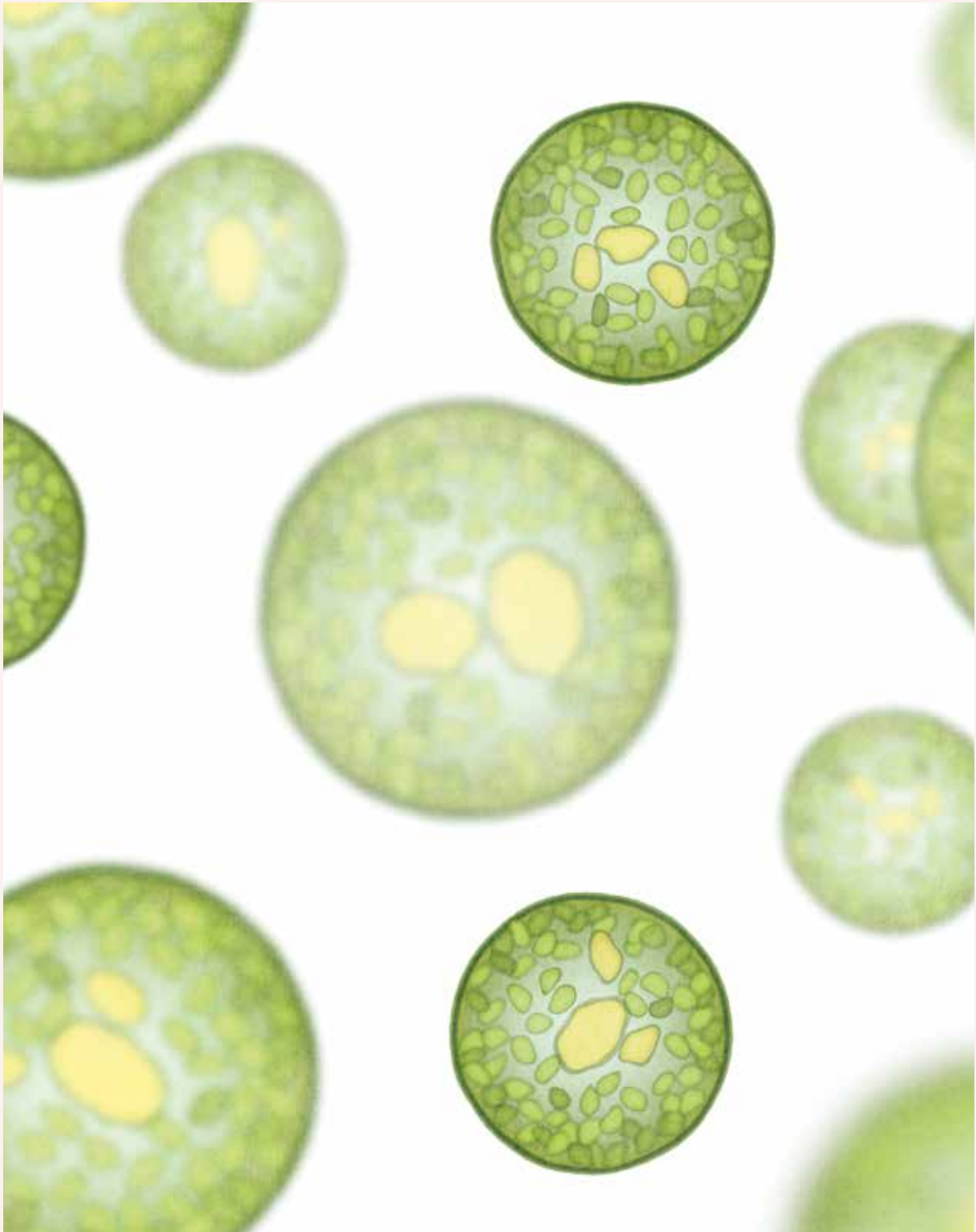


Foto: Shutterstock

Oppsummering

Algeolje fra heterotrofe mikroalger rik på omega-3-fettsyrer brukes i dag i mindre mengder i kommersielt fiskefôr og importeres fra produsenter i USA og Brasil. Hovedbarrieren for økt inkludering i fôr virker å være pris. Produksjonen foregår i bioreaktorer med 1. generasjons sukker som råstoff. Bruk av avfalls- eller sidestrømmer som råstoff kan bidra til å forbedre bærekraftsprofilen. I Norge virker det å være lite interesse for dyrking av råvaren og det er manglende kunnskap om hvordan produksjonen vil kunne foregå her og med hvilke råstoffkilder.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Tilgang på egnede råstoffkilder for effektiv storskala produksjon i Norge..

1

Faktagrunnlag

1.1

Om råvaren

Heterotrofe mikroalger livnærer seg av og får sin energi fra organiske næringskilder, i motsetning til fototrofe mikroalger som får energi fra sollys. I dag er det flere aktører som produserer algeolje til fiskefôr av heterotrofe mikroalger. Som næringskilde til algene brukes sukker fra kilder som mais, sukkerør, hvete og bete. Produksjonen foregår i bio-reaktorer, og arten *Schizochytrium limacinum* er hyppig brukt.

1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Heterotrofe mikroalger brukes i dag til å produsere en omega-3-rik olje som egner seg godt i fiskefôr, og som er i kommersiell bruk i dag. Arten *S. limacinum* inneholder 55–75 % fett av tørrvekt, og rundt 49% av dette er DHA (men det bør merkes at oljen ikke inneholder EPA i særlig grad).¹⁷ EPA/DHA-ratio i fôret bør derfor balanseres med resten av oljetilførselen i fôret på en annen måte enn ved bruk av fiskeolje.

2

Status for produksjon i dag

2.1 Norske aktører

Millennial Salmon-prosjektet er et 4-årig prosjekt med målsetning om å produsere den mest bærekraftig produserte laksen ved å bruke nye, sirkulære fôringredienser med et lavt klimafotavtrykk. Prosjektet fokuserer på algeolje og insektmel som ingredienser, og inkluderer en LCA-studie. Partnere er Nofima, InnovaFeed, Corbion Algae Ingredients, Cargill, SINTEF Ocean og Auchan.

Greentech Innovators i Bergen jobber med produksjon av heterotrofiske alger på pilot-nivå.

2.2 Forbrukere i Norge

De største fiskefôrproduktene i Norge bruker alle algeolje i kommersiell fôrproduksjon.

2.3 Produksjon i utlandet

Corbion produserer algeolje i Brasil med sukker fra sukkerrørproduksjon, og selger algeolje til blant annet norske fiskefôrprodusenter.

Det samme gjør **Veramaris** som har produksjon i USA.

Alltech har deltatt i fôringsforsøk med *S. limacinum* sammen med blant annet Nofima men ser ikke ut til å ha kommersiell produksjon til fiskefôr-markedet.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Moderat
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Gjennomføre LCA for norsk produksjon og finne erstatninger til dagens bruk av substrater som kommer i konkurranse med humant konsum.
Nøkkelegenskaper	▪ Landbasert produksjon av marine fettsyrer. ▪ Miljø- og klimafotavtrykk vil avhenge stort av næringskilde/substrat.
Muligheter	▪ Kan minske avhengighet av villhøstede marine kilder for marine fettsyrer. ▪ Å bruke andre- eller tredje-generasjons biomasse kan forbedre miljøfotavtrykket betydelig. ▪ Kan muligens gjenvinne matavfall og andre restprodukter fra eksisterende næringsvirksomhet. ▪ Kan mulig bidra til økt sirkulærøkonomi i havbruk ved bruk av for eksempel slam fra oppdrett.
Utfordringer	▪ Bruk av konvensjonelle råstoff (1. generasjons) – sukker fra mais, hvete eller sukkerrør – som også er matvarer. ▪ Mulig energiintensiv prosessering.

3.1

3.1 Miljø- og klimafotavtrykk

Bruk av omegafettsyrer fra kultiverte heterotrofe mikroalger i laksefôr er økende. Det er imidlertid spørsmål om hvorvidt arealbeslag og ressursbruk knyttet til råstoffproduksjon er bærekraftig og konkurransedyktig i fremtidens fôrmarked. Sukker fra matvekster som mais eller sukkerrør er avhengig av landbruksareal som kunne vært brukt til matproduksjon og avlingen er anvendbar som mat og fôr direkte. Disse råvarene omtales ofte som konvensjonelle eller 1. generasjons råstoff og forårsaker ofte utfordringer knyttet til arealbruk, tap av biodiversitet, mat- og vannsikkerhet.

Det ville derfor vært en klar fordel at produksjon av heterotrofe mikroalger baserer seg på råvarer som er uavhengig av begrensede ressurser som matjord, ferskvann og lignende. Såkalte avanserte råstoff er råstoff som ikke direkte kan brukes som mat eller fôr. Sidestrømmer fra skogdrift, industrielle restprodukter og lignende kan minske konkurranse med matjord. Det har blitt vist at tarebiomasse kan brukes som sukkerkilde for produksjon av heterotrofe mikroalger.¹⁸ Fordelen med bruk av råvarer som dyrkes i havet (slik som tang og tare) som vekstsubstrat, er at det er få innsatsfaktorer og at det ikke legges beslag på landareal. Med tanke på miljømessig bærekraft bør norsk produksjon prioritere sukkerkilder fra råstoff som ikke konkurrerer med humant konsum.

Ser man bort fra råstoffvalget vil produksjon av mikroalger kreve energi under produksjon og prosessering. Prinsipielt er den norske kraftmiksen med sin betydelige andel fornybare energi fordelaktig her.

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

4.1 Regulatoriske barrierer

Bruk av mikroorganismer (encellede organismer) som fôrråvare er i dag ikke regulert i lovverket, da det verken er å anse som et animalsk- eller vegetabilsk fôrmiddel. Bruk av ulike mikroorganismer som fôrmiddel er i prinsippet lov, forutsatt at bruken er trygg*. Den enkelte produsent av fôrmidler må selv gjennomføre farevurderinger av om egen produksjon tilfredsstiller kravene til trygg bruk. Det er Mattilsynet som fører tilsyn med produksjon av fôrmidler.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Det foreligger i dag ingen klare felles retningslinjer for hva som er å anse som trygg bruk av mikroorganismer som fôrråvare (ref. samtale med Mattilsynet).	→ Utvikle en veileder for bruk av encellede organismer som råstoff til fôr til laks. Dette for å tydeliggjøre hvilke rammer som gjelder ved bruk av encellede organismer i fôr, herunder retningslinjer for hva som ansees som trygg bruk.
B Fiskeslam kan benyttes som substrat ved dyrking av encellede organismer, men det skal ikke følge med rester av slikt substrat i sluttproduktet som skal brukes til fôr. Samtidig vil det være en utfordring å fjerne partikler og oppløst stoff fra slam fullstendig fra de dyrkede cellene. ¹⁹	→ Det bør utvikles analysemetodikk for å dokumentere at encellede organismer, der slam er benyttet som substrat, ikke inneholder rester av slam.*
C Matavfall kan benyttes som substrat ved dyrking av encellede organismer, men det skal ikke følge med rester av slikt substrat i sluttproduktet som skal brukes til fôr. Det skal heller ikke forekomme eventuelle sporstoffer fra substratet (eks. muggsopp) i den dyrkede fôrråvaren, og eventuelle tungmetaller i fôrråvaren (fra substratet) skal ikke overskride fastsatte grenseverdier.	→ Det bør utvikles analysemetoder som kan dokumentere/utelukke eventuelt innhold av uønskede sporstoffer eller tungmetaller i encellede organismer, der matavfall er benyttet som substrat.

4.2

4.2 Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Selv om prisen på algeolje har minsket over tid og sannsynligvis vil fortsette å minke, er prisen høyere enn fiskeolje. CEO i Alltech uttrykte i 2018 at prisen var 3 ganger høyere enn fiskeolje. ²⁰	→ En økning av produksjonskapasiteten for algeolje kan redusere produksjonskostnad og dermed bedre konkurranseevnen i forhold til fiskeolje.
B Høy pris på substrat, ¹⁹ som nå i all hovedsak er ulike sukkertyper.	→ Å ta i bruk nye substrat som ikke konkurrerer med humant konsum kan både redusere prisen direkte og gjøre prisen på algeolje mindre avhengig av svingende matpriser, samt resultere i en mer bærekraftig fôrråvare.

* Dette i henhold til *Forskrift om fôrvarer*, der formålet er å sikre at fôret er trygt og dermed ikke er helseskadelig for mennesker eller dyr, eller gjør næringsmidler fra dyr uegnet for konsum. Fôret skal heller ikke ha skadevirkning på miljøet.

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Bruk av konvensjonelle råstoff (1. generasjons) biomasse.	→ Etablere storskala utvinning av sukker fra avanserte råstoff.
B Mangel på tilstrekkelig tilgang på annet mulig vekstsubstrat som matavfall.	→ Reguleringsendringer som muliggjør bedre bruk av f.eks. matavfall og slam enn i dag.
C Manglende informasjon om arealendringseffekter og utslipp fra produksjon gjør det vanskelig å sammenligne med andre råvarer.	→ LCAer fra dagens produksjon bør gjennomføres og gjøres tilgjengelig for å kunne vurdere råvaren opp mot andre råvarer.

- Algeolje er en ny kilde til marine oljer som ikke er villhøstet, og kan i tillegg gi mindre uønskede stoffer (tungmetaller, etc.) i fôrprodukt sammenlignet med villfanget fisk.
- Om man utelukker produksjon av råstoff til algedyrkingen, er produksjonen relativt plasseffektiv og kan i teorien foregå hvor som helst. Logistikkmessig er det dog lurt å ha produksjonen i nærheten av tilgjengelig råstoff.
- Om algene kan føres med sidestrømmer som ikke er i direkte konkurranse med menneskelig konsum, kan det forbedre bærekraftsprofilen betraktelig.



Sopp

Råvareløftet



Foto: Shutterstock

Oppsummering

Gjærøpp og mycelium kan omdanne restråstoff fra blant annet trevirke til encelleprotein, og er en interessant ny råvare som egner seg godt i laksefôr, og som i tillegg kan gi positive helseeffekter hos laks. Proteininnholdet er noe lavt, og må konsentreres for å inngå i laksefôr. Barrierene ligger i å utvikle en mer effektiv prosess for produksjon av soppprotein fra cellulose, samt tilgang til nok bærekraftig og prisgunstig biomasse som kan benyttes som substrat.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Identifisere nok substrat for storskala produksjon, samt FoU-arbeid for å øke produksjonseffektivitet og lønnsomhet.

1

Faktagrunnlag

1.1

Om råvaren

Det som i fôrråvare-sammenheng ofte omtales som *encelleprotein* er protein utvunnet av encellede organismer som blant annet gjærsopp, bakterier eller alger. Denne delrapporten tar for seg to typer sopp: gjærsopp og mycelium. Disse konverterer sukker til protein, og produksjonen foregår i bioreaktorer.

Gjærsopp

Flere arter gjærsopp kan brukes til å fremstille protein. Hyppig brukte arter er blant annet *Saccharomyces cerevisiae*, *Calandida utilis* og *Kluyveromyces marxianus*. I 2018 utgjorde gjærsoppbasert encelleprotein 30 % av den totale produksjonen av encelleprotein, med en markedsverdi på 15 mrd NOK. Volumet er estimert til å vokse 3,5 % årlig.²¹ Globalt er Europa ledende på produksjon av fôrprodukter fra gjærsopp, med et volum på 215 000 tonn i 2017.²¹ Hovedkonsumentene er svin- og fjørfeproduksjon.

Foods of Norway ser på mulighetene for å bruke trevirke og tare som substrat for å dyrke gjærsopp. Ved bruk av trevirke, skilles cellulose og hemicellulose fra ligninet, og enzymer brukes til å bryte opp cellulosen til sukkerarter som er egnet til fermentering av gjærsoppen.²² Halm er et annet råstoff som kan brukes på lik linje med trevirke, og i Norge produseres 500–700 000 tonn årlig.²²

Mycelium

Mycelium/filmanetøse sopper er nettverk av sopptråder som man oftest finner under bakken. De kan livnære seg av ulike typer sukre fra organisk materiale, og skiller seg fra gjærsopp ved å kunne ta i bruk flere typer organisk materiale og ved å ha et litt høyere proteininnhold. Myceliumproduksjon er enda på et tidlig stadium i utviklingen frem mot kommersialisering sammenlignet med gjærproduksjon. Det er allikevel flere aktører som har begynt å se på denne typen produksjon.

1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Gjærsopp har en aminosyresammensetning som ligner fiskemel, og egner seg godt i fiskefôr selv om proteinfordøyeligheten ser ut til å være litt lavere enn med fiskemel.²³ Proteininnholdet kan variere fra 30–58 %, og proteinet må derfor konsentreres på lik linje med for eksempel soyaprotein. Prosessering kan også øke fordøyeligheten fordi man bryter ned celleveggene til gjærsoppen.

Gjærsopp er dog ikke kun interessant i fiskefôr for sitt proteininnhold. Den kan også inneholde interessante komponenter som har vist seg å kunne virke positivt på fiskehelsen.²³ Små mengder av gjærsoppen *S. cerevisiae* har gitt økt vekst, immunrespons og forsvar mot bakterieinfeksjoner i laksefisk, mens inkludering av *C. utilis* og *K. marxianus* har vist seg å kunne redusere soyaindusert enteritt hos laks.²³

Mycelium har et høyere proteininnhold enn gjær, på opptil 65 % (personlig kommunikasjon, Gudbrand Rødsrud, Borregaard), men det er lite informasjon tilgjengelig om mycelium som fôrråvare til laks.

2

Status for produksjon i dag

2.1

Norske aktører

Industri

Borregaard er en stor produsent av cellulose fra skogbruk. Denne cellulosen kan ved enzymatisk nedbrytning brukes til produksjon av gjærsopp. De deltar blant annet i Foods of Norway og har samarbeid om mycelium med EniferBio.

Synergifabrikken på Smøla skal benytte råstoff fra skogindustrien til å produsere protein fra gjærsopp til fiskefôr, og har planer om et pilotanlegg.²⁴

NoMy er et nystartet selskap med mål om å produsere mycelium-protein.

Forskning

Foods of Norway er et senter for forskningsbasert innovasjon med mål om å utvikle bærekraftige fôringredienser fra lokale, naturlige bioressurser som ikke egner seg for direkte humant konsum.²⁵

Horizon-prosjektet **Sylfeed**, har som målsetting å demonstrere skalering av teknologi for å produsere gjærprotein med restråstoff fra skogsindustri til bruk i fiskefôr. Flere norske aktører deltar i prosjektet.

2.2

Forbrukere i Norge

Biomar deltar i Foods of Norway, hvor de tester gjærsopp i fôr til laksefisk. Ellers blir protein fra sopp ikke brukt i laksefôr i dag.

2.3

Produksjon i utlandet

Associated British Foods, **Alltech**, **Lesaffre** og **Lallemand** er blant større aktører som produserer gjærbasert fôr, men hovedsakelig til landbruk.

EniferBio er et finsk selskap som produserer myceliumprotein, og tester blant annet fôrråvaren i laksefôr sammen med Skretting.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Noe
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Kartlegge egnede arter, produksjonsteknologi, samt gjennomføre LCA for norsk produksjon.
Nøkkelegenskaper	▪ Mikroorganismer med høy vekstrate. ▪ Produksjon i bioreaktorer. ▪ Krever råstoff til næringsmedium/substrat.
Muligheter	▪ Kan utnytte ressursstrømmer som ikke er egnet til humant konsum, dvs. 2.- eller 3.-generasjons biomasse fra trevirke eller alger. ▪ Kan i likhet med andre mikroorganismer trolig redusere press på landareal og vannforbruk.
Utfordringer	▪ Unngå bruk av sukker som kan brukes til humant konsum. ▪ Tilgang og produksjon av bærekraftig biomasse til substrat, for eksempel skogbruk på land og til havs. ▪ Sørge for å bruke fornybar energi ved energikrevende operasjoner som prosessering.

3.1

3.1 Miljø- og klimafotavtrykk

Sopp diskuteres som en bærekraftig proteinkilde som har mulighet til å konvertere lavverdig biomasse som for eksempel sidestrømmer fra skog og jordbruk til høyverdig fôr og samtidig minske avhengighet fra matjord og ferskvann.²⁶ Utenlandsk kommersiell produksjon av gjærprotein baserer seg gjerne på konvensjonelle råstoffsom sukker fra mais eller sukkerrør. Med tanke på miljømessig bærekraft bør bruk av disse minimeres i Norge til produksjon av råvarer til fiskefôr. Andre- eller tredjegenasjons råstoff (som sidestrømmer fra skogsindustri) får dermed økende oppmerksomhet som sukkerkilde til gjærfermentering.²⁶

Couture et al (2019) gjennomførte en livssyklusvurdering som sammenlignet mel fra metanotrofe (såkalt «metanspisende») bakterier (med naturgass som substrat), gjærprotein (med hvete-biprodukt fra bioenergiproduksjon som substrat) og soyaprotein for tilsammen syv indikatorer for ressursbruk og utslipp.¹⁵ Soppprotein viste et betydelig lavere CO₂-fotavtrykk sammenlignet med både soyaprotein og mel fra metanotrofe bakterier. Ved å erstatte soya med gjær i fôrblendingen (25 % innblanding), ble klimafotavtrykket redusert til en tredjedel i studien.¹⁵

Videre la soppprotein et betydelig mindre beslag på areal enn soyaprotein og brukte mindre av typiske innsatsfaktorer i landbruksproduksjon som nitrogen og fosfor. Sammenlignet med soya og bakteriemel hadde soppprotein lavere eller lignende fotavtrykk for alle undersøkte kategorier, med unntak av forbruk av biologisk primærproduksjon. Dette skyldes bruk av biprodukt fra hvete som sukkerkilde som til tross for å være andregenerasjons råstoff, utgjør bruk av biologisk primærproduksjon.

Foreløpige resutlater fra Sulfeed-prosjektet, hvor restråstoff fra trevirke brukes som vekst-substrat, viser et klimagassutslipp for gjærproduktet SylPro på 3.62 kg CO₂eq/kg crude protein og et best-case på 2.38 kg CO₂eq/kg crude protein ved videre utvikling. Tørrking av biomassen stod for størstedelen av klimafotavtrykket (43 %).²⁷ Videre er det behov for livsløpsanalyser som ikke ender ved fôrfabrikken, men som også inkluderer sopp som fôr-råvare i lakseproduksjon.

I arbeidet med å avklare fotavtrykket til mulig norsk produksjon i stor skala bør det utover livsløpsvurderinger tas hensyn til faktorer som fôr-mat konkurranse, alternativ bruk som karbonlagring og bidrag til sirkulærøkonomi. Videre bør alternativene vurderes i forhold til eksisterende retningslinjer for utnyttelse av biomasse og helst i henhold til forventede fremtidige retningslinjer som bygger på et helhetlig rammeverk for bioressursbruk i Norge eller EU.²⁹ Se f.eks. Regjeringens bioøkonomistrategi fra 2016, hvor det i prioriteres i følgende rekkefølge: matproduksjon, mest mulig effektiv bruk og gjenbruk, mest mulig lønnsom bruk.³⁰

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Bruk av mikroorganismer (encellede organismer) som fôrråvare er i dag ikke regulert i lovverket, da det verken er å anse som et animalsk- eller vegetabilsk fôrmiddel. Bruk av ulike mikroorganismer som fôrmiddel er i prinsippet lov, forutsatt at bruken er trygg*. Den enkelte produsent av fôrmidler må selv gjennomføre farevurderinger av om egen produksjon tilfredsstiller kravene til trygg bruk.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Det er Mattilsynet som fører tilsyn med produksjon av fôrmidler. Det foreligger i dag ingen klare felles retningslinjer for hva som er å anse som trygg bruk av mikroorganismer som fôrråvare (ref. samtale med Mattilsynet).	→ Utvikle en veileder for bruk av encellede organismer som råstoff til fôr til laks. Dette for å tydeliggjøre hvilke rammer som gjelder ved bruk av encellede organismer i fôr, herunder retningslinjer for hva som ansees som trygg bruk.

