BlåGrønt Mission

Fremtidens ingredienser til fôr: bioprosessering og behovet for prosessinfrastruktur.



Norwegian Centres of Expertise
NCE Aquaculture

OCEAN INNOVATION | NORSK KATAPULT SENTER
siva

siva

BlåGrønt Mission

Fremtidens ingredienser til fôr: bioprosessering og behovet for prosessinfrastruktur.

En kunnskapssammenstilling om mulighetene for produksjon av nye ingredienser til grønt og blått fôr, samt avklaring av fremtidig behov for prosesseringsinfrastruktur i pilotfasen og den kommersielle fasen.

Om rapporten BlåGrønt Mission

Forfattere: Ann Cecilie Ursin Hilling, Dag Finne og Morten Skjelbred
Bidragsytere: Malin Johansen, Elisabeth Silden og Bjarte Horn
Oppdragsgiver: Selskapet for industrivekst (Siva)
Prosjektansvarlige: NCE Aquaculture og Ocean Innovation Norwegian Catapult, med bidrag fra Nord Innovasjon og VIS. Rapportens prosjekt-gruppe ønsker å rette en stor takk alle bidrags- ytere som har gitt verdifull informasjon og innspill i prosessen mot ferdigstillelse. Det er innhentet informasjon fra om lag 70 respondenter

Innholdsfortegnelse

Respondentutvalg 5
Formål 6
Sammendrag 7
- Den norske ambisjon frem mot 2040 7
- Kunnskapsgrunnlaget 7
- Nasjonal statlig satsing på produksjon av ingredienser 8
- Industrirettede tiltak 8

Bakgrunn 10
Status for ingredienser i dagens fôr 13
- Akvakultur 13
- Landbruk 14

Mulighetsrom for norskproduserte ingredienser 17
- Akvakultur 18
- Landbruk 20

Karbonavtrykk i produksjon av fôr 21
Potensielle substrat for lavtrofiske fôringredienser 22
- Slam 22
- Trevirke 23
- Hindringer for oppskalering av råvarer 23
- Prosessering 26
- Muligheter for samarbeid 26
- Bioprosessering 27

Råvarer som innsats i fremtidens fôr 30
- Blåskjell 32
- Gress 36
- Mikroalger 37
- Sopp 38
- Bakterier 40
- Krill 41

Makroalger 43
Raudåte....45
Bi-fiskeri og -havbruk 46
Bi-landbruk....47
Børstemark....48
Gammarider....50
Marked 51
Produkter....52
Validering og kommersialisering 53
Virkemidler for uttesting, dokumentasjon, validering og kommersialisering 56
Behov for pilotanlegg med testing før skalering og fullskala produksjon 57
Tilgjengelig infrastruktur i dag 58
Pilotanlegg: Testinfrastruktur for råvarer 58
Rammevilkår 60
Betraktninger om det videre arbeidet med 62
etablering av ny infrastruktur 62
Konklusjoner og implikasjoner....64
Den norske ambisjonen frem mot 2040 64
Kunnskapsgrunnlaget....64
Nasjonal statlig satsing på produksjon av ingredienser....65
Industrirettede tiltak 65

Respondentutvalg

Da vi skulle danne datagrunnlaget for rapporten, tok vi først kontakt med eksisterende næringsnettverk, organisasjoner og institutter. Målet var å skaffe informasjon fra et nasjonalt representativt utvalg som redegjør for og bidrar med signifikante funn om status i bioprosesserende næring, samt behov for å møte samfunnsutfordringer og nødvendig omstilling for å lykkes med en konkurransedyktig næringsutvikling. Av dette utvalget er cirka 80 % basert på intervjuene og 20 % basert på tilsendt informasjon eller informasjon hentet fra nettsider.

ACD Pharmaceuticals AS
MOWI Feed AS
Lofoten Biomarine AS
Nutrimar AS
Vesteraalens AS
Ecoprot / Pronofa ASA
Zooca Calanus AS
Ocean Tunifeed AS
Greentech Innovators AS
Finnfjord AS
Biomega Norway AS
Aker Biomarine ASA
Fiskå Mølle AS
Bio Tech Ocean AS
Folla Alger AS
Invertapro AS
Norgesfôr AS
Nutrishell AS
Felleskjøpet Fôrutvikling AS
Vesterålen Marine Olje AS
Ocean Forest AS
Seaweed Solutions AS
Lofoten Blue Harvest AS
Tango Seaweed AS
Arctic Seaweed AS
Norgeskjell AS
NMBU Foods of Norway
NIBIO
Nofima AS avd ATC
Nofima AS, avd. Biotep
Greenspot Mongstad
Cimbio AS
Gas 2 Feed AS
FjordAlg AS
Spirehagen AS
Bioco AS
NoMy AS
Greenitives AS
Orkla ASA
Norwegian Seaweed association AS
SINTEF SeaLab
SINTEF Ocean
SINTEF Senter for bioprosessering og ingrediensforskning (BIOPRO)
SINTEF Planktonsenteret
Norilia AS
Thalasso Biotech AS
Borregaard
Cargill AS (Ewos)
Cargill Innovation Center
Pelagia AS, avd. Bergen og Bodø
Aquarius AS
Hordafôr AS
Skretting AS
Skretting ARC AS
BioMar AS
Polarfeed AS
AMOF-FJELL Process Technology AS
Optimar AS
Elea Technology
NUAS Technology AS
Eagle Enviro AS
Marel Norge AS
Baader Norge AS
Skala AS
Arcticflow AS
Entec AS

Formål

I denne rapporten beskrives ulike bioressurser som kan inngå i fôr, hvordan disse potensielle ingrediensene er tiltenkt prosessert, og hvordan de kan være kandidater til pilotering gjennom katapultordningen som Selskapet for industrivekst (Siva) forvalter på vegne av Nærings- og fiskeridepartementet.

For å kunne gå fra lab forsøk til industriell skalering er det nødvendig med god tilgjengelighet til pilotanlegg for testing. Hensikten med disse pilotanleggene er å kunne teste ulike prosesser på et begrenset volum av råvarer, men med samme teknologi som skal