4.2

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Høy pris på proteinkonsentrat fra gjærsopp i forhold til andre proteinkilder gjør det lite lønnsomt for fôrprodusenter å bruke store volum, og dermed for råvareprodusentene å skalere opp.	→ Støtte aktører innen fôr og oppdrett som kan skape suksesshistorier med bruk av nye bærekraftige fôrråvarer slik at disse blir spydspisser for videre oppskalering og bærekraftig utvikling av hele næringen.
B Bioreaktorer, utstyr og verktøy for prosessering kan utgjøre kostbare investeringer og må skaleres opp i takt med produksjonen. Skaleringsinvesteringer som ligger i sjiktet mellom pilotstadium og storskala produksjon med sikker lønnsomhet kan det være utfordrende å finne investorer til.	→ Innføre insentivordninger som kan avlaste risiko for investeringer for mellomstore skaleringsstrinn. Dette er spesielt viktig for råvarer som produseres i bioreaktorer.
C Det kan bli økt etterspørsel av substrat som også kan brukes til andre formål som for eksempel produksjon av biodrivstoff, og dermed også økt konkurranse om for eksempel cellulose fra skogbruk.	→ I utviklingen av norsk bioøkonomi bør substrat for fôr- og matproduksjon være en prioritet for myndighetsapparatet. Det innebærer at det bør utvises varsomhet med å utvikle støtteordninger og reguleringer for annen bruk av egnet biomasse som kan begrense tilgjengelighet til fôrproduksjon.

* Dette i henhold til *Forskrift om fôrvarer*, der formålet er å sikre at fôret er trygt og dermed ikke er helseskadelig for mennesker eller dyr, eller gjør næringsmidler fra dyr uegnet for konsum. Fôret skal heller ikke ha skadevirkning på miljøet.

4.3

Kunnskap, FOU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A I dag er proteininnholdet i gjærsopp for lavt til at det kan brukes direkte i fiskefôr. For å kunne øke lønnsomheten må det identifiseres enzymer som muliggjør mer effektiv utnyttelse av cellulose fra trevirke, og gjærarter med høyere proteininnhold som er mer egnet til laksefôr enn artene som brukes i dag.	→ Målrettet FoU-arbeid gjennom forskningsprosjekt og -program som for eksempel SFlen Foods of Norway og andre initiativ.
B Manglende kunnskap om myceliums egnethet i laksefôr.	→ Undersøke egnethet av mycelium som fôringrediens i laksefôr gjennom fôrforsøk.
C Mangel på kunnskap i embetsverket på nye fôrråvarer kan føre til forlenget tid for godkjenning og innføring av nye fôrråvarer eller substrater til fôrråvarer.	→ Øke dialogen mellom Mattilsynet, EFSA og andre fagmiljøer gjennom for eksempel krav til involvering av og kompetansebygging hos disse i FoU-prosjekt og -program kan gjøre innfasing av nye fôrråvarer raskere og smidigere.

4.4

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Tilstrekkelig tilgang på substrat som ikke konkurrerer med humant konsum.	→ Manglende helhetlig rammeverk for allokering av bioressurser som for eksempel eksplisitt tar hensyn til konkurranse mellom anvendelser til fôr og biodrivstoff.
B Kartlegge tilgjengelige kilder som kan inngå i gjær- og myceliumproduksjon i Norge, som for eksempel cellulose fra skogbruk og makroalger.	→ Etablere helhetlig rammeverk for allokering av bioressurser som prioriterer allokering til matproduksjon.

En viktig driver for produksjon av gjærsopp er **tilgangen på substrater** som restråstoff fra trevirke, makroalger og andre karbohydratrike kilder som ikke er egnet som mat eller fôr direkte. Ved bruk av råstoff som er sidestrømmer fra annen produksjon, er proteinproduksjon fra både gjærsopp og mycelium veldig plasseffektivt og kan i prinsippet foregå overalt, selv om det er fordelaktig at produksjonen foregår i nærhet av råstofftilgang og i området hvor man kan ta i bruk fossilfri energi til produksjonsprosessene.

Produksjon av gjærsopp har foregått lenge til andre formål enn fiskefôr, og er en velkjent prosess med veletablert teknologi. Produksjon av soppprotein fra mycelium er ikke en like veletablert prosess, men her ligger det drivere i form av etterspørsel etter proteinrike råvarer til fôr og mulighet til å utnytte mer variert råstoff.

Som følge av stagnerte fiskerivolum til fôr og økt etterspørsel, har prisene på fiskemel økt. I dag koster fiskemel rundt 1360 \$/tonn. Gjærbaserte fôrråvarer til havbruk har en snittpris på 1900 \$/tonn,²¹ men prisen kan trolig reduseres ved mer effektive produksjonsprosesser eller ved at man baserer produksjonen på rimeligere råstoff fra sidestrømmer fra annen industri.

Strengere krav til fiskehelse og dødelighet fra forbrukere og myndigheter kan øke etterspørselen etter fôr med positive helseeffekter. Inkludering av noen gjærtyper i laksefôr har vist seg å kunne gi positive helseeffekter hos laks som gjør dem mer motstandsdyktige mot bakterieinfeksjoner. Denne merverdien kan gjøre at oppdrettere og fôrprodusenter aksepterer en høyere pris enn råvarer med tilsvarende proteininnhold men som ikke har samme positive helseeffekter.



Bakterier

Råvareløftet

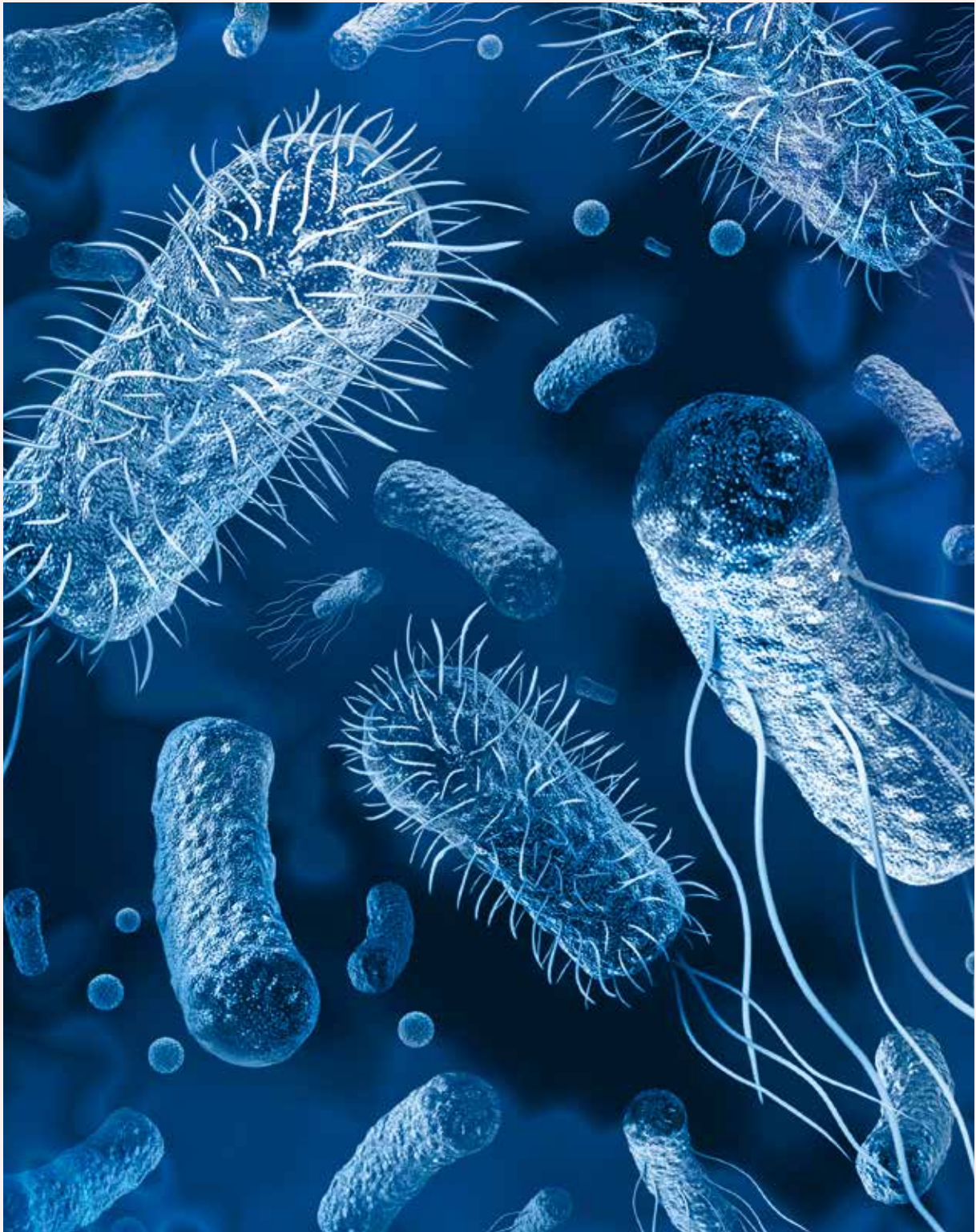


Foto: Shutterstock

Oppsummering

Bakterier er en stor og mangfoldig gruppe organismer, med flere lovende arter som har potensiale til å inngå som råstoff i fiskefôr. Proteinnivået er generelt høyt, og produksjonen er meget arealeffektiv. Bakterier kan utnytte ulike karbonkilder som vekstmedium, blant annet metan, etanol eller hydrogen kombinert med CO₂. Bærekraftprofilen vil avhenge av karbonkilden som benyttes i produksjonen.

Teknologisk modenhet



Bærekraftpotensial



Usikkerhet



Viktigste barriere

Behov for teknologiutvikling og høyt klimafotavtrykk ved bruk av fossile karbonkilder.

1

Fakta grunnlag

1.1

Om råvaren

Det finnes mange typer bakterier som kan vokse på ulike energikilder; blant annet metan-gass, metanol, eller CO₂ sammen med hydrogen. Se Tabell 1 for noen av de mest brukte bakterieartene som kan være relevant som proteinrik råvare til laksefôr:

Tabell 1: Proteininnhold i ulike bakterier som kan egne seg som fôrråvare.

Arter	Proteininnhold	Substrat	Produsenter
<i>Methylococcus capsulatus</i>	70 %	Metan	Calysta, Unibio
<i>Methylobacterium extorquens</i>	Opptil 70 % ³¹	Metanol	KnipBio
<i>Clostridium sp.</i>	Opptil 80 %	Etanol	White Dog lab
<i>Cupriavidus necator</i>	70-80 % (hvorav 65-70 % er aminosyrer, pers. kom. Arild Johannessen) ³²	CO ₂ og H	Gas2Feed, Deep Branch, Solar Foods, Novonutrients, Kiverdi

SINTEF har sett på den teoretiske muligheten for å anvende organisk materiale i fiskeslam til å produsere encelleprotein.³³ Det er uklart hvilke arter som kunne egnet seg best, og hvordan produksjonen skal kunne foregå i praksis. En mulighet kan være å designe mikro-bekulturer som er tilpasset å kunne utnytte innholdet i slammet. En annen kan være å produsere biogass av slammet som videre brukes som substrat til bakterier som utnytter metan som råstoff.

1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Bakteriemel kan ha et relativt høyt proteininnhold (Tabell 1) og er fortsatt i teststadiet til bruk i fiskefôr.⁵ *Methylobacterium extorquens* har for eksempel vist seg å kunne erstatte opptil 55 % av fiskemelet i laksefôr.³⁴

2

Status for produksjon i dag

Bakteriemel blir ikke brukt i kommersielt laksefôr i Norge i dag. Likevel er det en rekke produsenter av bakteriemel som har eller planlegger industriell produksjon, og flere fôrprodusenter har samarbeid med produsenter av bakteriemel.

2.1 Norske aktører

Greentech Innovators i Bergen jobber med produksjon på pilotnivå av encelleprotein fra bakterier med matavfall fra BIR som substrat.

Gas2Feed er et nystartet selskap som skal produsere proteinrikt mel fra bakterier som utnytter hydrogen og CO₂ hentet fra landbasert lakseoppdrett.

2.2 Forbrukere i Norge

Bakteriemel har blitt testet i laksefôr, men det er enda ikke i kommersielt bruk i dag. Dette grunnet høy pris og at noen fiskefôrprodusenter utelukker råvarer som er basert på fossile karbonkilder pga. høyt klimafotavtrykk.

2.3 Produksjon i utlandet

Calysta og **Unibio** produserer mel av bakterien *Methylococcus capsulatus* som bruker metan som karbonkilde.³⁵ Calysta har bygd en fabrikk med teoretisk kapasitet på 200,000 mtpa.³⁶

White Dog Labs og **KnipBio** bruker sukker og etanol/metanol som innsatsfaktor i bakterieproduksjon. KnipBio bruker arten *Methylobacterium extorquens*. White Dog Labs bruker en *Clostridium*-strain.

Deep Branch, **NovoNutrients** og **Solar Foods** (Finland) dyrker bakterier som vokser på CO₂ og hydrogen.

3

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Betydelig
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Identifisere egnede arter og gjennomføre livssyklusvurdering for norsk produksjon.
Nøkkelegenskaper	▪ Mikroorganismer med høy vekstrate . ▪ Produksjon i bioreaktorer.
Muligheter	▪ Klimagassutslipp kan reduseres ved bruk av ikke-fossile råstoff. ▪ Sirkulærøkonomi: Bruk av vekstmedier som baserer seg på andre- eller tredje-generasjons biomasse, avfall eller avløpsvann. ▪ Potensial for lavt arealbeslag sammenlignet med landbruksprodukter.
Utfordringer	▪ Unngå fossilt råstoff som vekstmedium for bakterier som vokser på metan. ▪ Unngå konvensjonelle råstoff i produksjon av bakterier som vokser på sukker. ▪ Minimere energibruk fra produksjon og prosessering og anvende fornybar energi.

3.1

3.1 Miljø- og klimafotavtrykk

Couture et al (2019)¹⁵ gjennomførte en livsløpsvurdering som sammenlignet mel fra bakterier som utnyttet naturgass (metan) som vekstmedium, gjærsopp-protein og soya-protein for syv fotavtrykk- og utslippskategori. Bakteriemel viste betydelig mye mindre arealbeslag enn soyaprotein og mindre avhengighet av innsatsfaktorer slik som nitrogen og fosfor som er typiske for landbruksproduksjon. Klimafotavtrykket til bakteriemelet tilsvarte det for soyaproteinkonsentrat, og det forholdsvis høye CO₂-avtrykket til bakteriemelet skyldtes at fossilt metan ble brukt som vekstmedium – som så igjen slipper ut CO₂. Dersom bakterieproduksjon kan basere seg på fornybar energi, som biogass, vil det føre til lavere klimagassutslipp.

3.2

Potensial og risiko

Å muliggjøre produksjonsmodeller som utnytter fornybare råstoff eller oppsirkulerer ulike avfallskilder vil kunne gi norsk fôrproduksjon langsiktige konkurransefortrinn. Et viktig første skritt kan være å sikre tilgang til biogass som erstatning for fossile energikilder.

Det er dessuten et betydelig mulighetsrom for bruk av innovative kombinasjoner av fornybar energi og avanserte råstoff. Teoretiske studier har blant annet vist store besparelser i landarealbeslag sammenlignet med grønnsaksproduksjon ved bakterieproduksjon basert på solcelleenergi i kombinasjon med CO₂-fangst fra luft.³⁷

4

Barrierer og løsningstiltak

4.1

Regulatoriske barrierer

Bruk av mikroorganismer (encellede organismer) som fôrråvare er i dag ikke regulert i lovverket, da det verken er å anse som et animalsk- eller vegetabilsk fôrmiddel. Bruk av ulike mikroorganismer som fôrmiddel er i prinsippet lov, forutsatt at bruken er trygg*. Den enkelte produsent av fôrmidler må selv gjennomføre farevurderinger av om egen produksjon tilfredsstiller kravene til trygg bruk.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Det er Mattilsynet som fører tilsyn med produksjon av fôrmidler. Det foreligger i dag ingen klare felles retningslinjer for hva som er å anse som trygg bruk av mikroorganismer som fôrråvare (ref. samtale med Mattilsynet).	→ Utvikle en veileder for bruk av encellede organismer som råstoff til fôr til laks. Dette for å tydeliggjøre hvilke rammer som gjelder ved bruk av encellede organismer i fôr, herunder retningslinjer for hva som ansees som trygg bruk.
B Fiskeslam kan benyttes som substrat ved dyrking av encellede organismer, men det skal ikke følge med rester av slikt substrat i sluttproduktet som skal brukes til fôr. Samtidig vil det være en utfordring å fjerne partikler og oppløst stoff fra slammets fullstendig fra de dyrkede cellene. ¹⁹	→ Det bør utvikles analysemetodikk og rutiner for å dokumentere og sikre at encellede organismer, der slam er benyttet som substrat, ikke inneholder rester av tarminnhold. ¹⁹

4.2

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Bioreaktorer og verktøy for prosessering kan være en kostbar investering og må skaleres i takt med produksjonen. Skaleringsinvesteringer som ligger i sjiktet mellom pilotstadium og storskala produksjon med sikker lønnsomhet kan være utfordrende å finne investorer til.	→ Innføring av insentivordninger som kan avlaste risiko for investeringer for tidlige oppskalering for bakterieråvarer som produseres i bioreaktorer.

* Dette i henhold til *Forskrift om fôrvarer*, der formålet er å sikre at fôret er trygt og dermed ikke er helseskadelig for mennesker eller dyr, eller jør næringsmidler fra dyr uegnet for konsum. Fôret skal heller ikke ha skadevirkning på miljøet.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Bakterier som bruker fossilt råstoff, for eksempel metan, vil ha tilsvarende klimagassutslipp og en usikker fremtid i førmarkedet.	→ For at bakteriemel skal få en rolle i fremtidens fiskefôr så må produksjonen baseres på fornybare ressurser.
B Biogassproduksjonen i Norge er relativt liten og spredt, og vanskeliggjør dermed storskala produksjon av bakterier på biogene (ikke-fossile) metankilder.	→ Øke og sentralisere produksjon av biogass i Norge for å muliggjøre produksjon av bakterier som for eksempel bruker metan som karbonkilde.
C Manglende LCA og kunnskap på produksjonsmetoder for de ulike grupper bakterier.	→ Det bør utvikles livsløpsvurderinger (LCA) for norsk produksjon.

Proteininnholdet i bakteriemel ser også ut til å være relativt høyt og kan egne seg godt i fiskefôr.

Slam fra fiskeoppdrett kan bli en mulig **fornybar kilde til metan** for bakterieproduksjon, og samtidig øke graden av sirkularitet i havbruksproduksjonen.

Bakterier som bruker CO₂ og H som råstoff blir på samme måte som produksjon av vegetabiler en form for CCU (carbon capture and utilization), hvor man binder karbon midlertidig i biomasse. Hvis alle prosesser i produksjonen er basert på **fornybar energi**, kan man regne produksjonen som **karbonnøytral**.

Referanser

1. Nærings- og fiskeridepartementet. Regjeringens bioøkonomistrategi: Kjente ressurser – uante muligheter. (2016).
2. Fritsche, U. *et al. Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-Neutral Economy - Knowledge Synthesis Final Report, Publications Office of the European Union, Luxembourg.* (2020). doi:10.2760/667966.
3. NMBU. *Biobasert verdiskaping - framtidsperspektiver.* (2019).
4. Energy Transitions Committee. Bioresources within a Net-Zero Emissions Economy. 1–116 (2021).
5. Jones, S. W., Karpol, A., Friedman, S., Maru, B. T. & Tracy, B. P. Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Curr. Opin. Biotechnol.* **61**, 189–197 (2020).
6. Miljødirektoratet. Biodrivstoff. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/transport/biodrivstoff/> (2021).
7. Cai, J., Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., Cornish, L., Dabbadie, L., Desrochers, A., Diffey, S., Garrido Gamarro, E., Geehan, J., Hurtado, A., Lucente, D., Mair, G., Miao, W., Potin, P., Przybyla, C., Reantaso, M., Roubach, R., Tauati, M. & Yuan, X. *Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development* vol. 1229 (FAO Fisheries and Aquaculture Circular, 2021).
8. Eilertsen, H. C. *et al.* Inclusion of photoautotrophic cultivated diatom biomass in salmon feed can deter lice. *PLoS One* **16**, 1–17 (2021).
9. Habib, M.A.B.; Parvin, M.; Huntington, T.C.; Hasan, M. *. A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish.* (2008).
10. Eilertsen, H. C. *et al.* Mass Cultivation of Microalgae: I. Experiences with Vertical Column Airlift Photobioreactors, Diatoms and CO₂ Sequestration. *Appl. Sci.* **12**, 3082 (2022).
11. Sommerlund, R. O. Mel av grisetang og mikroalger til bruk i fiskefôr? Kjemisk sammensetning og. **3960**, (2022).
12. Artamonova, E. Y., Vasskog, T. & Eilertsen, H. C. Lipid content and fatty acid composition of Porosira glacialis and Attheya longicornis in response to carbon dioxide (CO₂) aeration. *PLoS One* **12**, 1–9 (2017).
13. Norsk Industri. Veikart for prosessindustrien. 86 (2016).
14. Redaksjonen. På dette smelteverket skal de lage fôrstoff. *Ilaks* <https://ilaks.no/pa-dette-smelteverket-skal-de-lage-forrastoff/> (2021).
15. Couture, J. L. *et al.* Environmental Benefits of Novel Nonhuman Food Inputs to Salmon Feeds. *Environ. Sci. Technol.* **53**, 1967–1975 (2019).
16. Lorch-Falch, S., Kalajdzic, P., Norum, H. & Tomter, L. Prishopp på mat – ser konturene av matkrise. *nrk.no* https://www.nrk.no/urix/matprisene-har-steget-30-prosent-globalt-det-siste-aret-_ser-konturene-av-en-matkrise-1.15677710 (2021).
17. Katerina, K. *et al.* Microalgal Schizochytrium limacinum Biomass Improves Growth and Filet Quality When Used Long-Term as a Replacement for Fish Oil, in Modern Salmon Diets. *Front. Mar. Sci.* **7**, (2020).
18. D'Este, M., Alvarado-Morales, M. & Angelidaki, I. Laminaria digitata as potential carbon source in heterotrophic microalgae cultivation for the production of fish feed supplement. *Algal Res.* **26**, 1–7 (2017).
19. Vang, B. *et al.* *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter.* (2021).
20. Byrne, J. Alltech has not excited algae. *feednavigator.com* <https://www.feednavigator.com/Article/2018/08/29/Alltech-has-not-excited-algae> (2018).
21. Skogli, E., Dombu, S. V. & Vik, S. MARKEDSANALYSE – ENCELLEPROTEIN Kartlegging av markedet for gjærbasert encelleprotein til dyre- og fiskefôr. (2019).
22. Almás, K. A. *et al.* Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
23. Øverland, M. & Skrede, A. Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture. *J. Sci. Food Agric.* **97**, 733–742 (2016).
24. Redaksjonen. Gir 20 millioner kroner til forskning på fiskefôr. *Ilaks* <https://ilaks.no/gir-20-millioner-kroner-til-forskning-pa-fiskefor/> (2021).
25. Aagedal, T. & Baraldsnes, R. Fra tre til filét – norske dyr skal føres med grantrær. *TV2.no* <https://www.tv2.no/a/14055666> (2021).
26. Agboola, J. O., Øverland, M., Skrede, A. & Hansen, J. Ø. Yeast as major protein-rich ingredient in aquafeeds: a review of the implications for aquaculture production. *Rev. Aquac.* **13**, 948 (2021).
27. Brekke, A. The environmental performance of Sylpro and comparable proteins. <https://sylfeed.eu/2021/09/02/sylfeed-webinar-part-three/> (2021).
28. Fehrenback, H. *et al.* *BIOMASS CASCADES Increasing resource efficiency by cascading use of biomass — from theory to practice.* (2017) doi:ISSN 1862-4804.
29. Muscat, A. *et al.* Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nat. Food* **2**, 561–566 (2021).
30. Solberg-Regjeringen. *Regjeringens bioøkonomistrategi: Kjente ressurser – uante muligheter.* (2016).
31. Hoyle, A. KnipBio hails 'milestone' in quest for fishmeal replacement. *Fishfarmingexpert.com* <https://www.fishfarmingexpert.com/article/knipbio-hails-milestone-in-quest-for-fishmeal-replacement/> (2018).
32. Kunasundari, B., Murugaiyah, V., Kaur, G., Maurer, F. H. J. & Sudesh, K. Revisiting the Single Cell Protein Application of Cupriavidus necator H16 and Recovering Bioplastic Granules Simultaneously. *PLoS One* **8**, 1–15 (2013).
33. Hilmarssen, Ø. *et al.* *Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av organisk materiale og næringssalter fra havbruk.* (2021).
34. Tlusty, M. *et al.* A transdisciplinary approach to the initial validation of a single cell protein as an alternative protein source for use in aquafeeds. *PeerJ* **2017**, 1–19 (2017).

35. Linder, T. Making the case for edible microorganisms as an integral part of a more sustainable and resilient food production system. *Food Secur.* **11**, 265–278 (2019).
36. Calysta. *Producing Protein and Plastics from Methane, a Sustainable Platform for Biotechnology TM TM*. [https://www.bio.org/sites/default/files/legacy/bioorg/docs/O830AM-Lori Giver.pdf](https://www.bio.org/sites/default/files/legacy/bioorg/docs/O830AM-Lori%20Giver.pdf) (2017).
37. Leger, D. *et al.* Photovoltaic-driven microbial protein production can use land and sunlight more efficiently than conventional crops. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **118**, (2021).

Delrapport 2

**Høsting av nye
marine råvarer**

Klimautslipp knyttet til skipsfart

Det er usikkerhet knyttet til utslippsdata for fiske og fangst i Norge. I FHF-rapporten «Klimaveikart for Fiskeflåten» har forfatteren beregnet CO₂-utslippene basert på SSBs energiregnskapstall for 2020. Ifølge disse tallene var CO₂-utslippet fra fiske på 878 000 tonn i 2020, noe som utgjør nesten 2% av Norges samlede utslipp.¹ Det er også grunn til å merke seg at det ikke har vært en nedgang i de samlede utslippene de siste 30 årene. Selv om det er knyttet usikkerhet til utslippstallene for dagens fiskeri, er det liten tvil om at klimafotavtrykket til potensielle nye fangstbaserte fôrråvarer vil være sterkt knyttet til klimagassutslippene fra skipene som brukes i fiskeriet.

Politiske ambisjoner

I 2018 etablerte den internasjonale sjøfartsorganisasjonen IMO et mål om å halvere klimagassutslipp fra skipsfart innen 2050.² I tillegg etablerte IMO et mål om 40 prosent forbedret karbonintensitet (CO₂-utslipp per transportarbeid) innen 2030.

Under det 77. møtet i IMOs miljøkomité i november 2021 konkluderte de deltagende landene at 2018-målene ikke lengre er ambisiøse nok. Det er derfor igangsatt et arbeid for å revidere IMOs klimamålsetting. Norge har, sammen med flere andre land, sagt at nullutslipp i 2050 er nødvendig for at internasjonal skipsfart skal bidra til å nå Parisavtalens temperaturmål.³

Skipsfart har hittil ikke vært inkludert i EUs klimaarbeid. En viktig årsak er at skipsfart er en internasjonal næring som reguleres av IMO. Med «Fit for 55» foreslår imidlertid EU-kommisjonen nå flere grep for å integrere skipsfarten i egen klimapolitikk. Dette inkluderer forslag om å fase inn de største skipene i kvotemarkedet (EU-ETS) fra 2023, og å avvikle avgiftsfritaket for drivstoff som brukes til sjøs. Kommisjonen har også lansert FuelEU Maritime-initiativet, hvor formålet er å øke etterspørselen og distribusjonen av alternative drivstoffer.⁴

Den norske regjeringen har vedtatt en ambisjon om å halvere utslippene fra innenriks sjøfart innen 2030 sammenlignet med 2005.⁵ Samtidig er det en uttalt ambisjon om å stimulere til utvikling av null- og lavutslippsløsninger i alle fartøyskategorier.

Gjennom Grønn plattform ble prosjektet Zerokyst, ledet av Selfa Artic AS tildelt 120 mill NOK, for å utvikle og demonstrere nullutslipps fiskefartøy med tilhørende infrastruktur, inkludert nullutslipps-drivlinje med batteri og brenselcelle. Prosjektets varighet er fra 2021–2024.

Teknologiske perspektiver

De finnes flere alternativer som kan være aktuelle for å bidra til å senke eller eliminere klimagassutslipp for skip som kan inngå i klimafotavtrykket til potensielle nye fangstbaserte fôrråvarer. De ulike alternativene har ulik tidshorisont.

Teknologi som er tilgjengelig i dag

Hybridelektrifisering med gassmotorer kan være karbonnøytralt (biogass) eller senke utslippene (LNG) i forhold til konvensjonell dieseldrift. Hvis man i tillegg benytter landstrøm ved kai elimineres eller reduseres utslippene ytterligere. LNG-drift reduserer typisk karbonutslipp med 15–20 % i forhold til konvensjonell fossildrift, og hybridbatteridrift vil redusere karbonavtrykket ytterligere. Hvor mye reduksjon man oppnår totalt avhenger av prosentvis operasjon på batteridrift, og er avhengig av videre analyse av driftsprofilen.

Operasjon på biogass kan være karbonnøytral, men tilgangen er fortsatt begrenset og drivstoffet er dyrt. Tilgang på LNG langs norskekysten er i ferd med å bli relativt god, og kostnadseffektiviteten er også relativt god når man sammenligner med fossil diesel.

Hybridelektrifisering med biodiesel kan være et alternativ til fossil diesel, men med usikker klimaeffekt. Det vil være lavere investeringskostnad på maskinerisiden, siden biodiesel kan benyttes på eksisterende maskineri. Altså kan dette alternativet også teknisk

sett benyttes i dag. Biodiesel har derimot lignende utfordringer som biogass, det er lite tilgjengelig og dyrt per i dag (ca. dobbel pris i forhold til fossil diesel). Klimaeffekten av biodiesel avhenger av faktorer som hvilke råvarer produksjonen baseres på, eventuelle effekter på arealbruksendringer, produksjonsmetode og transport. Under gitte forutsetninger kan biodiesel være tilnærmet karbonnøytralt. Imidlertid vil biodiesel ofte ha et betydelig fotavtrykk. I verste fall kan det ha et høyere karbonfotavtrykk enn fossil diesel.

Teknologi som forventes tilgjengelig på kort sikt

Flere ulike løsninger for nullutslipp i maritim sektor er i utvikling, både innen drivstoff og fremdriftsteknologi. Felles for disse er usikkerhet om tilgang på reelt nullutslippsdrivstoff og infrastruktur. Det er en rekke prosjekter på gang i ulike deler av maritim næring for å løse disse problemstillingene.

Tabell: Fordeler og ulemper med nye drivstoff

	Fordeler	Ulemper
Metanol	▪ Kan brennes i motor, men er mer effektiv i brenselcelle	▪ Ikke karbonfritt
Amoniakk	▪ Karbonfritt ▪ Kan brukes i motor eller brenselceller	▪ Giftig
Hydrogen	▪ Karbonfritt	▪ Trenger brenselcelle ▪ Lav energitetthet ▪ Store lagringsutfordringer (eksplosjonsfare)

Operasjon på nullutslippsdrivstoff som ammoniakk eller hydrogen er løsninger som er i utvikling, men med usikker tidshorisont for tilgjengelighet og implementering. Implementeringsraten varierer også mye mellom ulike skipssegmenter og operasjonsprofiler. Generelt kan man si at disse drivstofftypene er lettere å ta i bruk på større fartøy på grunn av utfordringer som lav energitetthet og hhv. giftighet eller eksplosjonsfare. Alle drivstoffene har i tillegg høyere virkningsgrad i brenselceller enn i forbrenningsmotor, noe som må tas hensyn til i design av nye fartøy eller ved eventuell ombygging.

Det finnes pilotprosjekter innen fiskeflåten for hydrogenfartøy, og etter planen skal disse leveres i 2024. Basert på pågående prosjekter innen hydrogen bør det være mulig å fylle hydrogen for skip i Norge fra 2023/2024, men antall fyllestasjoner og tilgang vil være avhengig av geografisk plassering.

Ifølge DNVs «Maritime Forecast to 2050» forventes demonstrasjonsprosjekter for bruk av hydrogen og ammoniakk om bord innen 2025 som baner vei for nullkarbonskip.⁶ DNV estimerer at denne type teknologi kan være tilgjengelig til kommersiell bruk i løpet av fire til åtte år. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF) vurderer brenselceller på hydrogen eller ammoniakk som «umoden teknologi».

Referanser

1. FHF. *Klimaveikart for fiskeflåten*. <https://fiskebat.no/files/users/odd/KlimaveikartforfiskeflåtenFHF-901716%5B39%5D.pdf> (2021).
2. IMO. UN body adopts climate change strategy for shipping. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/O6GHGInitialstrategy.aspx> (2018).
3. Klima- og miljødepartementet. Vil styrke klimamålene for skipsfarten. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/vil-styrke-klimamålene-for-skipsfarten/id2889907/> (2021).
4. European commission. *Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:078fb779-e577-11eb-aa5-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (2021).
5. Regjeringen. Regjeringens handlingsplan for grønn skipsfart. (2019).
6. DNV. Energy Transition Outlook 2021 Executive Summary. A global and regional forecast to 2050. (2021).



Antarktisk krill

Råvareløftet



Foto: AkerBlomarine

Oppsummering

Det foregår i dag et etablert fiske etter krill i Sør-Ishavet. Potensialet for en videre oppskalering av dette fisket er begrenset, og norske kommersielle aktører har ikke planer om å utvide fiskeriet til andre områder. Fiskeriet kan derfor i svært begrenset grad bidra med tilførsel av nye råvarer til fiskefôr. Imidlertid er det potensiale for verdifull teknologi- og kunnskapsoverføring fra det kommersielle krillfisket til fangst av raudåte og mesopelagisk fisk. Den viktigste barrieren i forhold til økt tilgang på nye bærekraftige fôr råvarer vil derfor være utilstrekkelige ressurser for å sikre kunnskaps- og teknologioverføring til mindre kommersielt modne fiskerier.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



1

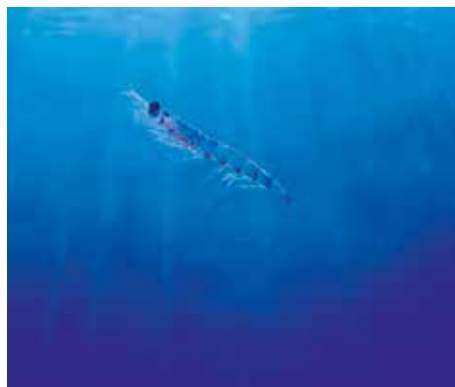
Fakta grunnlag

Denne rapporten tar for seg *Antarktisk krill* og hvilke muligheter og barrierer den har som råvare til fiskefôr. Fiske av *Nord-Atlantisk krill* har flere felles nevner og rammevilkår med mesopelagiske arter som lysprikkfisk og laksesild, og inngår i rapporten om mesopelagiske arter.

1.1

Om råvaren

Antarktisk krill (*Euphausia superba*) er et lite rekelignende krepsdyr, og regnes som den marine arten det er størst biomasse av i verden. De finnes i større mengder i Sør-Atlanterhavet sør for 50°, hvor den kan samle seg i store stimer. Krill er filteretere og lever av planteplankton. Om våren og sommeren når planteplanktonet blomstrer, er krill fordelt i havområdene, men de beveger seg mot kystområdene i løpet av høsten. Antarktisk krill kan bli 6–7 cm lang og leve i opptil syv år.¹



Fiskeri av Antarktisk krill

Det er estimert en biomasse på 379 millioner tonn Antarktisk krill i Sør-Ishavet, og 72 millioner tonn av disse er i Area 48, hvor det drives fiske av arten. Det bør merkes at det er stor usikkerhet knyttet til bestandsestimatene, da krillen er utbredt i et stort område og det går relativt få tokt som estimerer størrelsen av krillbestandene.

CCAMLR (The Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources) ble stiftet i 1982 med formål om å bevare marint liv i Antarktis. Dette som en følge av økt kommersiell interesse for fiske av Antarktisk krill. Kommisjonen har 26 medlemmer og ytterligere 10 land som har tiltrådt konvensjonen. Som medlemmer av kommisjonen er Norge representert både i arbeidsgrupper og vitenskaplige komité.

Krill er en nøkkelart i økosystemet, og overfiske kan skape trofiske kaskadeeffekter i næringskjeden. På grunn av dens viktige rolle, blir krillfiske nøye regulert etter føre var-prinsippet via det internasjonale reguleringsregimet CCAMLR. Grunnet usikkerheten i bestandsestimater, er kvoten lagt på 1 % av krillbiomassen i selve fiskeområdet, og vil ikke bli utvidet med mindre det finnes vitenskapelige anbefalinger for at et økt fiske ikke vil gi uønskede negative konsekvenser.

I praksis er det i havområdet Area 48 det drives fiske av krill. Den teoretiske årlige kvoten i Area 48 er på 5.6 millioner tonn krill, men siden det er usikkerhet knyttet til biomasseestimatene, har CCAMLR for å være føre var satt en kvote på 620 000 tonn årlig. Alle norske fiskefartøy har en uavhengig observatør som verifiserer høstekvotene og miljøfotavtrykket til fartøyene.² Det fiskes totalt rundt 400 000 tonn krill årlig i Antarktis, og størstedelen fiskes av norske aktører som produserer høyverdi tilskuddsprodukter for humant konsum, petfood og akvakultur.

Tabell 1: Fangstdata fra Antarktisk krillfiske på norske fartøy i tidsrommet 2017–2021, fra Fiskeridirektoratets fangstdata.³

År	2017	2018	2019	2020	2021
Fangst (tonn)	202 216	206 097	236 844	257 208	239 073

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Tabell 2: Næringsinnhold Antarktisk krill

Næringsinnhold	Innhold
Protein	62 ± 8 %
Fettsyrer	26 ± 6 %
Aske	13 ≤ %
Astaxanthin	80–160 mg/kg

Den næringsmessige sammensetningen som vist i Tabell 2 indikerer at krillmel likner fiskemel, men innholdet av råprotein er litt lavere og fettinnholdet er høyere. Næringsinnholdet endres i henhold til alder, kjønn, årstid og høsteområde. Krillen inneholder også pigmentet astaxanthin som er vanlig å tilsette laksefôr for å få frem rødfarge i kjøttet, og krillmel brukes i laksefôr for å gi bedre smak og fordøyelse.⁴

Det er gjort en rekke studier på effekten av krillmel i fôr til laks.^{5–7} De fleste viser positive helseeffekter av å erstatte deler av fiskemel og olje med krillmel. Ved full erstatning finnes det ulike konklusjoner. Moren et al. (2007)⁷ konkluderte med at full erstatning av krillmel i dietter for atlantisk laks ikke gikk negativt ut over vekst og helse. Olsen et al. (2006) fant at laksen fikk diaré og fordøyde mindre fett, men på grunn av fôrattractanter i krillmelet spiste laksen mer og derfor gikk ikke dietten ut over vekst. Årsak til dårlig fordøyelse kan være innholdet av kitin i krillskallet som kan påvirke fordøyeligheten av fôret.⁶

2

Status for produksjon i dag

2.1

Norske aktører

Norske selskaper står for over halvparten av verdens antarktiske krillfiske og **Aker Bio-marine** er så vidt det er kjent den eneste aktøren som tilbyr krillolje til bruk i laksefôr. På forespørsel om Aker Biomarine har planer om å øke dagens fangst uttaler selskapet:

«Antarktisk krill er en enorm biomasse, likevel er krillforvaltningen (www.ccamlr.org) per i dag svært føre-var-forvaltet der uttak er begrenset til 0,5 % av anslått biomasse og mulig fangstgrense ikke høyere enn 620 000 tonn. Dagens fangst kan trolig økes med 10–20% innenfor disse rammene. CCAMLR arbeider med en revisjon av krillforvaltningen der kvotene blir justert iht. årlig oppdaterte biomasseanslag og risikoevaluering som reflekterer variabilitet i krillbestanden mellom år. I et nytt system kan man se for seg en ytterligere moderat økning av fangstene på grunnlag av en mer datadrevet forvaltning.

Aker BioMarine har ikke konkrete planer om krillfiske/lavtrofisk fiske i andre havområder, men selskapet kan gjennom å dele sine erfaringer og best-practice eksempler fra et nisje-fiskeri som krill bidra til at andre nye fiskerier, særlig innen lavtrofisk, kan drives bærekraftig og slik bidra til å øke andelen bærekraftige marine råvarer til fiskefôr globalt.»

Rimfrost AS er et norsk selskap som tidligere har høstet krill og produsert kosttilskudd til mennesker. Selskapet har bestilt nytt høstefartøy og har planer om å igjen starte høsting.

2.2

Fiskeriaktører i utlandet

I 2020 var det fire nasjoner som drev fiske av Antarktisk krill utenom Norge: Ukraina, Kina, Chile og Korea.⁸ Bruksområder varierer fra hermetisert krill til humant konsum og fiskeagn.

Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som førressurs	Potensialet som ny tilgang på råstoff er lite (ressursen ansees som nært fullt ut utnyttet i dag), men fiskeriet har potensiale for å bidra med kunnskapsoverføring og innovasjon som kan akselerere utviklingen av andre høstede råvarekilder.
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Moderat
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Overgang til grønne energibærere på fartøy, og i økt grad utrede om hvorvidt teknologiske løsninger fra krillfisket er overførbart til nye fiskerier.
Nøkkelegenskaper	▪ Villhøstet råvare, avhengig av naturlig reproduksjon.
Muligheter	▪ Teknologi og kunnskap fra fiskeriet kan benyttes for å akselerere utviklingen av andre, mer umodne, fiskerier. ▪ Fiskeri med et forvaltningssystem som ser ut til å fungere under dagens belastning. ▪ Mulighet for drastisk reduksjon av klimafotavtrykk ved overgang til grønne energibærere på fartøy.
Utfordringer	▪ Energiforbruk fra fiskeri, prosessering og transport. ▪ Manglende insentiver for å stimulere til kunnskaps- og teknologioverføring til umodne fiskerier. ▪ Mulig påvirkning på predatorer.

3.1

Produksjon av råvaren

Det er bred enighet blant deltagende nasjoner om dagens fiskerireguleringer av krillfisket gjennom CCAMLR. Dagens kvote gir rom for å øke uttaket av krill noe, men ikke i en grad hvor krill vil kunne bidra i betydelige mengder til å erstatte andre råvarer i laksefôr.

Fiskeri

For Aker Biomarine er krillfangsten sertifisert av Marine Stewardship Council (MSC) siden 2010, i tillegg til miljøsertifisering av Friends of the Sea. Krillfisket i Antarktis fikk i 2020 toppkåringen «A» av Sustainable Fishery Partnership (SFP). Dette indikerer at bestandene det høstes av er i en «veldig god tilstand».

ARK (Association of Responsible Krill fishing companies),⁹ er et industrinitiativ som samler majoriteten av selskapene som høster krill. Medlemmene i ARK innehar 90 % av høstingskapasiteten i CCAMLR-regulerte farvann og er fra 4 av medlemslandene; Norge, Kina, Chile og Sør-Korea. Formålet med ARK er å fremme bærekraftige fiskeripraksiser samt å fasilitere industriinnspill til CCAMLR.

Krillen høstes kontinuerlig i pelagisk trål og pumpes om bord i fartøyet hvor prosesseringen foregår, og blir derfra transportert til marked. Fiskerimetoden gir minimalt med bifangst, og utgjør i tillegg liten risiko for sjøfugl og marine pattedyr.^{2,10}

Klimafotavtrykk

Hoveddelen av det norske krillfisket i Antarktis har sine utslipp i Scope 1, fra dieselforbruket til fiske- og transportfartøy. Hos Aker Biomarine kommer rundt 80 % av energibruket ombord fra produksjon av krillmel, og rundt 20 % stammer fra propellfremdrift.² I 2020 beregnet Aker BioMarine et utslipp på 2.64 kg CO₂ per kg ferdigprodusert krill. Til sammenligning har for eksempel soyaproteinkonsentrat fra Brasil vært estimert å ligge på 6.0 kg CO₂-ekvivalenter per kg protein.¹¹

Klimaendringers påvirkning på krillfiske

Arter som lever i polare strøk er spesielt sårbare mot økte havtemperaturer,^{12,13} og fremtidige fiskerireguleringer bør ta hensyn til kommende endringer i krillens levested. Sannsynlige effekter av økte havtemperaturer som kan påvirke Antarktisk krill er blant annet:

- Reduksjon og endringer i sjøis som kan resultere i mindre tilgjengelige habitat og beiteområder for krillarver.
- Reduksjon av tilgjengelige områder som er innenfor krillens foretrukne temperaturspekter.
- Økt konkurranse med subpolare arter som vil kunne utvide distribusjonsområde mot polene når havtemperaturene øker.

Usikkerhet i biomasseestimer

Så langt er det kun gjort to store biomasseestimer for fiskeriområdet i Antarktis: I 2000 ble det beregnet en biomasse på 60.3 mill tonn, og i 2019 62.6 mill tonn.¹⁴ Biomassen til krill kan ha store svingninger fra år til år, og det mangler kunnskap om hvordan bestanden har utviklet seg mellom 2000 og 2019. For å kunne øke sikkerheten rundt estimatene bør det gjøres hyppigere kartleggingstokt eller annen form for overvåkning.

Påvirkning på krillpredatorer

Predatorene som beiter på Antarktisk krill skal alltid ha prioritet på krillforekomstene foran fiskeri. Endring i predatorpopulasjoner og annen ny kunnskap kan derfor påvirke hvordan krillfisket reguleres.

Mange års vern av hval har resultert i en stor økning av hvalbestandene og tilbakekomst av hval som beiter i Antarktis.¹⁵ Til nå har det ikke vært bestandsestimer for hval i fiskeriområdet i Antarktis tilgjengelig, og dermed heller ingen beregninger på hvor mye krill de har behov for. Det er områder hvor hvalens beiteområder overlapper med pingviners beiteområder og krillfiske. Det finnes imidlertid lite kunnskap om hvorvidt hvalen vil påvirke krillbestanden lokalt, eller hvordan fisket påvirker hvalbestandene.¹⁶

Det er usikkert om et konsentrert fiske kan påvirke lokale krillpredatorer som pingviner og sel i reproduksjonstiden. Watters et al. (2020) har modellert at et konsentrert fiske av krill i kombinasjon med økte havtemperaturer har høy sannsynlighet for å påvirke lokale pingvinarter negativt over tid.¹⁶

I forbindelse med det siste møtet i CCAMLR i november 2021 kom PEW international trust med anbefalinger til CCAMLR om å bli enige om et nytt bevaringstilak som inkluderer biomasseestimat, bestandsvurdering og risikovurdering for at de fortsatt skal kunne opprettholde sitt mandat om å beskytte predatorer mot negativ påvirkning av krillfiskeri.

Påvirkning på krill som en biologisk karbonpumpe

På grunn av sin livssyklus, migrasjonsmønster og rike forekomst, bidrar krill med en viktig rolle i syklusen av næringsstoffer og karbon i Sørishavet. Det er enda lite kunnskap om hvordan fiskeriet påvirker krillens rolle som karbonpumpe og flytting av næringsstoffer, og Cavan et al., (2019) foreslår derfor at krills biogeokjemiske rolle tas opp til vurdering av CCAMLR.¹⁷

Muligheter for kunnskapsoverføring til andre fiskerier

Etter samtaler med både forskere og næringsaktører forstår vi det slik at det hverken foreligger planer om å øke kvoter, eller ønsker fra industriaktører om å fiske substansielt mer enn det som fiskes i dag. Det kan kanskje økes noe innenfor dagens rammer (10–20 % er et anslag fra Aker Biomarine). Med dette bakteppet, ser vi det ikke som hensiktsmessig å behandle barrierer for oppskalering av fiskeriet, da det ikke er aktuelt i mer enn en svært moderat skala.

Det er mer naturlig å se på hva som er mulighetene for at krillfisket i Antarktis, slik det eksisterer i dag, kan bidra til en mer bærekraftig råvareindustri.

Oppsummert:

- Hoveddelen av fotavtrykket til det norske krillfisket kommer fra energibruk til ombord-prosessering og fremdrift av fartøy. Dagens eksisterende krillfiskeri kan ved overgang til nye energibærere og mer effektiv prosesserings-teknologi senke eget klimafotavtrykk.
- En annen, mer indirekte måte dagens krillfiske kan bidra til flere bærekraftige råvarer til fiskefôr er gjennom kunnskap-, erfaring- og teknologioverføring til andre fiskerier.
- Føre-var basert forvaltning gjennom CCAMLR er en forvaltningsmodell som pekes på både av industriaktører og myndigheter som et eksempel for fremtidig forvaltning av både mesopelagiske arter og raudåte. Erfaringene norske selskaper har gjort seg i denne sammenhengen er av interesse for å utvikle en best mulig forvaltning for nye fiskerier i Norge.

Kunnskaps- og teknologioverføring

Krillfisket i Antarktis er godt etablert og deler noen likheter med fiske av raudåte og mesopelagiske arter som nå er under utvikling. Her kan det være muligheter for overføring av kunnskap og teknologi som kan bidra til å akselerere utviklingen av nye fiskerier. Aker Biomarine har blant annet tatt i bruk ny teknologi innen lokalisering, fangst og prosessering av krill.

Metoden som brukes til å fiske krill med lave trålehastigheter virker også å være aktuell for fiske av raudåte, som i enda større grad enn krill driver med havstrømmene. Lokaliseringsmetoder kan også ha relevans for andre fiskerier.

Pumping av fangst om bord i skipet slik som det gjøres i krillfisket er en mer skånsom metode å få fangsten om bord, spesielt for mindre arter som ofte tar skade av å bli løftet ut av vannet i en tung trålpose. Dette gjøres også ved fiske av raudåte, og det er mulig at denne metoden også kan være anvendbar for mesopelagisk fisk.

Siden krillen fiskes langt fra land, prosesseres den ombord. Tilsvarende prosesserings-teknologi kan være anvendbar - og sannsynligvis også etter hvert en nødvendighet – for fiske av mesopelagisk fisk og kanskje også raudåte på sikt.

Hvordan krillfisket er regulert gjennom CCAMLR kan også være overførbart for utviklingen av reguleringer for nye fiskerier, og er allerede blitt brukt til inspirasjon for den norske forvaltningsplanen til raudåte. Et mesopelagisk fiskeri vil for eksempel ha likheter med krillfisket ved at det sannsynligvis kommer til å bli et internasjonalt fiskeri, som kan trenge en lignende struktur. Raudåte og krill har likheter ved at de er lavtrofiske nøkkelarter med store og utbredte bestander.

Referanser

1. Kawaguchi, S. O. & Nicol, S. Learning about Antarctic krill from the fishery. *Antarct. Sci.* **19**, (2007).
2. CICERO. *Shades of Green: Aker Biomarine*. (2021).
3. Fiskeridirektoratet. Fangst fordelt på art: krill. <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art> (2022).
4. Hansen, J. Ø. Antarctic krill (*Euphausia superba*) as a feed ingredient for salmonids with focus on the shell fraction and fluoride. (NMBU, 2011).
5. Morkore, T. *et al.* Dietary inclusion of Antarctic krill meal during the finishing feed period improves health and fillet quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Br. J. Nutr.* **124**, 418–431 (2020).
6. Olsen, R. E. *et al.* The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquac. Nutr.* **12**, 280–290 (2006).
7. Moren, M. *et al.* Fluorine accumulation in Atlantic salmon (*Salmo salar*), Atlantic cod (*Gadus morhua*), rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) fed diets with krill or amphipod meals and fish meal based diets with sodium fluoride. *Aquaculture* **269**, 525–531 (2007).
8. CCAMLR. Fishery Report : *Euphausia superba* in Area 48. 1–30 (2020).
9. ARK webpage. <https://www.ark-krill.org/>.
10. Personlig kommunikasjon, Bjørn Krafft, Havforskningsinstituttet.
11. Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S. & Ziegler, F. *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. (2020).
12. Flores, H., Atkinson, A., Krafft, B. A. & Milinevsky, G. FEATURE ARTICLE : REVIEW Impact of climate change on Antarctic krill. (2012) doi:10.3354/meps09831.
13. Meredith, M., Sommerkorn, M., S. Cassotta, C. Derksen, A. Ekaykin, A. Hollowed, G. Kofinas, A. M. & J. Melbourne-Thomas, M.M.C. Muelbert, G. Ottersen, H. Pritchard, and E. A. G. S. Polar Regions. *IPCC Spec. Rep. Ocean Cryosph. a Chang. Clim.* 203–320 (2019).
14. Bjørn Krafft, Kjell Bakkeplass, Terje Berge, Martin Biuw, Julio Erices, Elizabeth Jones, Tor Knutsen, Rokas Kubilius, Merete Kvalsund, U., Lindstrøm, Gavin John Macaulay, Angelika Renner, Alina Rey, Rasmus Skern, Henrik Søiland, Rupert Wienerroither (IMR), H., Ahonen (HI), Jade Goto (UiB), Nils Hoem (Aker Biomarine AS), Magdalena Huerta (IDEAL), Juan Höfer (Inach), Oda Iden (IMR), William Jouanneau (CNRS), Lucas Kruger (Inach), H. L., (UiO), Andy Lowther (NPI), Azwianewi Makhado (DEA), M. M. & (Inach), Audun Narvestad (NPI), Chris Oosthuisen (Uni Pretoria), J. R. (Inach) and R. Ø. (NORCE). *Report from a krill focused survey with RV Kronprins Haakon and land-based predator work in Antarctica during 2018/2019*. (2019).
15. Hommedal, S. Sterkt «comeback» for knølkval i Antarktis – etter tiår med fangstforbod. *HI.no* <https://www.hi.no/hi/nyheter/2021/august/sterkt-comeback-for-knoelkval-i-antarktis--etter-tiar-med-fangstforbod> (2021).
16. Watters, G. M., Hinke, J. T. & Reiss, C. S. Long-term observations from Antarctica demonstrate that mismatched scales of fisheries management and predator-prey interaction lead to erroneous conclusions about precaution. *Sci. Rep.* 1–9 (2020) doi:10.1038/s41598-020-59223-9.
17. Cavan, E. L. *et al.* The importance of Antarctic krill in biogeochemical cycles. *Nat. Commun.* 1–13 (2019) doi:10.1038/s41467-019-12668-7.



Mesopelagisk fisk

Råvareløftet



Foto: Leif Grimsrud/SINTEF Ocean

Oppsummering

Mesopelagisk fisk er i stor grad en uutnyttet marin ressurs som finnes i store mengder på 200–1000m dyp i alle verdenshav, og de aktuelle artene vil sannsynligvis egne seg godt i fiskefôr. Forekomstene er spredt over store mengder vannmasser, og mangelfull kunnskap om artenes distribusjon og manglende teknologi for lokalisering, fiske og prosessering gjør det utfordrende og kostbart å fangste nye mesopelagiske arter. I tillegg vil lange transport-distanser og høy lete- og tråleaktivitet gi utslag på klimafotavtrykket.

De viktigste barrierene for at mesopelagisk fisk kan bidra til et bærekraftig laksefôr er mangel på kunnskap om økosystemeffekter, effektiv fiskeriteknologi, samt mangel på grønne energibærere til fiskefartøyene.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



1

Faktagrunnlag

1.1

Om råvaren

Den mesopelagiske sonen (skumringssonen) omfatter dyp i havet mellom 200 og 1000 meter. Svært lite lys når denne sonen, og de lave lysnivåene gjør det umulig for fotosyntetiske organismer å overleve. Lys, oksygen og temperatur synker med dybden i denne sonen, mens saltholdigheten og trykket øker. Organismene i den mesopelagiske sonen består av fisk som lysprikkfisk og laksesild, og mange ulike invertebrater som maneter, planktoniske krepsdyr, reker, krill og blekksprut.

Mesopelagisk fisk spiller en viktig rolle i den marine næringskjeden. De er predatorer av dyreplankton og byttedyr for fisk, sjøfugl og sjøpattedyr. Mesopelagisk fisk beveger seg opp til den epipelagiske sonen (0–200m) for å livnære seg av drivende dyreplankton om natten og migrerer deretter ned flere hundre meter ned i den mesopelagiske sonen om dagen.¹ Migrasjonen bidrar til en betydelig karbontransport ved at fisk transporterer aktivt organisk og uorganisk karbon fra overflatevannet til dypere lag hvor det deponeres gjennom avføring, respirasjon av CO₂ og til slutt som død fisk.² Mesopelagiske arters vertikale migrasjon utgjør den største migrasjonen av virveldyr på planeten og utgjør en viktig bestanddel av det som kalles «den biologiske karbonpumpen» som transporterer karbon fra atmosfæren til havdypet.³ Uten denne pumpen er det beregnet at konsentrasjonen av atmosfærisk CO₂ ville vært omlag det dobbelte av dagens nivå.⁴

Mesopelagiske arter er tallrike langs kontinentalsokkelen i Atlanterhavet, Stillehavet og det Indiske hav og i dype fjorder, og er mindre tallrike offshore og i arktiske og subarktiske farvann.¹

Arter

I norske farvann er det hovedsakelig tre hovedarter som ser ut til å være interessante for et mesopelagisk fiskeri; **laksesild** (*Maurollicus muelleri*), **lysprikkfisk** (*Benthosema glaciale*) (Figur 1) og **krill** (hovedsakelig storkrill (*Meganyctiphanes norvegica*) (Figur 2), men en blanding av flere arter kan forekomme).

Figur 1:
Laksesild
til venstre,
lysprikkfisk til
høyre.

Foto: Grimaldo &
Grimsmo, SINTEF Ocean



Biomasseestimer

Det første globale biomasseestimatet for mesopelagiske arter var på 1 gigatonn, og ble publisert i 1980. Beregningen baserte seg på prøvetakninger med nett og trål.⁵ I 2014 ble det gjort et nytt estimat basert på akustikk, som indikerte at den globale biomassen er minst 10 ganger større enn tidligere antatt; oppmot 19.5 Gt.^{3,6} Begge disse studiene har svakheter. Studien fra 1980 baserte estimatene kun på fangstdata, mens man i nyere tid har sett at mesopelagiske fiskearter kan svømme unna trål. Dataene har derfor sannsynligvis ikke vært representative.⁷ Studien fra 2014 estimerte ved bruk av akustikkdata, der en del av akustikken kan ha blitt forårsaket av andre arter enn fisk, som f.eks. maneter og

siphonophorer.⁸ Per i dag synes det vanskelig å gi mer nøyaktige estimater av den totale globale biomassen, utover en antagelse om at den sannsynligvis ligger et sted mellom 1 og 19.5 Gt.

Det er usikkert hvor stor andel av denne biomassen som finnes i norske farvann, men det er studier som tyder på at det er mindre forekomster av mesopelagiske arter som driver vertikal migrasjon (f.eks. lysprikkfisk) i polare strøk. Grunnen er sannsynligvis at lysforholdene om sommeren gir et økt press fra predatorer som er avhengig av lys for å jakte, og reduserer dermed overlevelsessjansen. I tillegg kan mangel på føde om vinteren være en medvirkende faktor.⁹ Ut i fra dette kan man anta at et mesopelagisk fiskeri i norske farvann vil være mer produktivt i sørlige enn i nordlige områder.

For krillbestandene i Norskehavet og Barentshavet har Havforskningsinstituttet estimert en årlig produksjon på ca. 287 millioner tonn.¹⁰

Fiskeri

Så langt er det kun gjennomført prøvefiske av mesopelagiske arter i Norge i fire år, med svært varierende resultat (Tabell 1). Det finnes i dag ingen forvaltningsplan eller fiskekvoter på mesopelagiske arter, noe som er en forutsetning for å kunne åpne et kommersielt fiskeri.

Tabell 1: Fangststatistikk for mesopelagiske arter i Norge¹¹

År	2018	2019	2020	2021
Fangst (tonn)	31	1693 ¹²	101	146

Figur 2:
Venstre: fangst
av lysprikkfisk.
Høyre: Krill med
innblanding av
laksesild.
Foto: Grimaldo &
Grimsmo, SINTEF Ocean



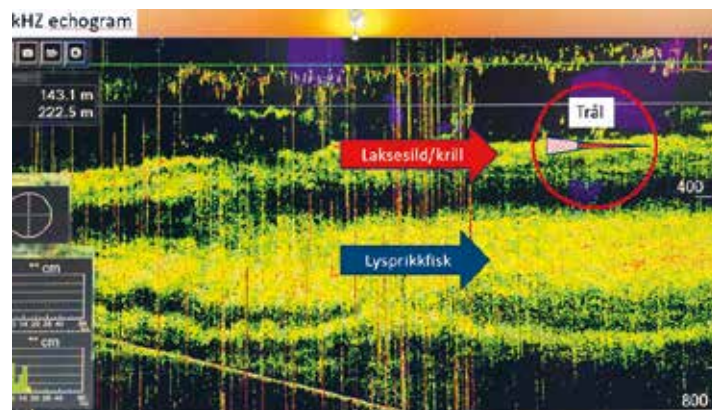
Fiskeriteknologi

Det arbeides med å utvikle fiskerimetoder for et effektivt fiskeri av mesopelagisk fisk. Det er en rekke utfordringer som må løses, som for eksempel å lokalisere fisken, unngå at den svømmer unna trålen, samt å unngå bifangst av uønskede arter. Det er derfor behov for å utvikle effektive lokaliseringsverktøy og fiskeriredskaper.¹³

Ved hjelp av ekkolodd (Figur 3) kan man finne flere biomasselag på ulike dyp. Typisk finner man krill og laksesild i et øvre dybdelag, mens lysprikkfisk og andre arter ofte befinner seg på større dyp. Det er ikke alltid lett å identifisere hvilke arter de ulike biomasselagene består av uten å undersøke ved å fiske opp en prøve. Dette er en av flere utfordringer som må overkommes for at man skal kunne utvikle et effektivt fiskeri.

Figur 3:
Bilde fra ekkolodd.

Foto: Grimaldo &
Grimsø, SINTEF Ocean



1.2

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Mesopelagisk fisk utgjør en stor biomasse, og et betydelig potensiale som råvareressurs. Samtidig er det behov for betydelig økt kunnskap, for eksempel om næringsinnhold og næringsverdi. Det er dokumentert høye nivåer av vitamin A, kalsium, selen, jod, EPA og DHA, lipider og protein i noen arter.^{14,15} Innholdet av de fleste av de analyserte næringsstoffene er minst like høyt som for sild og kolmule som vanligvis brukes til å produsere fiskemel og fiskeolje til laksefôr:

Tabell 2: Våttvekt-baserte mengder av protein, totalt fett og tørrstoff i laksesild, lysprikkfisk og nordlig krill fanget i tre fjorder på Vestlandet (gjennomsnitt $\pm$ SD).¹⁵

Arter	Protein %	Fettsyrer %	Tørrstoff %
Laksesild (<i>M. muelleri</i>)	12.3 $\pm$ 0.417	8 $\pm$ 8	33.3 $\pm$ 8.1
Lysprikkfisk (<i>B. glaciale</i>)	14,0 $\pm$ 0.5	7 $\pm$ 3.7	30.8 $\pm$ 3.9
Nordlig krill (<i>M. norvegica</i>)	15.5 $\pm$ 0.9	5.5 $\pm$ 0.6	24.0 $\pm$ 1.9

Ernæringsmessige begrensninger

Mesopelagiske arter er små og skjøre, og går raskt i oppløsning etter å ha blitt halt opp fra større dyp. Den store mengden flerumettede fettsyrer gjør dem dessuten svært utsatt for oksidasjon, noe som resulterer i utvikling av bismak og tap av ernæringsmessig kvalitet. Høstingsteknologi, håndtering og lagring om bord bør ta hensyn til disse utfordringene. Høye nivåer av voksester og kadmium i *B. glaciale*, som er en dominerende art i de blandede mesopelagiske lagene, kan dessuten begrense bruken av mesopelagiske arter noe som en fôringrediens.^{14–16}

2

Status for forskning og produksjon i dag

2.1

Norske aktører

Forskning

I Norge er det per 2021 startet 12 forskningsprosjekter knyttet til mesopelagiske arter og fiskeri av disse. Totalbudsjettet for pågående norske prosjekter er 234 millioner kroner fra Forskningsrådet.

Pågående forskningsprosjekter på fangst og prosessering av mesopelagisk fisk:

[SFI Harvest](#) ledes av SINTEF, og er et senter for forskningsdrevet innovasjon for å utvikle ny teknologi som sikter på å løse globale utfordringer ved å utvikle kunnskap og teknologi for bærekraftig høsting og prosessering av underutnyttede arter. Senteret varer fra 2021–2028.

[CRIMAC](#) ledes av Havforskningsinstituttet, og er et senter for forskningsdrevet innovasjon innen marin og akustisk biomasse-estimering og tolkning av bilde fra moderne bredbåndsakustikk. Senteret har finansiering på 28 millioner årlig over åtte år fra 2020–2028.

UiB har det pågående forskningsprosjektet [Mesopelagiske fiskers fundamentale rolle i å strukturere økosystemene i Nord Atlanteren](#) som går fra 2019–2023.

Havforskningsinstituttet har et prosjekt som har gått fra 2018–2021 kalt [Harvesting the mesopelagics – ecological and management implications](#).

SINTEF Ocean og Brødrene Birkeland Fiskebåtrederi AS har hatt prosjektet [Industriell utnyttelse av mesopelagisk fisk](#) fra 2018–2021, som nå har fått viderefinsiering ut 2022.

Industri

Det er flere aktører som har fått tillatelse til mesopelagisk prøvefiske i Norge. Deriblant Liegruppen, Brødrene Birkeland, Havglans, Nordnesgruppen og Meso AS.

2.2

Fiskeri og forskning i utlandet

I EU er det større forskningsprosjekter på gang som [MEESO](#) og [SUMMER](#). I tillegg finnes det et internasjonalt mesopelagisk nettverk kalt [JETZON](#) (Joint Exploration of the Twilight Zone Ocean Network).

I Sør-Afrika har det pågått et mindre mesopelagisk fiske siden 60-tallet. Dette har inkludert årlige tokt, og landet er det eneste i verden som har en tidsserie med kunnskapsgrunnlag på mesopelagiske arter. De har satt et forvaltningsgrunnlag og lagt til grunn at 10 % av bestandsmålet kan høstes. I 2018 ble det fisket 5000 tonn, men fiskeriet har siden da dabbet av på grunn av små fangster og teknologiutfordringer.¹²

På Island har det blitt drevet prøvefiske på laksesild, hvor det i 2009–2011 ble landet 75 000 tonn.¹² I Spania drives det prøvefiske av mesopelagisk fiske i Biscayabukten, hvor laksesild er en av hovedartene. Utenom dette ser det ikke ut til å foregå større aktivitet innen mesopelagisk fiskeri verken på kommersielt- eller forsøksnivå.

Noen land som USA har innført et føre-var-prinsipp om å ikke utnytte mesopelagiske ressurser før man har forvaltningsplaner og nok kunnskap om hvilke konsekvenser fiskeriet vil ha på økosystemet på plass.¹⁷

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Moderat
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Pilotering av fangstteknologi og prosessering. Grunnforskning på relevante arter og økosystemeffekter. Forskning som øker sikkerhet knyttet til bestandsestimeringer, og hvordan klimatiske endringer kan forventes å påvirke fremtidige bestandsstørrelser. Energiregnskap for fangst, prosessering og transport.
Nøkkelegenskaper	Marin fangstbasert produksjon. Potensiale som fôrressurs er vanskelig å fastslå uten økt kunnskap om bestandsnivåer og økosystemeffekter. Teknologit utvikling befinner seg på et tidlig stadium. Bærekraftprofil vil avhenge av teknologisk utvikling innen andre sektorer, som skipsfart.
Muligheter	▪ Teoretisk svært store mengder biomasse tilgjengelig. ▪ Muliggjør betydelig råvareproduksjon uten negative areal-effekter på land.
Utfordringer	▪ Betydelig behov for økt kunnskapsgrunnlag. ▪ Sannsynligvis høyt energiforbruk. ▪ Potensielle negative effekter på økosystemer og økosystemtjenester ved overfiske. ▪ Unngå bifangst.

3.1

Produksjon og klimafotavtrykk

Som tidligere nevnt er det stor variasjon i globale bestandsanslag for mesopelagisk fisk. I en studie fra 2021 konkluderes det med at resultater for tidligere kommersielle forsøk, vitenskapelige tokt og prøvefiske så langt *ikke* korresponderer med teoretiske beregninger av mesopelagiske fiskeressurser.¹⁸ Også for norske farvann er det foreløpig et for utilstrekkelig og usikkert datagrunnlag for å kunne gi en sikker estimering av samlet biomasse av mesopelagisk fisk.

Anerkjente forskere på fagfeltet har imidlertid vært tydelige i sine vurderinger av at substansielle volum av mesopelagisk biomasse til fiskefôr må baseres på fiske i internasjonalt farvann, for eksempel langs den midtatlantiske rygg. Disse områdene ligger gjerne flere dagers ferd fra land. Fiske langt fra land i kombinasjon med rask forringing av biomassen, sannsynliggjør at i alle fall deler av foredlingen av biomassen må foregå på fartøy.

Fire fartøy var involvert i norsk mesopelagisk prøvefiske i 2019. Ett fartøy brukte tobis-trål, mens de tre andre fisket med spesialtilpassede pelagiske tråler.¹² Basert på dagens kunnskap er det sannsynlig at mesopelagisk fiske må baseres på bruk av småmasket trål. Dette vil medføre økt tauemotstand av trålen, og i betydelig grad påvirke energiforbruket ved fisket. Sintef Ocean har deltatt i eksperimentelt fiske etter mesopelagiske arter hvor tre typer trål ble benyttet. To av dem hadde små-maskede paneler i belgen. Disse hadde en motstand på minst 44 tonn når de ble tauet i ca. 2.2 knop fart. Tredje trål foregikk uten bruk av småmaskede paneler, og hadde en motstand på ca. 26–28 tonn i 2.2 knop fart (personlig kommunikasjon: Eduardo Grimaldo, SINTEF Ocean). Sintef Ocean rapporterer at de har gjennomført en rekke forsøk, men ikke kommet helt i mål med å utvikle en trål som er egnet for kommersielt fiske av arten. Design og videreutvikling av mesopelagisk trål med redusert tauemotstand vil være avgjørende for et energieffektivt fiskeri.^{19,20}

Samlet sett vil et mesopelagisk fiske til fôr råvarer kunne innebære lange transport-avstander til havs i kombinasjon med høyt energiforbruk ved tråling og prosessering av biomasse til havs. Klimaavtrykket til et slikt fiske er dermed nært koblet til muligheten for å avkarbonisere energiforbruket på fartøyene.

3.2

Påvirkning på økosystem

Som fremholdt i rapporten, «Institutional nuts and bolts for a mesopelagic fishery in Norway» så kan utnyttelse av mesopelagiske arter på bærekraftige nivåer, uten å påvirke det biologiske mangfoldet og kompromittere havenes rolle i klimareguleringen, være en viktig kilde til proteiner med høy næringsverdi og flerumettede fettsyrer for å dekke fôrbehovet i havbruksnæringen.²¹ En rekke forskningsprosjekter er de senere årene igangsatt for å øke kunnskapsnivået omkring mesopelagiske organismer som potensielle fôr råvarer. Innen forskningsmiljøene virker det imidlertid å være enighet om at det gjenstår betydelige ubesvarte spørsmål knyttet til hvor mye og på hvilke lokaliteter et globalt mesopelagisk fiske kan foregå uten å forårsake uakseptable negative økosystem-effekter:

*«Thus, basic questions such as who is down there (biodiversity), what they are up to (trophic ecology), and what ecosystem processes (food web, material and energy fluxes) they support are still poorly known». «That is, harvesting this ecosystem can produce more food for human consumption, but the potential consequences associated with the effect of biomass extraction on the (poorly known) role of the mesopelagic in climate regulation, conservation, biodiversity, and ecosystem stability must be carefully considered».*⁶

I et brev publisert i Nature i 2020, understrekte en rekke fremtredende forskere at den fragmentariske informasjonen om livet i den mesopelagiske sonen gjør det vanskelig å forutsi hvordan livet vil reagere på press fra menneskelig aktivitet.²²

Forskerne foreslo økt forskningsinnsats på tre nøkkelspørsmål:

- 1. Hvor mange organismer lever i skumringssonen, og hvor forskjellige er de?**
- 2. Hvilke økologiske prosesser transformerer og spiser organisk materiale?**
- 3. Hvordan transporteres organisk materiale inn i og ut av skumringssonen?**

Den biologiske karbonpumpen

Som tidligere nevnt spiller mesopelagiske arter en sentral rolle i den biologiske karbonpumpen. Det pågår for tiden en rekke forskningsprosjekter for å øke kunnskapen om denne prosessen, og for å forutsi hvordan artene som bidrar i den biologiske karbonpumpen vil respondere på potensielle klimaendringer. Eksempler på iverksatte forskningsprosjekt inkluderer SeaPump (Helmholtz Society, Univ. of Bremen), Carbon Uptake and Seasonal Traits in Antarctic Remineralisation Depth - CUSTARD (University of Southampton), Controls over Ocean Mesopelagic Interior Carbon Storage – COMICS (National Oceanography Centre (UK)) og ORganic CARbon Sequestration in the ocean – ORCAS (Barcelona Supercomputing Center).

Bifangst

Det er knyttet usikkerhet til forventet omfang av bifangst av egg, larver og voksen fisk ved mesopelagisk fiske. Mengden bifangst vil avhenge av lokalitet, dybde på fiske og teknologiske løsninger. Tokt med mesopelagisk prøvefiske har gitt betydelige forskjeller i grad av bifangst. Kommersiell prøvefiske i norsk økonomisk sone i 2019 resulterte i fangst av 1693 tonn mesopelagiske arter, hvorav 1223 tonn var laksesild. Det var imidlertid betydelige forskjeller i grad av bifangst på de ulike toktene. Gjennomsnittlig resulterte toktene i fangst av 18 % krill (som også er en utnyttede mesopelagiske ressurs), mens sei, kolmule og makrell utgjorde respektivt 1,7%, 5,5% og 0,05% av total fangsten.^{12,13}

Utvikling av kunnskap og teknologi som minimerer mengden bifangst vil kunne påvirke bærekraftprofilen til mesopelagisk fiskeri.

Kunnskapshull

I 2017 publiserte Science Advice for Policy by European Academies (SAPEA) rapporten «Food from the oceans».²³ Også de uttrykte bekymring over kunnskapsnivået, og uttalte at de vanskelig så for seg et bærekraftig og levedyktig mesopelagisk fiske i den nærmeste fremtid. De fremhevet spesielt mangel på grunnleggende biologisk kunnskap (som arts-sammensetning, bestandsstørrelse og romlig fordeling) og mangel på tilstrekkelig prøvetakings- og høstingsmetodikk for leting og utnyttelse som sentrale kunnskapsbarrierer.

Kunnskapsbarrierer knyttet til manglende kunnskap om potensielle effekter på annet fiskeri og økosystemeffekter ble også trukket frem når Pacific Fishery Management Council i 2016 innførte moratorium på fiske på en rekke mesopelagiske arter langs Stillehavskysten i USA.²⁴

Grimaldo et al. (2020) påpeker i artikkelen «Investigating the potential for a commercial fishery in the Northeast Atlantic utilizing mesopelagic species» viktigheten av å øke kunnskapen omkring rollen og funksjonen til mesopelagiske arter i det marine næringsnett og behovet for å øke kunnskapen om biomassen i rom og tid for å legge til rette for en bærekraftig utnyttelse av biomassen.¹³

Med et betydelig behov for økt kunnskapsinnhenting knyttet til potensielle ressurser fra mesopelagisk fiske er det bekymringsfullt at det foretas stadig mindre prøvefiske. I Norge nådde interessen en topp i 2016 og 2017. I 2020 deltok imidlertid kun to fartøy i prøvefiske og i 2021 er det bare rapportert om et fartøy som deltok i prøvefiske.¹⁸

4

Barrierer og løsningstiltak

Figur 4:
Oversikt over
barrierer i
verdikjeden til
mesopelagisk
fiskeri

Barrierer for mesopelagisk fiskeri i ulike deler av verdikjeden



4.1

Regulatoriske barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Per nå finnes ingen forvaltningsplan eller kvoteordninger for mesopelagisk fiskeri verken i Norge eller internasjonalt. Alt fiske skjer gjennom prøvefisketillatelser.	→ Det trengs midler til grunnleggende forskning på mesopelagiske arter for å kunne estimere biomasse og livssyklus som kan gi grunnlag for kvotesetting og forvaltningsplan. Videre ønsker industriaktører at det etableres en langtidsordning med prøvefisketillatelser som kan gi stabilitet for større satsninger på nytt utstyr og teknologi.
B Mesopelagiske arter er spredt over store områder, og hvis det skal utvikles et kommersielt fiske kan det bli nødvendig å fiske i internasjonale farvann. Da vil det være behov for å utvikle et internasjonalt rammeverk for mesopelagisk fiskeri.	→ I Nordøst-Atlanteren er det NEAFC (North East Atlantic Fisheries Commission) som setter kvoter for fiskeri i internasjonale farvann og fordeler dem mellom land. Kvotene settes etter rådgivning fra ICES (International Council for the Exploration of the Sea). Mesopelagisk fiskeri har ikke enda kommet på ICES' agenda, men antakeligvis vil det skje ved økt kunnskap om mesopelagiske arters biologi og forekomster, og økt interesse for et mesopelagisk fiskeri.

4.2

Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Det er kostbart å utvikle ny fiskeriteknologi og drive prøvefiske. Per nå er det vanskelig å etablere et lønnsomt fiskeri pga. stor usikkerhet rundt fangstresultat.	→ Det må utvikles teknologi som kan gjøre det lettere å både lokalisere og fangste de mesopelagiske mållartene.
B Det trengs store investeringer i FoU for å kunne utvikle et mesopelagisk fiskeri. Per nå har det i stor grad vært et par næringsaktører som har investert og risikert midler for å drive prøvefiske av mesopelagiske arter. Disse nevner at de har behov for gode rammevilkår for å kunne satse på mesopelagisk fiskeri.	→ Hvis mesopelagisk fiskeri skal bli et norsk satsingsområde må kunnskapsgrunnlaget økes. Det vil være nødvendig med insentiver som muliggjør økt prøvefiskeaktivitet blant industriaktører.

4.3

Kunnskap, FoU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende kunnskap om de mesopelagiske artenes livssykluser og rolle i økosystemet, og hvilke påvirkning fiskeri kan ha på både arter og økosystem.	→ Det trengs betydelige forskningsmidler til grunnforskning på mesopelagiske arter for å fylle essensielle kunnskapshull.
B Manglende kunnskap og teknologi for å kunne lokalisere mesopelagiske arter og høste mesopelagiske arter.	→ Det må utvikles teknologi som kan gjøre det lettere å både lokalisere og fangste de mesopelagiske mållartene.

4.4

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Dagens kunnskapsgrunnlag er ikke tilstrekkelig til at et kommersielt fiskeri på mesopelagiske arter kan settes i gang. Det er kunnskapsmangel på artenes biologi, forekomst og utbredelse.	→ Finansiere grunnleggende forskning på mesopelagiske arters biologi og rolle i økosystemet.
B Potensiell påvirkning på mesopelagiske arters transport av organisk materiale og karbon til dyphavet via «den biologiske pumpen».	→ Finansiere forskning om hvordan mesopelagiske arter bidrar til «den biologiske pumpen», og hvorvidt fiskeri kan påvirke dette.
C Høy leteaktivitet og fiske med finmasket trål resulterer i høyt energiforbruk ved fiske av mesopelagiske arter.	→ Ta i bruk fornybare energikilder på fiskebåtene for at mesopelagisk fiskeri skal oppnå lavere karbonfotavtrykk enn fiskeolje- og mel som brukes i dagens fiskefôr.

- Etterspørsel etter marint råstoff som globalt ser ut til å finnes i store kvantum er hoveddriveren for å gå i gang med et fiskeri på mesopelagiske arter.
- Fisket kan bygges på fartøy i eksisterende fiskeflåte.
- Økende finansiering og interesse for mesopelagisk fiskeri innen forskningsmiljøer. I Norge har det per 2021 startet 12 forskningsprosjekter, og totalbudsjettet for pågående norske prosjekter er 234 millioner kroner fra Forskningsrådet. Det går også større forskningsprosjekter på EU-nivå.

Referanser

1. Salvanes, A. G. V. & Kristoffersen, J. B. Mesopelagic Fishes. *Encycl. Ocean Sci.* 1711–1717 (2001) doi:10.1006/rwos.2001.0012.
2. Davison, P. C., Checkley, D. M., Koslow, J. A. & Barlow, J. Carbon export mediated by mesopelagic fishes in the northeast Pacific Ocean. *Prog. Oceanogr.* **116**, 14–30 (2013).
3. Irigoien, X. *et al.* Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nat. Commun.* **5**, 3271 (2014).
4. FAO. The Mesopelagic Fish Guide: shedding light on 550 fish species in one of the largest ecosystems on earth. *fao.org* <http://www.fao.org/in-action/eaf-nansen/news-events/detail-events/en/c/1311820/> (2020).
5. Gjøsæter, J. & Kawaguchi, K. A review of the world resources of mesopelagic fish. *FAO Fish. Tech. Pap.* **193**, 123–134 (1980).
6. Hidalgo, M. & Browman, H. I. Developing the knowledge base needed to sustainably manage mesopelagic resources. *ICES J. Mar. Sci.* **76**, 609–615 (2019).
7. Kaartvedt, S., Staby, A. & Aksnes, D. L. Efficient trawl avoidance by mesopelagic fishes causes large underestimation of their biomass. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **456**, 1–6 (2012).
8. Proud, R. *et al.* From siphonophores to deep scattering layers: Uncertainty ranges for the estimation of global mesopelagic fish biomass. *ICES J. Mar. Sci.* **76**, 718–733 (2019).
9. Ljungström, G., Langbehn, T. J. & Jørgensen, C. Light and energetics at seasonal extremes limit poleward range shifts. *Nat. Clim. Chang.* **11**, 530–536 (2021).
10. Dalpadado, P. Krill - Nordlig krill. *Havforskningsinstituttets nettsider* <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/arktisk-krill> (2019).
11. Fiskeridirektoratet. Fangst fordelt på art: mesopelagisk fisk. <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art> (2021).
12. Bjørndal, Å. & Gjeitsund Thorvaldsen, K. *Forsøksfiske etter mesopelagiske arter 2019 - Oppsummerende rapport.* (2020).
13. Grimaldo, E. *et al.* Investigating the potential for a commercial fishery in the Northeast Atlantic utilizing mesopelagic species. *ICES J. Mar. Sci.* **77**, 2541–2556 (2020).
14. Olsen, R. E. *et al.* Can mesopelagic mixed layers be used as feed sources for salmon aquaculture? *Deep. Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* **180**, (2019).
15. Alvheim, A. R., Kjellevold, M., Strand, E., Sanden, M. & Wiech, M. Mesopelagic species and their potential contribution to food and feed security—a case study from Norway. *Foods* **9**, (2020).
16. Wiech, M. *et al.* Undesirables in mesopelagic species and implications for food and feed safety—insights from norwegian fjords. *Foods* **9**, (2020).
17. ICES. Opportunities and risks in the mesopelagic zone. *ICES.dk* <https://www.ices.dk/news-and-events/news-archive/news/Pages/Mesopelagic-resources-IJMS.aspx> (2019).
18. Standal, D. & Grimaldo, E. Lost in translation? Practical- and scientific input to the mesopelagic fisheries discourse. *Mar. Policy* **134**, 104785 (2021).
19. FHF. Utvikling av trål til kommersiell fangst av mesopelagiske fiskearter. (2017).
20. FHF. Mesopelagisk fisk trenger spesialtilpasset trål. *Nyhetsarkiv* <https://www.fhf.no/nyheter/nyhetsarkiv/mesopelagisk-fisk-trenger-spesialtilpasset-traal> (2019).
21. Standal, D. & Grimaldo, E. Institutional nuts and bolts for a mesopelagic fishery in Norway. *Mar. Policy* **119**, 104043 (2020).
22. Martin, A. *et al.* Study the twilight zone before it is too late. *Nature* vol. 580 26–28 (2020).
23. SAPEA. *Food from the oceans.* (2017) doi:10.1093/actrade/9780199695058.003.0009.
24. Pacific Fishery Management Council. CPS FMP Amendment 15: Unfished and unmanaged forage fish protections. <https://www.pcouncil.org/actions/amendment-15-to-the-coastal-pelagic-species-fishery-management-plan/> (2016).



Raudåte

Råvareløftet



Foto: Zooca

Oppsummering

Raudåte er en til nå lite utnyttet marin ressurs som finnes i store mengder i Norskehavet og som vil kunne egne seg godt i laksefôr. Det er åpnet for et større kommersielt fiskeri av raudåte hvor kvotene i all hovedsak befinner seg utenfor grensen på 1000 m batymetrisk konturlinje (heretter 1000 m dyp). Skal raudåte utgjøre substansielle kvanta som råvare i fremtidens laksefôr, må det baseres på fangst utenfor 1000 m dyp. Så langt har mangel på fiskeriteknologi vært et hinder for utnyttelse av ressursen i industriell skala.

De to viktigste barrierene som må overkommes for at raudåte skal kunne bidra til et mer bærekraftig laksefôr er mangelen på effektiv fiskeriteknologi og grønne energibærere til fiskeflåten.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



1

Faktagrunnlag

1.1

Om råvaren

Raudåte er det norske navnet på hoppekrepsen *Calanus finmarchicus* som sammen med andre *Calanus*-arter som *C. Helgolandicus*, *C. glacialis* og *C. hyperboreus* utgjør en viktig del av økosystemet i nordlige havområder. Her beiter de på planteplankton og blir selv mat for en rekke andre arter av fisk og krill.¹⁻³ De tre artene er utbredt i arktiske farvann, inkludert Norskehavet og Barentshavet^{4,5}

Det er særlig *C. finmarchicus* som er interessant å høste fordi den finnes i store forekomster langs Norskekysten og i Norskehavet. Raudåten kan bli opptil 3 mm og ca 1 år gammel, og Havforskningsinstituttet har estimert en årlig produksjon av 190–290 millioner tonn raudåte i norske farvann.⁶ Det bør merkes at det er usikkerhet knyttet til biomasseestimatene, da raudåten har kort livssyklus og biomassen kan variere stort både gjennom året og fra år til år.

Forvaltning av raudåte – forvaltningsplan, fiskeri, kvote og tillatelser

Raudåte er et nytt fiskeri, og det reguleres gjennom en forvaltningsplan for raudåte, publisert av Fiskeridirektoratet i 2016 og vedtatt av nærings- og fiskeridepartementet i 2019. Det ble i 2020 for første gang utdelt kommersielle tillatelser for fiske etter raudåte (10 stk.). Forvaltningsplanen legger til rette for, og setter rammer for en mer kommersiell høsting av raudåte, etter mange år med forsøksfiske (siden 2003).

Forvaltningsplanen vektlegger en forsiktig tilnærming til raudåtefisket, med fokus på bærekraftig og langsiktig, økosystembasert forvaltning. Det presiseres at raudåta er en nøkkelart i økosystemet, og at for stor lokal beskatning må unngås. I følge forvaltningsplanen tilsier dette en lav beskatningsgrad, både av hensyn til selve raudåtebestanden, fiskebestander som beiter på raudåte og bifangst av egg, larver og yngel.

Den stående biomassen av raudåte er estimert til å være 33 millioner tonn, dette estimatet ligger til grunn for fastsettelse av totalkvote. Kvotefastsettelsen for raudåte er i stor grad basert på tilsvarende resonnementer som for kvotefastsettelsen i krill-reguleringen i Antarktis (CCAMRL).

Forvaltningsplanen peker på at det er behov for utvikling på redskapssiden, både hva gjelder mer effektivt fiske til havs samt minimering av innblanding. Det presiseres at det på kort og mellomlang sikt vil være nødvendig med høsting innenfor 1000 m, dette for tilrettelegging for framtidig høsting av raudåte utenfor 1000 m.

Forvaltningsplanen peker også på at dersom raudåtefiske skal utvikle seg til et stort fiskeri, vil det være behov for omfattende FoU arbeid, spesielt knyttet til kunnskap om bestandsutviklingen av raudåte, økologiske konsekvenser av fangst (herunder innblanding) og utvikling på redskapssiden.

Fiskeri og kvoter

I kvotefastsettelsen skilles det mellom kystnære områder, definert som havområder grunnere enn 1000 m, og fiske lengre ut til havs. Siden 2020 har kvoten ligget på 254 000 tonn utenfor 1000 m dyp og kun 3000 tonn innenfor 1000 m dyp. Delen av kvoten innenfor 1000 m er satt lavt da det er vesentlig større risiko for bifangst/innblanding av egg, larver og yngel i kyststrømmene (kystnære områder). I tillegg er det utgitt tillatelse for prøvefiske av raudåte til selskapet Zooca innenfor grunnlinjen på 5000 tonn til og med 2022. Selv om kvotene er store, har landingene vært små, og i 2020 ble det ikke fisket raudåte.

Fiskeriet foregår når raudåten har sin hovedproduksjon, i april-juli. Tidsperioden er utenfor hovedsesongen for annet tradisjonelt fiskeri, og det er mulig at raudåtefiske kan bli et supplerende fiskeri for kystfiskere.

Tabell 1: Fangst av raudåte siden 2017. Data hentet fra Fiskeridirektoratets fangststatistikk.⁷

År	2017	2018	2019	2020	2021
Fangst (tonn)	760	1362	352	0	1156

Fiskeriteknologi

Raudåten fangstes med finmasket pelagisk trål, hvor maskevidden er så liten at trålen også fanger opp egg, larver og maneter som driver med strømmen. Hvis det forekommer innblanding av fiskelarver og fiskeyngel over 10 % må det foretas et feltskifte.⁸ Så langt har det kun foregått prøvefiske på raudåte med egne prøvefisketillatelser hvor det er pålagt å ta prøver av hvert hal for innblanding. Prøvene sendes til Havforskningsinstituttet for analyse, og resultatene inkluderes i en årlig innblandingsrapport til Fiskeridirektoratet.

Utenfor 1000 m dyp er det mer utfordrende å fiske raudåte fordi den er spredt over større områder og på grunn av mer utsatte værforhold. Ny fiskeriteknologi er under utvikling for å kunne løse utfordringene med å fiske på åpent hav (pers. kom. Hogne Abrahamsen og Ole Petter Pedersen, Zooca).

Siden det er åpnet for kommersielt fiske av raudåte er det også mulighet for at flere aktører kommer på banen og utvikler andre typer fiskeriteknologi for å høste raudåte enn den som finnes i dag. Foreløpig har det dog vært lite interesse blant kommersielle aktører for denne type fiskeri.

1.2

Næringsinnhold og egnethet i fôr

I dag utvinnes det meste av oljen i raudåte til humant konsum, mens proteinhydrolysatet brukes i fôr til akvakultur. Siden det i dag ikke er store nok volum tilgjengelig til å kunne forsyne laksenæringen, brukes proteinhydrolysatet hovedsakelig til andre arter som rensefisk, torsk, kveite og reke.

Næringssammensetning

Raudåte er i naturen startfôr til mange yngre livsstadier av fisk, og er som råstoff generelt velegnet som ingrediens i fiskefôr. Siden den befinner seg lavt på næringskjeden har den i tillegg et lavt innhold av uorganiske miljøgifter og tungmetaller. Raudåte inneholder også mye av pigmentet astaxanthin som gir den dens karakteristiske farge og er opphav til navnet.⁹ I dag brukes det hovedsaklig syntetisk fremstilt astaxanthin i laksefôr. Raudåte er en naturlig kilde til pigmentet, og vil f.eks. egne seg spesielt godt til produsenter av økologisk laks.

Tabell 2: Næringsinnhold i raudåte som i Solgaard (2008).¹⁰

Næringsinnhold	Andel av tørrvekt
Aminosyrer	37–44 %
Fettsyrer	16–34 %
Kitin	3–4 %
Aske	11–23 %

Det er lite tilgjengelig informasjon om hvorvidt proteinhydrolysat fra raudåte er godt egnet i laksefôr. For kveite er det vist god vekst ved innblanding av raudåtemel i fôret.¹¹ Raudåteolje inneholder voksestere som kan påvirke fordøyelsen, men laksen er i stand til å tilpasse seg økt kostinntak av voksestere fra *C. finmarchicus*.¹² Den tåler opptil 37,5 % inkludering av raudåteolje, mens høyere inkludering har vist redusert fordøyelighet og vekst.^{13,14}

2

Status for produksjon i dag

2.1

Norske aktører

Forskning

SFI Harvest ledes av SINTEF, og er et senter for forskningsdrevet innovasjon for å utvikle ny teknologi som sikter på å løse globale utfordringer ved å utvikle kunnskap og teknologi for bærekraftig høsting og prosessering av underutnyttede arter. Senteret går fra 2021–2028.

Forskningsprosjektet **Calafeed** har som mål å forbedre potensialet til raudåte som fôr i akvakultur. Prosjektet ledes av SINTEF og går fra 2021–2024.

Industri

Zooa er den største aktøren innen raudåtefiskeri i dag, og står i all hovedsak for fangstene som har blitt tatt siden det ble åpnet for fiske av raudåte. De åpnet ny fabrikk for å prosessere raudåte på Sortland i 2021. Zooa er ikke et rederi som kan få tillatelser for industrielt fiske etter [deltakerloven](#), men har frem til 2022 fått tillatelser for prøvefiske for forskning og utvikling, basert på havressursloven.

Nordnes AS er en av aktørene som har kommersiell tillatelse for høsting av raudåte og leverer råstoff til Zooa. Rederiet deltar også i SFI Harvest og arbeider med utvikling av ny fangstteknologi.

Mangel på aktive fiskeriaktører

I en orientering om reguleringen av raudåtefiske i 2022 (lagt frem til reguleringsmøte i november 2021) skriver Fiskeridirektoratet at det var lite eller ingen høsting av raudåtefiske etter de kommersielle tillatelsene i 2020 og 2021. Ønsket om at flere aktører skulle delta for å videreutvikle kunnskap om høsting, konservering, teknologi og produksjon i dette fiskeriet var en viktig del av begrunnelsen for tildeling av kommersielle tillatelser. Direktoratet orienterer videre om at NFD har bedt dem om å undersøke nærmere hvorfor fartøyer med kommersielle tillatelser ikke har deltatt i høstingen. Resultater fra undersøkelsen som Bellona har fått innsyn i, viser blant annet at flere aktører har meldt fra om utfordringer med fangstredskap og at det her var behov for mer FoU. Samtidig ble det meldt om at interessen hos redskapsprodusenter var varierende. Dette var medførende til at raudåtefisket kom sent i gang i 2021, og mulig også medførende til at det ikke ble fangstet raudåte i 2020.

3 Miljømessig bærekraft

Om et raudåtefiskeri skal bidra med volumer som vil ha betydning for fremtidig tilgang på fôrressurser, må fiskeriet i all hovedsak skje utenfor 1000 m dyp hvor kvoten er på 254 000 tonn. Sannsynligvis vil dette føre til redusert innblanding av fiskelarver, -yngel og -egg i fangsten. Samtidig må man gå ut ifra at energiforbruket vil bli høyere enn det er i dag på grunn av lengre transportvei, og økt tråleaktivitet fordi raudåtebestandene i disse områdene ofte er mer spredt. Fiske utenfor 1000 m dyp forutsetter også utvikling av teknologi som muliggjør effektivt fiske i disse områdene.

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Moderat
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Betydelig
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Teknologiutvikling for å kunne etablere fiske utenfor 1000 m dyp og innfasing av nye energibærere med lavere klimafotavtrykk.
Nøkkelegenskaper	Lite utnyttet marin, lavtrofisk ressurs.
Muligheter	Tilgang på betydelige volumer.
Utfordringer	▪ Betydelig klimafotavtrykk hvis man ikke utvikler nye energibærere. ▪ Manglende samfunnsaksept, spesielt fra fiskeriorganisasjoner.

3.1 Produksjon av råvaren

Klimafotavtrykk

Per d.d. er det ikke blitt gjennomført livsløpsvurderinger (LCA) for raudåtefiske, og det er derfor vanskelig å si noe spesifikt om klimafotavtrykket for fiskeriet.

Raudåte tråles i sakte fart (rundt 1 knop), og trålingen oppgis å derfor være relativt lite energikrevende. Zooca oppgir selv at de bruker rundt 40 % av energien for å høste samme volum som ved vanlig tråling (pers. kom. Ole Petter Pedersen, Zooca). Hvis fisket flytter seg utenfor 1000 m dyp, hvor raudåte er mer spredt, er det sannsynligvis mer energikrevende å fiske, både på grunn av at det må filtreres mer vann og fordi transportavstanden er større. Mulig kan ny søketeknologi som for eksempel bruk av luftbårne droner og modeller bidra til å minske energibruk forbundet med leteinnsats.

Slik det opereres i dag, fryses fangsten om bord og prosesseres på land. Nedfrysing er energikrevende, men muliggjør også prosessering med fornybar energi på land. Sammenligner man for eksempel med krillfisket i Antarktis, hvor ca. 80 % av energiforbruket fra skipene går til prosessering av krillen,¹⁶ kan det være fordelaktig for klimafotavtrykket at prosesseringen av raudåte skjer på land.

3.2 Potensial og risiko

Kunnskapsbehov om raudåtens biomasse og økologisk samspill

Havforskningsinstituttet (HI) mener at det kan høstes betraktelig større mengder raudåte utenfor 1000 m dyp enn kvoten som er satt nå før det vil ha merkbare negative konsekvenser på økosystemet.^{17–19} Noen av argumentene for et såpass stort uttak er at raudåte har raskt vekst, kort livssyklus og befinner seg langt nede på næringskjeden. Usikkerheten i biomasseestimatene for raudåte er likevel stor. Sikkerheten i estimatene kan styrkes

ved å gjennomføre flere overvåkningstokt enn de som går i dag, men dette er kostbart. Før man har sikrere estimer, bør kvotene fortsatt settes etter føre-var-prinsippet.

Både forvaltningsplanen for raudåte og Havforskningsinstituttet viser til behovet for bedre kunnskap om bestandsutviklingen til raudåte og gode estimer av raudåteproduksjonen.⁶ De viser også til manglende kunnskap om hva som styrer sesongmigrasjon, hvor en bedre forståelse av disse mekanismene også vil kunne gi bedre forståelse for hvordan klimaendringer kan påvirke raudåteproduksjonen. I tillegg nevner Havforskningsinstituttet at det er manglende informasjon om dietten til virvelløse dyr som inkluderer raudåte i dietten.

Innblanding av fiskeegg, –larver og –yngel i kystnære områder

Det har blitt uttrykt bekymring blant annet fra fiskere rundt å etablere et fiskeri på raudåte av frykt for at det vil påvirke andre ledd i økosystemet. Det er spesielt fiske av raudåte i kystnære områder det reageres på, hvor det er fare for innblanding av larve-, yngel- og eggstadier av andre arter det drives kommersielt fiske på.^{20,21}

I prøvene Havforskningsinstituttet analyserte i 2019, var gjennomsnittlig innblanding 2,7 % av fangstvolumet, og 3 av totalt 66 trålhal hadde en prøve som oversteg grensen på 10 % innblanding (det tas 3 prøver fra fangsten i hvert trålhal).²² Sildelarver utgjorde mer enn ¾ av den registrerte innblandingen av fiskelarver i 2018 og 2019.^{22,23} I innblandingen fra 2018 for eksempel, hvor det ble fisket totalt 1362 tonn raudåte, er det beregnet at bifangsten av sildelarver utgjorde 0,0006 % av sildelarvene langs kysten.²² Havforskningsinstituttet har så langt vurdert innblandingen til å ha en ubetydelig innvirkning på fiskebestandene. Dette fordi larver og yngel er så tallrike og har så stor naturlig dødelighet at innblandingen i raudåtefiskeriet ikke er av en betydelig nok størrelsesorden. De anbefaler videre at det bør tas ekstra hensyn til overvåkning av innblanding av sårbare bestander av kysttorsk og vanlig uer.^{22,23}

Havforskningsinstituttet har beregnet at man kan ta ut 10 000 tonn i området innenfor 1000 m dyp før fiskeriet vil ha konsekvenser med innblanding tatt i betraktning.⁶ Nylig utviklet de en økosystemmodell som indikerer at uttaket av kvoten på 3000 tonn raudåte skal være problemfritt, men om man overstiger kvoten på 3000 tonn raudåte i de grunne områdene kan det gi konsekvenser for raudåtebestanden og sild som beiter på den.²⁴

Selv om kvoten innenfor 1000 m dyp er relativt liten, og mengden innblanding i fiskeriet relativt lav, er det lite kunnskap om hvilke lokale påvirkninger som kan forekomme av et konsentrert fiske i mindre områder, såkalte «hotspots». Hvis fiskeriet øker i omfang bør det undersøkes om dette kan gi utslag på raudåtebestand, predatorer og eventuell innblanding, både hva gjelder fiskeriområder innenfor og utenfor grensen på 1000 m dyp. Derfor vil det være naturlig å vurdere soneinndelinger for fiskeriet om det skulle øke i omfang, slik som det for eksempel gjøres for krillfisket i Antarktis via CCAMLR.

4 Barrierer og løsningstiltak

Med bakgrunn i det offentlige ordskippe om dagens raudåtefiskeri, hvor mye av debatten handler om motstand mot fiskeri i tradisjonelt viktige gyteområder, er det lett å tenke at det er her de store barrierene ligger. Gjennom dialog med relevante fagmiljøer er det imidlertid tydelig at følgende forutsetninger bør legges til grunn for å inkludere substansielle volum av raudåte som råvare til fremtidig produksjon av fiskefôr:

Dagens fiskeri, hvor alt fiskes i kystnære strøk innenfor 1000 m dyp, er ikke det som skal oppskaleres dersom raudåte skal komme i posisjon til å bli en fremtidig ressurs for fiskefôr.

Dersom raudåte skal være en ressurs for fiskefôr må den fiskes utenfor 1000 m dyp. Det er der det er store nok kvoter til å kunne forsyne fiskefôrnæringen.

4.1 Regulatoriske barrierer (forvaltning)

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Overgangen fra forsøkshøsting og forskningskvoter til tildeling av kommersielle tillatelser for fiskeriet har ikke fungert etter hensikten. De siste to årene har det blitt fisket lite på kommersielle kvoter.	→ Fiskeridirektoratet har allerede gjennomført en spørreundersøkelse blant rederier som har kommersielle tillatelser de ikke har benyttet i 2020 og 2021. Funnene fra denne undersøkelsen blir viktig for å kunne overkomme barrierer og etablere et kommersielt fiskeri.

4.2 Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Høy lete- og tråleaktivitet - spesielt når fisket skal beveges til utenfor 1000 m dyp - vil gi høyere kostnader.	→ Utvikling av effektive verktøy for å lokalisere og tråle raudåte vil gjøre det mer lønnsomt å drive fiske av raudåte.
B I dag er volumene for lave og prisen for høy til at raudåte er en råvare som kan benyttes i laksefôr i særlig grad.	→ For at raudåte skal bli et alternativ som råvare til laksefôr, må det utvikles teknologi for å effektivt høste raudåte i områder utenfor 1000m dyp.

4.3

Kunnskap, FOU og teknologi

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Utfordringer med å fiske effektivt utenfor 1000 m dyp fordi raudåten står mer spredt over større områder og dyp, samt mer utfordrende værforhold.	→ Midler til utvikling og testing av teknologi til formålet.
B Manglende kunnskap om påvirkning av et konsentrert fiske på det lokale økosystemet.	→ Forskning bør i høyere grad undersøke lokale økosystemeffekter og innblanding ved økt fiskeri.
C Manglende kunnskap om effekter av et areal- og tidskonsentrert fiske kan føre til uønskede effekter på bestanden.	→ Soneinndeling av fiskeriet på lik linje som gjøres av CCAMLR bør vurderes hvis fiskeriet utvikler seg.

4.4

Bærekraft og miljøhensyn

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende forståelse av biologi, populasjoner og økosystemfunksjoner.	→ Mer forskningsmidler for kunnskapsøkning om raudåten produksjon og rolle i økosystemet
B Innblanding av egg, yngel og larver i kystnære områder kan forekomme og bør holdes til et minimum for å minimere påvirkning på økosystemet.	→ Det bør tilrettelegges for erfaringsutveksling og teknologiutvikling for å minimere innblanding av egg, yngel og larver.
C Fiskebåtenes klimafotavtrykk og mangel på livsløpsvurdering for raudåte som føringrediens.	→ Data for LCA-basert beregning av miljøfotavtrykk frem til fiskefôr produksjon, må genereres. → Se egen del om klimafotavtrykket til fiskerieringen.

4.5

Manglende forankring/sosial aksept i sivilsamfunnet for fiskeriet

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Flere fiskeriorganisasjoner har uttrykt innvendinger mot fiskeriet av raudåte på bakgrunn av bekymring av innblanding av egg, larver og yngel av kommersielle fiskeslag. Både Norges Fiskarlag, Kystfiskarlaget og Bivdu (sjøsamisk næringsorganisasjon), krever full stans i kystnært raudåtefiske. ^{25,26} På den andre siden mener forskerne eksisterende kvote kunne vært mye høyere (HI), uten at det skal ha innvirkning på arten eller dens økosystem.	→ Norges Fiskarlag peker på manglende tillit til Havforskningsinstituttet som sentral myndighet i denne saken. Næringsaktører som er interessert i raudåte, bør sammen med relevante fagmyndigheter og forskere jobbe for å reetablere tillit hos lokalbefolkning og fiskeriinteresser.

5

Drive

Raudåte er en potensiell stor ny kilde til marine oljer og proteiner med lavt innhold av miljøgifter og tungmetaller. Sannsynligvis kan man ta i bruk den eksisterende fiskeflåten, og fisket kan supplere eksisterende fiskerinæring.

Referanser

1. Tande, K. Calanus in North Norwegian fjords and in the Barents Sea. *Polar Res.* **10**, (2022).
2. Weydmann, A. & Kwasniewski, S. Distribution of Calanus populations in a glaciated fjord in the Arctic (Hornsund , Spitsbergen) - The interplay between biological and physical factors Distribution of Calanus populations in a glaciated fjord in the Arctic (Hornsund , Spitsbergen)— th. (2008) doi:10.1007/s00300-008-0441-0.
3. Søreide, J. E. *et al.* Seasonal feeding strategies of Calanus in the high-Arctic Svalbard region. *Deep Sea Res II* (2008).
4. Hirche, H.-J. The Reproductive Biology og the Marine Copepod, Calanus Finmarchicus - A Review. *Ophelia Publ.* **44**, (1996).
5. Falk-petersen, S. *et al.* Lipids and life strategy of Arctic Calanus Lipids. *Mar. Biol. Res.* **1000**, (2009).
6. Broms, C. *et al.* Vitenskapelig bakgrunnsmateriale for forvaltningsplan for raudåte. 37 S. (2016).
7. Fiskeridirektoratet. Fangst fordelt på art: Raudåte. <https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art> (2021).
8. Nærings- og Fiskeridepartementet. *Forskrift om regulering av høsting av rødåte i 2022.* (2021).
9. Eysteinnsson, S. T., Guðjónsdóttir, M., Jónasdóttir, S. H. & Arason, S. Review of the composition and current utilization of Calanus finmarchicus – Possibilities for human consumption. *Trends Food Sci. Technol.* **79**, 10–18 (2018).
10. Solgaard, G. Calanus finmarchicus as a Potential Basic Feed Ingredient. (Norwegian University of Science and Technology, 2008).
11. Colombo-Hixson, S. M., Olsen, R. E., Tibbetts, S. M. & Lall, S. P. Evaluation of Calanus finmarchicus copepod meal in practical diets for juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquac. Nutr.* **19**, 687–700 (2012).
12. Bøgevik, A. S., Tocher, D. R., Langmyhr, E., Waagbø, R. & Olsen, R. E. Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolts adapt lipid digestion according to elevated dietary wax esters from Calanus finmarchicus. *Aquac. Nutr.* (2009).
13. Olsen, R. E. *et al.* Atlantic salmon, *Salmo salar*, utilizes wax ester-rich oil from Calanus finmarchicus effectively. *Aquaculture* **240**, (2004).
14. Bøgevik, A. S. Marine wax ester digestion in salmonid fish: a review. *Aquac. Res.* **42**, 1577–1593 (2011).
15. Fiskeridirektoratet. Orientering om fisket etter raudåte i 2022. (2021).
16. CICERO. *Shades of Green: Aker Biomarine.* (2021).
17. Nilsen, I., Kolding, J., Hansen, C. & Howell, D. Exploring Balanced Harvesting by Using an Atlantis Ecosystem Model for the Nordic and Barents Seas. *Front. Mar. Sci.* **7**, (2020).
18. Hansen, C. Modellstudie: Fisket etter raudåte er berekraftig. *HI.no* <https://www.hi.no/hi/nyheter/2022/januar/modellstudie-fisket-etter-raudate-er-berekraftig> (2022).
19. Broms, C. Kan fiske mye raudåte før bestanden påvirkes. *HI.no* <https://www.hi.no/hi/nyheter/2019/april/fiske-raudate> (2019).
20. Fiskeribladet. Raudåtetraling bekymrer Fiskarlaget. *Fiskeribladet.no* <https://www.fiskeribladet.no/nyheter/raudatetraling-bekymrer-fiskarlaget/8-1-60155> (2018).
21. Trygstad, A. N. & Thonhaugen, M. Fiskere frykter at raudåtefiske skal ødelegge livsgrunnlaget deres – krever full stopp. *nrk.no* <https://www.nrk.no/nordland/frykter-fiske-etter-raudate-vil-rive-bort-livsgrunnlaget-til-kystfiskerne-1.15532840> (2021).
22. Broms, C., Strand, E. & Melle, W. *Innblanding av fiskelarver og -yngel i raudåtefangster 2019.* (2020).
23. Broms, C., Strand, E., Melle, W. & Nedreaas, K. *Innblanding av fiskeegg, -larver og -yngel i raudåtefangster 2018.* (2019).
24. Hansen, C., Skogen, M. D., Utne, K. R., Broms, C. & Strand, E. Patterns , efficiency and ecosystem effects when fishing Calanus finmarchicus in the Norwegian Sea — using an individual-based model. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **680**, 15–32 (2021).
25. Bivdu. Sak 25 / 2021 Reguleringsmøtet - Bivdus tilleggsforslag til regulering av fisket etter raudåte i 2022. (2021).
26. Fiskeridirektoratet. Rødåte 2022 - referat. (2021).

Delrapport 3

Økt utnyttelse av biprodukter



Biprodukter fra sjømatproduksjon

Råvareløftet



Foto: Øyvind A Haram

Oppsummering

Det ligger et stort potensial for økt utnyttelse av biprodukter fra norsk sjømatnæring i laksefôr. Det er tre problemstillinger som er fremtredende når det gjelder biprodukter fra norsk sjømatproduksjon:

- 1 Det forsvinner store mengder biprodukter på havet fra hvitfiskindustrien, hovedsakelig av økonomiske årsaker.
- 2 Mye av fisken eksporteres hel. Foredlingen skjer av økonomiske årsaker i utlandet, og derav eksporteres også store mengder biprodukter som kunne utnyttes i Norge.
- 3 Biprodukter fra laks som det er mulig å bruke tilbake inn i laksefôr utnyttes i dag i fôr til andre dyrearter enn laks på grunn av markedsforhold.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



1

Fakta grunnlag

1.1

Om råvaren

Biprodukter fra sjømatnæringen kan brukes til å utvinne fiskeolje, fiskemel, protein-konsentrat og proteinhydrolysat gjennom ulike prosesser. Denne rapporten tar for seg biprodukter fra hvitfisk, pelagisk fisk og rødfisk (havbruk).

Restråstoff og biprodukter

Begrepe restråstoff og biprodukt blir ofte brukt om hverandre, men det er vesentlige forskjeller mellom de to når de er av animalsk opprinnelse:

Marint **restråstoff** er definert som det ikke primære hovedproduktet etter sløying og eventuell videre bearbeiding av fisk og skalldyr. Det vil si at et restråstoff er resten av råstoffet, og kan for eksempel være lever, rogn, skinn og hoder.¹ Restråstoff kan, hvis det er behandlet som mat og ikke har for høyt innhold av uønskede stoffer, brukes til humant konsum.

Råstoff som ikke kan brukes til humant konsum og som ikke er næringsmiddelavfall, defineres som **animalske biprodukter**.² Er råstoff først definert som biprodukter kan det ikke oppgraderes tilbake til humant konsum.

1.2

Regelverk for bruk av biprodukter i fôr

Det er ulike regelverk som er relevante ved bruk av restråstoff/biprodukter i fôr til matproduserende dyr.

Animaliebiproduktforskriften skal sikre trygg bruk av animalske biprodukter som ikke er beregnet på humant konsum. Her kategoriseres biprodukter etter helserisiko for mennesker og dyr:

- **Kategori I-materiale:** høyest risiko, går vanligvis til forbrenning.
- **Kategori II-materiale:** kan ikke brukes i fôr til matproduserende dyr eller kjæledyr i EU, og går ofte til energiproduksjon.
- **Kategori III-materiale:** lavrisiko, kan brukes i dyrefôr ved riktig bearbeiding

Fra fiskerinæringen oppstår det hovedsakelig kategori III-materiale, mens fra havbruk oppstår det både kategori III- og kategori II-materiale (mest dødfisk).

Videre er det forbud i EU mot bruk av proteiner av samme art i fôr til matproduserende dyr. Lakseolje kan derimot brukes i fôr til laks og for hydrolysert marint protein som oppfyller kravene til gjeldende regelverk er det ikke restriksjoner på å bruke til samme art.³

1.3

Produkter fra marine biprodukter

For fiskefôr er det flere marine biprodukter som er relevante, og de produseres på ulike måter. I dag er det hovedsakelig biprodukter fra hvitfisk og pelagisk fisk som brukes i fôr til laks. Biprodukter fra havbruk kan i teorien brukes, men dette skjer i liten grad i norsk havbruk.

Fiskemel og fiskeolje av villfanget fisk kan brukes direkte i laksefôret og produseres i dag av både hel fisk og biprodukter. I fiskemelfabrikker varmes råstoffet opp før det presses, males og tørkes. Resultatet blir fiskemel, fiskeolje og vann.⁴

Ferske biprodukter kan også brukes til produksjon av **proteinhydrolysat**. Her tilsettes enzymer for å bryte ned proteiner, og man kan så ekstrahere aminosyrer og peptider. Denne metoden egner seg til å produsere rene produkter til f.eks. kosttilskudd som en nøytrale på smak og lukt.⁴

En annen metode å utvinne fôrvarer fra biprodukter på er via **ensilering**. Maursyre blir brukt til å senke pH og forhindre bakterievekst, og **fiskeolje og fiskeproteinkonsentrat** skilles ut av prosessen.⁴

1.4

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Produkter fra biprodukter fra sjømatindustrien er allerede en viktig komponent i fiskefôr. I 2020 ble det brukt 204 000 tonn marine oljer, hvorav 39 000 var fra avskjær og 240 000 tonn marint protein, hvorav 66 000 tonn var fra avskjær. I gjennomsnitt utgjorde marine biprodukter 5,3 % av fôret.⁵ Aminosyresammensetningen er godt egnet og fiskeoljer har generelt høyt innhold av DHA og EPA som er ettertraktede ingredienser i laksefôret.

Innhold av DHA og EPA er artsavhengig og varierer også med type biprodukter som inngår i produksjonen. Generelt har pelagisk fisk høyere innhold DHA og EPA enn hos hvitfisk som er magrere og hos laks som konsentrerer fettsyrene i musklene (som hovedsakelig går til konsum). Samtidig kan noen organer ha spesielt høye konsentrasjoner, slik som lever. Som regel inneholder biprodukter litt mindre fettsyrer og proteiner enn hel fisk, fordi mye av musklene er fjernet og andelen bein er større.

Tabell 1: Eksempler på innhold av EPA + DHA i oljer produsert fra marine biprodukter.

Type fiskeolje	Innhold av EPA + DHA
Olje fra biprodukter hvitfisk	19,21 % ⁶
Olje fra biprodukter pelagisk (makrell og sild)	11,00–18,30 % ^{7,8}
Lakseolje	7,00–10,00 % ⁹

2

Status for produksjon i dag

I 2020 ble det produsert 1 018 000 tonn biprodukter fra fiskeri- og havbruksnæringen, hvorav 477 000 tonn fra havbruk, 292 000 tonn fra hvitfisk, 236 000 tonn fra pelagisk og 13 000 fra skalldyr (Tabell 2). Totalt ble 861 000 tonn av disse utnyttet til fôr, energi og humant konsum, og tilsvarte produkter til et volum på rundt 450 000 tonn.⁴ Fra dette volumet ble det produsert 315 000 tonn fôr, hvorav 190 000 tonn fiskefôr til laks og andre marine arter, 66 000 tonn husdyrfôr, 44 000 tonn kjæledyrfôr og 15 000 tonn pelsdyrfôr.⁴ En mindre andel ble det produsert produkter til humant konsum av. Det som ikke egnet seg til konsum for mennesker eller dyr (i underkant av 135 000 tonn) gikk til energiproduksjon.

Tabell 2: Biprodukter fra sjømatindustrien i 2018 og 2020 fordelt på ulike sektorer⁴.

Sektor	Råstoffgrunnlag (Levende vekt) (1000 tonn)		Tilgjengelig biprodukter (1000 tonn)		Utnyttet biprodukter (1000 tonn)		Ikke utnyttet biprodukter (1000 tonn)	
	2018	2020	2018	2020	2018	2020	2018	2020
Havbruk	1466	1585	418**	478	380**	447	38*	31
Pelagisk fisk	1296	1472	205	236	205	236	0	0
Hvitfisk	756	671	320	292	189	169	131	123
Skalldyr	52.1	44	10.8	13	3.9	8	7	4
Samlet	3570	3772	954	1018	778	861	176	158

* I hovedsak blod ** Inkludert selvdød fisk (ca 95 tusen tonn) som gikk til biogass

2.1

Fiskeri

Hvitfisk

Utnyttelsesgraden for oppståtte biprodukter fra hvitfisksektoren i 2020 var på 56 %, noe som tilsvarer 127 000 tonn **utnyttet** biprodukter (Tabell 3).

SINTEF har i rapporten *Analyse marint restråstoff 2020: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring* delt fiskeflåten inn i tre kategorier: liten kystflåte, stor kystflåte (kystgående fartøy over 28 meter) og havgående flåte. Andelen biprodukter som blir utnyttet varierer mellom de tre gruppene.

Liten kystflåte utnytter en stor del av restråstoffet. Dette er hovedsakelig fordi de leverer rund fisk til mottak på land hvor det er gode muligheter for utnyttelse av biprodukter. De større fartøyene er ute i lengre tidsperioder og foredler i større grad om bord, noe som resulterer i at en stor del av restråstoff kastes over bord fordi det ikke er plass eller mulighet for å ta vare på restråstoffet. Dette skjer i stort omfang på havgående flåte, hvor 76 % av restråstoffet ikke ble utnyttet i 2020. Disse fartøyene er i snitt ute på havet lengst og har ikke mulighet eller økonomiske incentiver/plass om bord til å ta vare på restråstoffer med mindre de har egne løsninger for prosessering og lagring om bord. Det er en svak økende trend av havgående fartøy med prosesseringsmuligheter om bord,⁴ men fortsatt blir meste-parten av restråstoffet ikke utnyttet (Tabell 3).

Liten kystflåte har en bedre utnyttelsesgrad av restråstoff i dag enn tidligere, dette virker å være en endring som har skjedd relativt nylig og hvor et forsøk kalt Hovden-modellen, hvor fiskerne har gått fra å sløye om bord til å levere hel fisk til mottak, har vært viktig for denne endringen. Det gjenstår å se om dette kan bli en permanent løsning.¹⁰

Tabell 3: Oversikt over tonn restråstoff som oppstod hos ulike fiskeflåter i 2020. Tabell gjengitt fra SINTEF-rapporten Analyse marint restråstoff 2020: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring.⁴

	Liten kyst	Stor Kyst (28m+)	Havgående flåte	Totalt
Oppstått restråstoff	110 000	83 000	99 000	291 000
Ikke utnyttet	14 000	38 000	75 000	127 000
Utnyttet	96 000	44 000	24 000	164 000

Utnyttet restråstoff fra utenlandske båter som lander hvitfisk i Norge er ikke inkludert i statistikken. Det er hovedsakelig havgående fiskefartøyer som i stor grad kaster restråstoff over bord i likhet med norsk havgående flåte. I 2020 beregnet SINTEF en utnyttet restråstoffmengde på rundt 52 000 tonn fra utenlandske fiskefartøyer som landet fangst i Norge.⁴

Andelen hvitfisk som bearbeides til filet i Norge har siden 90-tallet falt fra 80 % til 50 %, ¹¹ noe som tilsier at det også her går tapt restråstoffer.

Pelagisk

Det eksporteres betydelig mye mer pelagisk fisk enn hvitfisk. I 2021 ble det eksportert 856 000 tonn pelagisk fisk versus 270 000 tonn hvitfisk.¹¹ Sild, makrell og lodde er de største bidragsyterne til restråstoff fra pelagisk fiskeri, og i 2020 utgjorde restråstoffet 236 000 tonn. Det ble ikke fisket lodde i 2020, så 220 000 tonn av disse var fra sild og 16 000 tonn fra makrell.⁴

På statistikken over utnyttelsesgrad scorer pelagisk fiskeri bra (100 % utnyttelse), men her er det verdt å merke seg at kun 2–4 % av makrellen bearbeides i Norge, mens resten (rundt 350 000 tonn) eksporteres rund og videreføres i utlandet.^{4,12} Dette medfører at store mengder potensielle biprodukter går tapt ved at fisken prosesseres i utlandet eller selges hel til konsument.

Prosjektet [Pelagisk løft – Økt verdiskapning av makrell](#) er satt i gang for å se på muligheter for automatisering og økt bearbeiding av makrell i Norge.

2.2

Havbruk (rødfisk)

I 2020 oppstod det 446 200 tonn restråstoff fra havbruksnæringen, hvorav alt ble utnyttet utenom blod (31 300 tonn). Av disse utgjorde 115 200 tonn dødfisk (kategori-II). Resten av volumet på 300 000 tonn egner seg i prinsippet for fôrproduksjon til matproduserende dyr.

Biprodukter fra rødfisk er relativt godt utnyttet (93 %),³ men det er verdt å merke seg to ting:

1. En større andel av biprodukter er dødfisk eller utkast (rundt 28 %⁴). Dette blir kategorisert som kategori II-biprodukter og kan ikke brukes i fôr til matproduserende dyr. Kategori II-biprodukter går til energiutvinning, industriprodukter eller fôr til pelsdyr.
2. Selv om det har vært en svak økende trend (7 % økning siden 1996) mot økt bearbeiding av laks i Norge før eksport,¹¹ blir det meste av laksen eksportert rund og foredlet i utlandet, og man går dermed glipp av en store mengder biprodukter i Norge. I 2017 ble rundt 81 % av laks til konsum eksportert rund, tilsvarende 540 000 tonn restråstoff/ biprodukter.¹³ I noen tilfeller kan det føre til kortere holdbarhet å foredle fisken i Norge sammenlignet med foredling i utlandet, som for eksempel ved eksport av fersk filét. Det er likevel et stort potensial for økt utnyttelse av biprodukter enn i dag.

Fra biprodukter fra rødfisk produseres mest lakseolje og proteinkonsentrat. Fiskemel og proteinkonsentrat fra rødfisk hindres brukt i laksefôr av TSE-regelverket i EU, med mindre det er prosessert slik at animalske bestanddeler ikke kan påvises ved lysmikroskopering.³ Dette gjøres ikke i dag, fordi det ikke finnes markedsetterspørsel. Olje og proteinkonsentrat fra rødfisk er ettertraktet i petfood-markedet og til andre arter oppdrettsfisk i andre land.

En fjerde kategori for biprodukter?

I 2020 oppstod det 115 200 tonn biprodukter fra dødfisk. Disse biproduktene klassifiseres som kategori II, og går i all hovedsak til energiutvinning. Regjeringens havbruksstrategi fra 2021 presiserer at EU-regelverket knyttet til biprodukter i utgangspunktet er beregnet på produksjon av landdyr, hvor det er viktig at selvdøde dyr ikke skal gå tilbake i matkjeden.¹⁴ Lakseproduksjon skiller seg fra landdyrproduksjon på mange måter, og man ser for eksempel økt dødelighet av laks i forbindelse med avlusning og andre behandlinger. Blir denne typen selvdød laks håndtert riktig, utgjør den sannsynlig liten biologisk risiko. En endring av EU-regelverket som åpner for tillatelse til bruk av lavrisiko selvdød laks til fôr (kategori-III), vil avhenge av tilstrekkelig dokumentasjon på at fiskesykdommer ikke overføres med produktene og strategisk arbeid opp mot EU.

2.3

Norske aktører

Pelagia Hordafôr og Scanbio Marine Group er begge produsenter av fiskeolje og protein-konsentrat bearbeidet fra ensilerte biprodukter fra fiskeri og havbruk.

Pelagia foredler biprodukter fra pelagisk fisk til blant annet fiskefôr.

Nutrimar foredler biprodukter fra laks, kylling og stortare.

Biomega og **MOWI** er blant aktører som foredler biprodukter fra laks.

Akva Ren, Biomega og Hofseth Aqua Biocare foredler biprodukter fra laks til protein-konsentrat og lakseolje.

I tillegg finnes det mange andre fiskemottak og slakterier langs kysten som videreforedler ferske biprodukter fra både fiskeri og havbruk.

3 Miljømessig bærekraft

Utnyttelse av biprodukter fra sjømatnæringen har lange tradisjoner, og fokus på bedre og økt utnyttelse har økt over tid. Logistikk- og prosesskjedene er allerede godt etablert, og det finnes marked for produktene som produseres av biproduktene. Likevel er det et stort mulighetsrom for økt utnyttelse av biprodukter fra både fiskeri og havbruk. I tillegg til å øke utnyttelsen, er det også mulig å omprioritere bruken av en del av dagens bruksområder for spesielt biprodukter fra rødfisk og inkludere mer av dette råstoffet i laksefôr.

**Teoretisk potensial for bærekraft-
gevinst som fôrressurs** Høy

**Kunnskapsbehov for å
kvantifisere bærekraftgevinst** Lav

**Prioriterte områder for
kunnskapsinnhenting** Økt fokus på sirkularitet i næringen.

Nøkkelegenskaper

- Biprodukter med eksisterende verdikjeder inn i laksefôr.
- Marine fettsyrer og proteiner.
- Kan bidra til økt sirkularitet i sjømatnæringen.

Muligheter

- Mulighet for å øke utnyttelse av biprodukter.

Utfordringer

- Utkast av store mengder restråstoff i hvitfisk-sektor.
- Lav foredlingsgrad i Norge av pelagisk fisk og rødfisk.
- Lav etterspørsel i konsumentmarkedet for lakseprodukter i lakseføret.

3.1 Klimafotavtrykk

Det finnes flere publikasjoner som har sett på klimafotavtrykket til biprodukter fra norsk sjømat (Tabell 4).^{15–17} Det er verdt å notere seg at i livssyklusanalyser (LCA) vil klimafotavtrykket til de ulike råvarene avhenge av rådata, allokeringstype og systemgrenser, og de kan gi ulike resultater ut i fra dette.

Det er vanlig å allokere klimafotavtrykk etter enten masse eller økonomi. Det vil si at klimafotavtrykket fordeles enten etter vekt/volum eller den økonomiske verdien av de ulike delene av produktet. Det er fordeler og ulemper med ulike allokeringsmetoder, og ulike LCA-standarder anbefaler ulike metoder. For eksempel anbefaler EUs Product Environmental Footprint-metoden å bruke økonomisk allokering for å beregne klimafotavtrykket for mat. LCA-studiene i Tabell 4 har tatt i bruk masseallokering, men det er mulig at økonomisk allokering vil bli standarden fremover. Økonomisk allokering vil etter all sannsynlighet gi biprodukter et lavere klimafotavtrykk enn ved masseallokering fordi biprodukter som regel har lavere økonomisk verdi enn hovedproduktene.

Tabell 4: Klimafotavtrykk fra biprodukter fra ulike LCA-studier, alle allokerer klimafotavtrykk etter masse.

Råvare	kg CO ₂ e/kg	kg CO ₂ e/kg protein	Referanse
Biprodukter hvitfisk (torsk)	7,2		Winther et al., (2020)
Biprodukter makrell	1,7		Winther et al., (2020)
Biprodukter sild	2,7		Winther et al., (2020)
Lakseolje	18,2		Winther et al., (2020)
Biprodukter lodde	2,4	3,4	Ytrestøyl et al., (2011); Almås et al., (2020)
Biprodukter sild	2,6	2,7	Ytrestøyl et al., (2011); Almås et al., (2020)
Sildeensilasje	2,8	4	Ytrestøyl et al., (2011); Almås et al., (2020)
Biprodukter hvitfisk	10,6	16,4	Ytrestøyl et al., (2011); Almås et al., (2020)
Biprodukter pelagisk	2,17	3,1	Hognes et al., (2012); Almås et al., (2020)
Biprodukter hvitfisk	5,1	7,9	Hognes et al., (2012); Almås et al., (2020)

3.2

Ressursutnyttelse

Nesten alt av biprodukter fra sjømatnæringen blir i dag utnyttet i en eller annen grad. Et unntak er biprodukter fra villfanget hvitfisk, hvor store mengder dumpes på havet. Dette er dårlig utnyttelse av en begrenset fiskeriressurs som det finnes etterspørsel etter.

I tillegg til at det er stort mulighetsrom for økt utnyttelse, spesielt i hvitfisksektoren, er det fra et bærekraftperspektiv også mulig med en annen utnyttelse av biprodukter som allerede utnyttes i dag. Sirkulære løsninger reduserer avfallsstrømmer gjennom gjenbruk av ressurser, men i tillegg må bærekraftige sirkulære løsninger beholde høyest mulig grad av nytte og verdi av produkter, materialer og komponenter. Legger man markedskrefter og sosiale preferanser til side og ser på det fra et rent ressursperspektiv, er det interessant å vurdere hva som er den mest hensiktsmessige ressursutnyttelsen av biproduktene.

Humant konsum

Per dags dato er det ikke veldig stor etterspørsel etter produkter av restråstoffer til humant konsum utover det som allerede går til direkte konsum eller produksjon av tran, protein-ekstrakter, etc. Etter hvert som det utvikles nye måter å fremstille produkter fra restråstoff til humant konsum, er det mulig at vi vil se en trend hvor mer av restråstoffet går rett til mennesker fordi det her er høyere betalingsvilje enn hos fôrprodusenter.

Petfood

Flere aktører nevner at markedet for petfood betaler bedre enn det til matproduserende dyr, og at en del biprodukter dermed selges som råstoff til kjæledyrfôr. I 2020 ble det produsert 44 000 tonn kjæledyrfôr og 15 000 tonn pelsdyrfôr av marine biprodukter (til sammenligning ble det produsert 190 000 tonn fiskefôr).⁴

Siden pelsdyr ikke er matproduserende dyr, kan de føres med kategori II-biprodukter. Kjæledyr er ikke matproduserende dyr, men i EU må petfood fremstilles av kategori III-biprodukter. Man kan spørre seg om det ikke hadde vært bedre ressursutnyttelse om kategori-II biprodukter kunne utnyttes også til petfood, og kategori-III biprodukter kun gikk til matproduserende dyr. Hvis man åpner for at kjæledyr kan føres med kategori II-råstoff i EU, vil det kunne bidra til å senke etterspørselen for de kategori III-biproduktene som i dag selges til petfood-industrien.

Restråstoff fra rødfisk som råvare i laksefôr

Av alt restråstoffet som oppstod i Norge i 2020, kom rundt halvparten fra rødfisk.⁴ Om disse hadde blitt brukt i produksjonen av nytt laksefôr, kunne man i teorien nesten doblet input av marine sirkulære råvarer i fôret. Det ville imidlertid innebære en mer omfattende prosessering av råstoffet enn det som normalt gjøres i dag.

Siden biprodukter fra rødfisk allerede blir utnyttet til andre ting i dag, vil en omprioritering av bruksområde innebære at man finner erstatninger for restråstoffene fra rødfisk som i dag har andre bruksområder.

Lover og reguleringer som setter rammevilkårene for fiskerinæringen og sjømatindustrien i Norge er mange, og utgjør et komplekst helhetsbilde. I tillegg har det de siste årene kommet flere stortingsmeldinger, NOUer og rapporter fra myndighetene, som ser på kvotesystemet, ressursutnyttelse og muligheter for å øke graden av bearbeiding av sjømat og verdiskapning av marint restråstoff i Norge. Alt dette påvirker på ulikt vis mulighetene for at mer marint restråstoff kan tas vare på og foredles i Norge.

For å kartlegge det reelle potensialet for ytterligere bruk av biprodukter fra fiskeri og havbruk som råstoff til fiskefôr vil følgende perspektiver stå sentralt:

- Hvordan kan mer av restråstoffet tas vare på? Hva er barrierene for at alt råstoff fra fiskeriet ilandføres?
- Kan lover og regler innrettes slik at ivaretagelse av ressurser inkluderer hele fisken i et verdikjedeperspektiv?
- Kan mer av fisken foredles i Norge slik at vi bygger større verdikjeder?

4.1

Utnyttede biprodukter – hvordan kan mer biprodukter fra hvitfiskindustrien tas vare på?

Dagens fiskeripraksis tar ikke vare på hele fisken. I dag er det ikke hverken en praksis eller en forventning om at alt restråstoff fra fiskeriet skal tas til land. Til tross for at myndighetene i mange sammenhenger gjentar at målet på sikt er at alt restråstoff skal tas vare på, så går de ikke inn for et landingspåbud. Bellona har spurt NFD om dagens lovverk, havressursloven, åpner for at det kan pålegges et ilandsføringspåbud. I svaret opplyses det om at departementet har mulighet til å kreve at alt biologisk materiale skal ilandføres, men også mulighet til å gjøre unntak fra ilandføringsplikten.

I Stortingsmeldingen *En konkurransekraftig sjømatindustri* fra 2016 nevner myndighetene selv denne utfordringen: «Marint restråstoff er en verdifull ressurs som i fremtiden bør utnyttes i mye større grad enn det vi gjør i dag. Det er en økonomisk, etisk og miljømessig gevinst i å utnytte de marine ressursene i havet bedre. I dag kastes en for stor del av torskekvoten over bord som restråstoff. Det er en stor ressurs som går til spille.» (sitat fra side 30).

Senere i samme melding skriver de: «**Målet er at all fangst skal ilandføres.** Havressursloven gir hjemmel til det gjeldende ilandføringspåbudet, men det ligger ikke til rette for et generelt påbud om ilandføring av alt restråstoff. Fiskeflåten er foreløpig ikke i stand til å ivareta råstoffet på en god måte (man må ha ekstra tanker for å ilandføre dette, noe som mange fartøy ikke er bygget for i dag). Landindustrien er heller ikke i stand til å ta imot dette over alt per i dag.» (sitat s 31).

I *Regjeringens strategi for auka verdiskapning frå marint restråstoff* (2019) settes målsetningen om at alt marint restråstoff på sikt skal føres i land, opp mot verdens behov for økt matproduksjon. I denne sammenhengen vil vi minne om at **FNs bærekraftsmål 12 ansvarlig forbruk og produksjon** er helt tydelig på dette. Mål 12.3 lyder: «Innen 2030 halvere andelen matsvinn per innbygger på verdensbasis, både i detaljhandelen og blant forbrukere, og redusere svinn i produksjons- og forsyningskjeden, herunder svinn etter innhøsting».

Vi stiller oss derfor undrende til at regjeringens strategi videre diskuterer spørsmålet om styresmaktene i lys av dette bør innføre et påbud om at alt skal føres i land. Det reflekteres om hvorvidt markedskreftene vil fikse dette selv, dersom økt etterspørsel fører til at restråstoffet blir tatt vare på. Videre skriver de:

«**Manglande ilandføring av restråstoff er ikke å regne som eit miljøproblem.** Havmiljøet blir ikke påført noka form for forureining ved at fisken blir sløgd om bord og at ein kaster restråstoff som hovud, innvollar og anna i havet. Restråstoffet blir brote ned og omdanna til næringsstoff. Dersom utkast av denne typen råstoff blei vurdert som et miljøproblem, ville det vere naturleg å vurdere eit forbod mot slikt utkast eller eit ilandsføringspåbud for heile fisken. Ein kunne også ha vurdert ei miljøavgift på utkast av restråstoff.

*Dette ville likevel sannsynlegvis vere ei upraktisk ordning, blant anna på grunn av kontroll- og handhevingskostnadene ... **Regjeringen vil på denne bakgrunn ikkje gå inn for et påbud om at alt restråstoff må først i land.***» (våre uthevinger).

Den samme strategien peker likevel selv på at det trengs en holdningsendring der restråstoffet ikke bare blir regnet som noe som blir til overs, men som en del av produktspekteret i tillegg til hovedproduktet (Regjeringa sin strategi for auka verdiskapning frå marint restråstoff, s. 19).¹

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Manglende forståelse for hva slags utfordring utkast av restråstoff over bord er. I dag er det aksept for å kaste opptil 44 % av råstoffet på sjøen, det omtales «ikke som et miljøproblem».	→ Perspektivet må endres i tråd med FNs bærekraftsmål 12 - <i>Ansvarlig forbruk og produksjon</i> og ny sirkulær bioøkonomi. I stedet for å argumentere for at dette ikke er et miljøproblem, må perspektivet heller være at det her er ressurser som ikke benyttes, og hvordan reguleringene kan sørge for at ressursene tas vare på.
B Manglende insentiver for å ta vare på restråstoff spesielt på havgående flåte.	→ Insentiver eller krav om landing av restråstoffer kan sikre at råstoffet blir utnyttet.
C Manglende mottakskapasitet på landsiden.	→ Gjennomgå kapasiteten på landsiden med det formål at hele fisken skal tas i bruk.
D Dagens kvotesystem tilrettelegger ikke for full utnyttelse av biprodukter.	→ Vurdere hvordan kvotesystemet kan innrettes for å sikre at mer av råstoffet tas vare på, øke verdiskapning og sikre en sjømatindustri som også kan ta vare på biprodukter.
E Regler for utforming av fartøy avhenger i dag av fartøyet's størrelse.	→ Regulering på bakgrunn av båtenes størrelse er ikke forenlig med at mest mulig av råstoffet skal tas vare på. Grunnlaget for reguleringene må vurderes på nytt. Regjeringen har selv foreslått (i strategien fra 2019) å sende på høring et forslag om å øke lasteromsavgrensingene for torsketrål, seitrål og reketrål.
F Kostnader for ombygging av eksisterende fiskeflåte for å installere ensillasjeutstyr/oppbevaring.	→ Økonomiske insentiver til ombygging.
G Mangel på gode løsninger for oppbevaring av restråstoff eller biprodukter om bord på båter.	→ Midler til utvikling av teknologi som kan effektivisere prosessering eller lagring av biprodukter ombord.
H Utenlandske båter leverer ikke restråstoff.	→ Reguleringer/krav om landing av alle komponenter av fangsten kan sikre at restråstoffet blir utnyttet.

4.2

Usynlige biprodukter – mye av fisken eksporteres hel rund ut av landet

Ofte omtales restråstoffet slik: «I oppdrettsnæringen og i pelagisk sektor utnytter ein alle-reie restråstoffet fullt ut i dag».¹ Likevel eksporteres store mengder restråstoff ut av landet som ikke er synlig i dagens statistikk. Fisk som eksporteres rund ut av landet, i hovedsak pelagisk og rødfisk, gir muligheter til å bygge helt nye verdikjeder dersom mer ble videreforedlet i Norge.

Toll for import til EU

En sentral økonomisk barriere for økt foredling av fisk i Norge er toll på eksport til EU (det største markedet for norsk sjømateksport), spesielt for bearbeidede produkter som for eksempel makrell i tomat, kryddersild og røykt laks. For eksempel kan fersk og frossen makrell eksporteres tollfritt mellom 15. feb og 15. juni (utenom dette er det 20 % toll), mens bearbeidet makrell har en tollsats på 25 % til EU. En konsekvens av dette er at bearbeidingsindustrien er flyttet ut av landet, og norsk sjømat eksporteres i stor grad hel og bearbeides i for eksempel Polen, Danmark, Nederland, Spania etc.

Tabell 5: Eksempler på toll for ulike bearbeidingsstadier for norsk sjømat til EU

Råvare	Ubearbeidet/rund	Filet	Bearbeidet
Laks	Fersk/frossen rund: 2 %	Fersk/frossen filet: 2 %	Røykt laks: 13 % (+ tollfri kvote på 450 tonn)
Sild	Fersk/frossen: 15 % men tollfritt mellom 15. feb og 15. jun + tollfri norsk kompensasjonskvote på 45 800 tonn.	Fersk filet: 18 %	Røykt: 10 % Bearbeidet (kryddersild, etc): 20 %
Makrell	Fersk/frossen makrell: 20 % men tollfritt mellom 15. feb og 15. jun.	Fersk filet: 18 % Frossen filet: 3 %	Røykt: 14 % Bearbeidet (f.eks. makrell i tomat): 25 %

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Den høye graden av eksport av rund fisk, gjelder både laks og noe pelagisk fisk- vi sender godt restråstoff ut av landet. EØS avtalen er gammel og ikke oppdatert. Norge var ikke en havbruksnasjon av dagens størrelse i 1994. Høye tollsatser for foredlet sjømat inn i EU er en av de største barrierene for økt foredling av sjømat i Norge. (HVITFISK/RØDFISK/PELAGISK)	→ Reforhandling av eksisterende handelsavtaler med EU.
B Mangel på teknologi for automatisering og storskala foredling av makrell og andre arter i pelagisk bearbeidingsindustri. (PELAGISK)	→ Videre teknologit utvikling og skalering av automatiseringsløsninger for makrell og andre pelagiske arter.
C Kunnskap og kompetanse om bearbeiding har gått tapt gjennom stadig nedlegging av foredlingsindustri (flyttet til Europa) og må gjenoppbygges. (HVITFISK/PELAGISK/RØDFISK)	→ Økt satsing på foredling i Norge vil bygge opp kompetanse.

4.3

Uaksepterte og utilgjengelige biprodukter – biprodukter fra laks som det er mulig å bruke i laksefôr utnyttes til andre formål på grunn av mangel på sosial aksept

Ved riktig behandling kan både lakseolje og proteinhydrolysat fra laks inngå i laksefôr. Dette skjer i liten grad i dag, og tilbakemeldinger fra aktører i næringen peker på mangel på sosial aksept som største barriere. Samtidig utnyttes disse i fôr til andre matproduserende dyr og kjæledyr.

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Lakseolje og proteinhydrolysat fra laks er tillatt brukt i laksefôr, men det gjøres likevel nesten ikke i Europa grunnet det som virker å være forbrukerpreferanser. (RØDFISK)	→ En kartlegging om hvorvidt nevnte preferanser ligger hos forbruker eller hos matvarekjedene. Samtidig kan formidling om at lakseprodukter i laksefôr ikke innebærer helserisiko bidra til å øke sosial aksept.
B Betalingsvilje i konkurranse med produsenter av fôr til kjæledyr. Biprodukter som i praksis kan gå til fôr til matproduserende dyr går nå til kjæledyr/pelsdyr. (RØDFISK)	→ Endringer av reguleringer slik at kat-II biprodukter kan inngå i fôr til kjæledyr kan gi mindre konkurranse om biprodukter egnet til matproduserende dyr.

5

Drive

Høy og økende etterspørsel av både fiskeolje- og mel er en drivende faktor for økt bruk av biprodukter som råvare i laksefôr. Økende priser for fiskemel kan også være en driver for at mer restråstoff tas vare på i fiskerinæringen.

5.1

Potensiale for økt bruk av biprodukter i laksefôr

Hvitfisk

Det oppstod i 2020 **127 000 tonn** restråstoff fra hvitfisk som ikke ble utnyttet, mest fra havgående flåte. I tillegg var det **52 000 tonn** fra utenlandske båter som lander i Norge som ikke ble utnyttet.

Utenom fiskeri, er det i gang en ny satsing på torskeoppdrett. Økt produksjon av oppdrettet torsk kan også resultere i økt restråstoff fra hvitfisk.

Det ligger også et potensiale i å snu den nedadgående trenden i mengden eksportert hvitfisk som bearbeides i Norge som nå ligger på rundt 50 %. Dette tilsier at i 2021 ble 185 000 tonn rund, sløyd hvitfisk eksportert og foredlet i utlandet.¹¹ Antar man at biprodukter utgjør 50 % av eksportvekten, tilsvarer dette rundt **92 500 tonn** biprodukter.

Pelagisk

Ved foredling av makrell vil utbytte av makrellfilet være ca 60 % og biprodukter utgjøre ca 40 %. Tar man utgangspunkt i at rundt 350 000 tonn makrell som nå eksporteres rund blir foredlet i Norge, vil det utgjøre rundt **140 000 tonn** biprodukter.¹² I tillegg vil man få reduserte klimagassutslipp ved at mindre volum transporteres.

Rødfisk

PWC oppga at rundt 81 % av laksen ble eksportert sløyd med hode i 2017 og deretter foredlet i utlandet, noe som tilsvarer eksport av rundt **540 000 tonn** biprodukter.¹³ De beregnet at biproduktene kunne hatt en verdi på 800–1100 millioner kroner om det hadde blitt anvendt til ensilasje i Norge.

Oppsummering

I dag oppstår det 179 000 tonn biprodukter fra hvitfisk og 300 000 tonn fra rødfisk i Norge som i teorien kan inngå i laksefôr. Samtidig eksporteres det biprodukter fra makrell tilsvarende rundt 140 000 tonn og laks tilsvarende rundt 540 000 tonn. Til sammen utgjør dette **1 231 500 tonn biprodukter** som ved riktig prosessering kan bli til råvarer som kan inngå i laksefôr. Økt foredling av hvitfisk og annen pelagisk fisk i Norge kan gi ytterligere tilgang på biprodukter.

Opphav	Restråstoff/ Biprodukter (tonn)	Tall fra	Hovedårsak til manglende utnyttelse i laksefôr
Hvitfisk, norsk flåte	127 000	2020 ⁴	Økonomi, manglende reguleringer eller insentiver til å ta vare på restråstoffet
Hvitfisk, utenlandske landinger	52 000	2020 ⁴	Økonomi, manglende reguleringer eller insentiver til å ta vare på restråstoffet
Hvitfisk, biprodukter foredling utlandet	92 500*	2021	Økonomi
Pelagisk, biprodukter fra makrell foredling utlandet	140 000	2021	Økonomi, høy toll på foredlet makrell
Rødfisk, kat-III utnyttet i Norge i dag	300 000	2020 ⁴	Sosial aksept
Rødfisk, kat-III biprodukter fra foredling i utlandet	540 000	2017 ¹³	Økonomi, sosial aksept
Totalt	1 231 500		

*Ca tall. Beregninger basert på antakelse om at 50 % av volumet er biprodukter

Referanser

1. Nærings- og Fiskeridepartementet. *Regjeringa sin strategi for auka verdiskaping frå marint restråstoff*. (2019).
2. Vang, B. *et al.* *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter*. (2021).
3. Vang, B. *et al.* *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter*. (2021).
4. Myhre, M., Richardsen, R., Nystøyl, R. & Strandheim, G. Analyse marint restråstoff 2020: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff i fra norsk fiskeri- og havbruksnæring. 1–53 (2021).
5. Aas, T. S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. *Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020*. (2022).
6. Gracey, E. MFA of omega-3 fatty acids EPA & DHA from a Norwegian resource perspective. (NTNU, 2014).
7. Carvajal, A. & Mozuraityte, R. *Sildeomega3 - Produksjon av høykvalitets sildeolje*. (2014).
8. Oterhals, Å. & Thoresen, L. *Nivå fosfolipider i råstoff og mellomprodukter fra prosessering av restråstoff makrell og sild til fiskemel og proteinhydrolysat*. (2021).
9. Pando, M. E. *et al.* Concentrating n-3 fatty acids from crude and refined commercial salmon oil. *Czech J. Food Sci.* **32**, 169–176 (2014).
10. NOU. *Framtidens fiskerikontroll*. (2019).
11. Nærings og fiskeridepartementet. *Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien*. (2022).
12. Westavik, H. & Kjerstad, M. Handlingsplan for “Pelagisk løft – Økt verdiskaping av makrell”. *FHF-prosjekt 901104* (2016).
13. PWC. *Sjømatbarometeret*. (2019).
14. Nærings og fiskeridepartementet. *Et hav av muligheter - Regjeringens havbruksstrategi*. (2021).
15. Winther, U., Hognes, E. S., Jafarzadeh, S. & Ziegler, F. *Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017*. (2020).
16. Ytrestøyl, T. *et al.* *Resource utilisation and eco-efficiency of Norwegian salmon farming in 2010*. vol. 53/2011 (2011).
17. Hognes, E. S. *et al.* *Carbon footprint and energy use of Norwegian fisheries and seafood products. Sustainable Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources* (2011).



Biprodukter fra landbruk

Råvareløftet



Foto: Christian Bowen, Unsplash

Oppsummering

Det finnes en del restråstoff fra norsk produksjon av svin og fjørfe som kan inngå i laksefôr, men som ikke brukes i dag. Vegetabilske biprodukter fra norsk landbruk og matsvinn egner seg ikke godt i laksefôr, men kan egne seg til næringssubstrat til insekter. De viktigste barrierene for bruk i fiskefôr er markedskonkurranse med petfood-industrien, skepsis for bruk av restråstoff fra kjøttproduksjon i EU og logistiske utfordringer. Når det gjelder bruk av biprodukter som vekstsubstrat til insekter, kommer regulatoriske begrensninger i tillegg.

Teknologisk modenhet



Bærekraftspotensial



Usikkerhet



1

Faktagrunnlag

Denne rapporten tar for seg biprodukter fra landbruk, i tillegg til matavfall og matsvinn fra privat husholdning og næring.

1.1

Om råvarene

Fra landbruket oppstår restråstoff og biprodukter av både animalsk og vegetabilsk opprinnelse.

Vegetabilske restråstoff er rester fra produksjon av mat basert på kornbaserte råvarer, frukt og grønnsaker, samt restråstoff fra næringsmiddelindustri hvor disse inngår i produksjonen.

Animalske biprodukter er delene av et slaktedyr som ikke utnyttes som mat, og inkluderer blant annet innvoller, bein, huder og fjær. Av dette kan det produseres olje og mel eller hydrolysat. Sammensetningen av fettsyrer og aminosyrer varierer mellom type produksjonsdyr.

I tillegg oppstår det **matavfall og matsvinn** fra private husholdninger, matindustri og serveringsbransje. Det finnes ulike definisjoner på hva som er matavfall og matsvinn. FN definerer det til å være mat som opprinnelig var ment for humant konsum men som av ulike årsaker fjernes fra matkjeden til mennesker. Mye av dette går i dag til bioenergi-produksjon eller forbrenning.

1.2

Definisjoner

Begrepene restråstoff og biprodukt blir ofte brukt om hverandre, men det er vesentlige forskjeller mellom de to når de er av animalsk opprinnelse:

Restråstoff er definert som det ikke primære hovedproduktet etter slakt og eventuell videre bearbeiding av dyr. Restråstoff kan, hvis det er behandlet som mat og ikke har for høyt innhold av uønskede stoffer, brukes til humant konsum.¹

Råstoff som ikke kan brukes til humant konsum og som ikke er næringsmiddelavfall, defineres som **animalske biprodukter**.¹ Er råstoff først definert som biprodukter kan det ikke oppgraderes tilbake til humant konsum.

1.3

Regulatoriske begrensninger

Det er ingen store regulatoriske hindringer for å ta i bruk vegetabilske restråstoff i fôr til fisk.

Det er forskjellige bestemmelser som er relevante ved bruk av animalske biprodukter i fôr til de ulike matproduserende dyr.

Animaliebiproduktforskriften skal sikre trygg bruk av animalske biprodukter som ikke er beregnet på humant konsum. Her kategoriseres biprodukter etter helserisiko for mennesker og dyr:

- **Kategori I-materiale:** høyest risiko, går vanligvis til forbrenning.
- **Kategori II-materiale:** kan ikke brukes i fôr til matproduserende dyr eller kjæledyr i EU, og går ofte til energiproduksjon.
- **Kategori III-materiale:** lavrisiko, kan brukes i fiskefôr ved riktig bearbeiding

I EU er det forbudt å bruke rester fra drøvtyggere i fôr til matproduserende dyr, men det er lov å bruke prosessert animalsk protein (PAP) og olje fra fjærkre og svin som faller innenfor kategori-III biprodukter til fisk. Selv om det er mulig å anvende visse råstoff, brukes ikke animalske biprodukter fra landbruket i fôr til laks i Norge i dag. I EU virker det primært å handle om manglende forbrukeraksept definert av matvarekjedene i EU, da det i Canada og Chile produseres og brukes laksefôr med innblanding av biprodukter fra svin og fjærkre. Det omsettes store mengder oppdrettsfisk i EU fra tredjeland som er fôret med proteiner fra pattedyr. Animalske produkter som egg, melkeprodukter og honning kan brukes direkte i laksefôr.

De nevnte reguleringene spiller også inn når det gjelder matsvinn. Det vil si at matavfall hvor animalske biprodukter kan være innblandet, eksempelvis fra husholdninger og servicebransjer, i utgangspunktet ikke egner seg som fôr til fisk fordi det kan inneholde rester fra drøvtyggere.

1.4

Om næringsinnhold og egnethet i fôr

Vegetabiliske biprodukter

Vegetabiliske biprodukter fra norsk landbruk har generelt høyt innhold av fiber og karbohydrater, og egner seg dermed ikke særlig godt til laksefôr.

Animalske biprodukter

Animalsk fett har ulik sammensetning ut ifra hvilken art det stammer fra. Eksempelvis har storfe og sau høyere prosentandel mettet fett enn gris og kylling. Lipider fra varmblodige dyr er ikke optimalt til bruk i laksefôr i store mengder på grunn av høy andel mettede fettsyrer og høyt smeltepunkt.² Det vil likevel være mulig med en mindre innblanding. Kyllingolje inneholder høyest andel av umettede fettsyrer, og kan være det fettene fra landbruk som egner seg best i fôr til laks.

Tabell 1: Fettprosent og andel fettyper i fett fra landbruksdyr. Gjenskapt med data fra Lindberg et al., (2016)³

Art	Fettprosent	Flerumettet fett (%)	Enumettet fett (%)	Mettet fett (%)
Storfe	30–35	1–4	35–60	30–50
Sau	30–32	1–7	35–45	40–45
Gris	20–25	6–11	47–52	38–45
Kylling	10–25	18–22	25–35	10–25

Både kyllingmel, kyllingolje og blodmel fra svin har vist seg å være godt egnet i laksefôr.⁴

Kjøttbeinmel fra de samme artene er også en potensiell råvare som kan vurderes i laksefôr, og som inneholder 55-60 % protein og 10- 15% fett, og ellers en del mineraler.⁵

Matsvinn

Matsvinn varierer stort i mengde, kvalitet og næringsinnhold. Derfor er det vanskelig å se for seg at dette kan være en god ressurs som råvare i laksefôr. Matsvinn egne seg bedre som vekstsubstrat til insekter.

2

Status for produksjon i dag

2.1

Opphav og volum av biprodukter

Ser man bort fra norsk sjømatnæring, oppstår det 415 000 tonn biprodukter fra norsk matproduksjon. Kjøttproduksjon står for størstedelen av dette, og i 2015 oppstod det 264 000 tonn biprodukter herfra. Utnyttelsesgraden av biprodukter fra landbruket er allerede høy, og mye av det går til dyrefôr.⁶

Vegetabiliske biprodukter

De største kategoriene er:

- 17 000 tonn bryggemesk
- 61 000 tonn hvetekli
- 800 tonn pressrest fra produksjon av vegetabiliske oljer
- 64 150 tonn biprodukter fra grønnsaksproduksjon (potet hovedsakelig)

Ellers er det flere mindre biprodukt-strømmer som ikke er inkludert i denne oversikten ettersom de potensielt tilgjengelige volumene er for små til å ha relevans som råvare for fiskefôr.

Animalske biprodukter

Fra gris

Fra svin ble det i 2015 produsert rundt 70 000 tonn biprodukter. Av disse går blod, bein og innhold fra mage og tarm til destruksjon. Blod utgjør rundt 7 % av kroppsvekten til gris, og i 2015 utgjorde dette omtrent 12 800 tonn fra norsk griseproduksjon. Blodet blir hovedsakelig destruert i likhet med bein som utgjør rundt 13 % av slaktevekten (18 700 tonn totalt). Hadde man utnyttet blod og bein ville det totalt utgjøre 41 500 tonn. Av grisens indre organer brukes lever og hjerte til humant konsum, og resten utnyttes som fôr til pelsdyr og kjæledyr.³

Fra fjørfe

Biprodukter fra kylling- og kalkunproduksjon utgjorde i 2015 til sammen rundt 63 000 tonn.³ Dette ble i all hovedsak utnyttet, men det er verdt å merke seg at mye av kylling og kalkun selges hel for grilling. En god del av restråstoffet vil derfor ende opp spredt i mat- eller restavfall hos servering eller forbruker.

Fjær er et biprodukt fra fjærkre produksjonen i størrelsesorden 6 000-9 000 tonn i året, tilsvarende rundt 4800–7200 tonn protein som til nå har gått til pelsdyrfôr.²

Fett

Fett fra landbruk utgjør rundt 27 300 tonn av biprodukter årlig.³ Av dette var 5700 tonn kat-I biprodukter som gikk til bioenergiproduksjon. De 16 600 tonn som ble klassifisert som kat-III, ble brukt i kraftfôr til svin og fjørfe i Norge, utenom et overskudd på 700 tonn som ble eksportert.

Fokus på reduksjon av inntak av mettet fett, og nye kostholdsanbefalinger og konsumentpreferanser øker etterspørselen etter magrere produkter. Et resultat av dette vil sannsynligvis være at det oppstår mer fett i form av biprodukter fremover.³

Kjøttbeinmel fra drøvtyggere

Kjøttbeinmel er mel produsert av bein og kjøtt fra slakterier. I dag brukes det til kjæledyrfôr, gjødsel eller energiutvinning. Kjøttbeinmel er proteinrikt og ble brukt i husdyrfôr i Norge og Europa frem til et forbud mot bruk ble innført i 1990 etter tilfeller av kugalskap i Europa.⁵ Utenfor Europa brukes kjøttbeinmel fra drøvtyggere i fôr også til produksjonsdyr. I Animalia-rapporten Kjøttets Tilstand 2021 løftes det frem at norsk husdyrproduksjon tilsammen kan gi ca 50 000 tonn kjøttbeinmel årlig, noe som til tilsvarer rundt 60 000 tonn soyamel.⁵

Matsvinn

I 2020 oppstod det 454 350 tonn matsvinn i Norge fra jordbrukssektor, sjømatindustri, matbransje, offentlig sektor og husholdning.⁷ Rundt halvparten kom fra private husholdninger (216 100 tonn), men også matindustri (86 000 tonn), dagligvare (67 400 tonn) og jordbruk (41 700 tonn) bidro betydelig til den totale mengden matsvinn.

Fra svinn i matindustrien stod frossen frukt/grønt/bær og ferskt frukt og grønnt for de største svinnpostene (tilsammen 45 580 tonn). Frukt og grønnt er råvarer som i teorien kan inngå i laksefôr, men er nok best egnet til substrat for f.eks. insekter på grunn av høyt innhold av karbohydrater og lavt innhold fett/proteiner.

Også i dagligvarehandelen er det betydelige mengder svinn av råvarer og produkter som kan egne seg til fôr eller substrat. Av de 67 400 tonnene av svinn, utgjorde bakervarer og frisk frukt og grønnt 51 224 tonn.

Det største matsvinnet kommer fra private husholdninger. Her er de største svinnpostene måltidsrester, brød og bakevarer og frukt og grønnt. Ettersom ulikt matavfall blandes sammen og det er vanskelig å kontrollere innholdet, kan dette ikke brukes til fôr/substrat til produksjonsdyr.

Det bør være et mål i seg selv å redusere mengden av matsvinn, men utifra et miljøperspektiv er den beste måten å bruke matsvinn som først oppstår, i fôr til matproduserende dyr (med forbehold om at det ikke er behov for svært energikrevende prosessering).

Oppsummering

Sammenlignet med sjømatindustrien, er ikke volumene i biproduktstrømmene fra landbruket så store pga langt mindre totalproduksjon. Almås et al., (2020) anslo at man kan utnytte biprodukter fra norsk kjøttproduksjon tilsvarende **27 000–39 000 tonn protein** årlig (inkludert blod og fjær).² I tillegg er det **16 600 tonn fett/olje** som i dag har andre bruksområder men som kunne inngått i laksefôr, spesielt den andelen som er fra kylling.

Av vegetabiliske biprodukter og matsvinn er det ingen reststrømmer som peker seg ut som lovende råvarer i laksefôr, men det er mulig denne type biomasse kan egne seg som fôr til produksjon av insekter eller som vekstsubstrat til mikroorganismer.

2.2

Aktører

Som del av informasjonsinnhenting til rapporten har det blitt utført intervjuer med flere sentrale aktører innenfor industri og forskning på restråstoffer i landbruket. Disse inkluderer: Bondelaget, Felleskjøpet, Norilia, Resourcer, Ruralis og NMBU.

3 Miljømessig bærekraft

Teoretisk potensial for bærekraft-gevinst som fôrressurs	Liten
Kunnskapsbehov for å kvantifisere bærekraftgevinst	Noe
Prioriterte områder for kunnskapsinnhenting	Økt dokumentering av miljøpåvirkning ved bruk av animalske biprodukter i fôr
Nøkkelegenskaper	Sirkulære råvarer
Muligheter	Utnyttelse av biprodukter som i dag går til destruksjon eller fôr til ikke-matproduserende dyr Substrat til insektproduksjon
Utfordringer	Klimafotavtrykk Konkurranse fra kjøpekraftig petfood-industri

3.1 Produksjon av råvaren

Alle er biprodukter av andre produksjonsstrømmer, og ved å resirkulere dem tilbake inn i verdikjeden bidrar det til å erstatte nyproduksjon av fôrråvarer.

Klimafotavtrykk

Ytrestøyl et al. (2011) beregnet klimafotavtrykk for biprodukter fra fjørfe testet i laksefôr. Klimafotavtrykket til mel og blodmel fra fjærfe ble beregnet til 3.1 og 5.8 kg CO₂e/kg produkt ved bruk av masseallokering.⁸ Proteininnholdet er rundt 60 % i mel og 80 % i blodmel, og karbonfotavtrykket per kg protein blir dermed 5.2 og 7.2 kg CO₂e per kg protein (Almås et al. 2020).² Olje fra fjærfeproduksjon ble oppgitt til å ha 5.4 kg CO₂e/kg i denne studien. Man kan anta at klimafotavtrykket til biprodukter fra svin er noe høyere, ettersom produksjonen av svin generelt har høyere klimafotavtrykk enn kylling.

3.2 Ressursutnyttelse

I dag er det en del biprodukter fra svin og fjærfe som går til fôr til kjæledyr eller pelsdyr. Disse kunne utnyttes i fôr til fisk.

4 Barrierer og løsningstiltak

4.1 Regulatoriske barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A EU-reguleringer hindrer bruk av flere typer biprodukter og svinn til laksefôr eller som fôr til insekter.	→ God dokumentasjon på mattrygghet kan bidra til oppmykning av regelverk og øke utnyttelsen av biprodukter til fôr hvor det er trygt å gjøre det.

4.2 Økonomiske barrierer for oppskalering

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A Små, spredte kvantum og behov for sorteringsinnsats for mange av råvarene gjør det lite interessant økonomisk å utnytte vegetabiliske biprodukter og matsvinn til laksefôr.	→ Oppbygging av industri for insektproduksjon kan muliggjøre god utnyttelse av disse typene biprodukter.
B Konkurransen med petfood-industrien som har bedre kjøpekraft i forhold til laksefôrprodusenter.	→ Insentiver som prioriterer bruk av biprodukter til matproduksjon foran kjæledyr og pelsdyr kan bidra til å vri markedet til fordel for matproduserende dyr.

4.3 Andre aktuelle barrierer

Barrierer	Hvordan overkomme barrierer
A I EU virker det å være generelt lav sosial aksept for å bruke biprodukter fra kjøttproduksjon i fôr til fisk.	→ Økt fokus på sirkulær bruk av ressurser hos matprodusenter og forbrukere kan være en pådriver for å ta i bruk mer biprodukter i fôr.

I norsk svineproduksjon oppstår det **70 000 tonn** biprodukter årlig. Over halvparten av dette er blod og bein som ikke utnyttes i dag. Resten går til kjøledyr- og pelsdyrfôr. Ved riktig bearbeiding kunne dette blitt brukt til å utvinne proteiner og fett til laks. Fra fjørfe-produksjon oppstår det rundt **63 000 tonn** biprodukter. Det som produseres av protein-hydrolysat blir hovedsaklig utnyttet til kjøledyrfôr i dag. Ved fravær av konkurranse for biproduktene, er det mulig at totalt **133 000 tonn** biprodukter fra norsk kjøttproduksjon kunne inngått i laksefôr med dagens reguleringer.

Vegetabiliske biprodukter fra produksjonen i Norge egner seg ikke godt til laks, men kan egne seg til produksjon av insekter som siden kan inngå som råvare i laksefôr. Det samme gjelder matsvinn, hvis det åpnes regulatorisk for å ta i bruk matavfall. Matsvinn blir i dag hovedsakelig utnyttet til biogassproduksjon eller forbrenning, og her er det et potensiale til å bedre ressursbruken ved å utnytte biomassen til fôrproduksjon til insekter. Det er mulig at økt fokus på å redusere matsvinn i EU og Norge kan være en pådriver for bedre sortering av matavfall slik at større deler av det kan gjenbrukes til andre formål enn energiproduksjon.

Referanser

1. Vang, B. *et al.* *Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter.* (2021).
2. Almås, K. A. *et al.* Bærekraftig fôr til norsk laks. (2020).
3. Lindberg, D. *et al.* *Kartlegging av restråstoff fra jordbruket.* (Nofima, 2016).
4. Liland, N. S., Hatlen, B., Takle, H. & Waagbø, R. Including processed poultry and porcine by-products in diets high in plant ingredients reduced liver TAG in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquac. Nutr.* **21**, (2014).
5. Animalia. *Kjøttets tilstand 2021. Kjøttets tilstand* vol. 11 (2021).
6. Forbord, M., Falk-andersson, J. & Vennesland, B. *Current Industrial Uses of Biological Resources and Products in Norway.* (2017).
7. Regjeringen. Bransjeavtale om reduksjon av matsvinn. (2021).
8. Ytrestøyl, T. *et al.* *Resource utilisation and eco-efficiency of Norwegian salmon farming in 2010.* vol. 53/2011 (2011).



Utgitt av

BELLONA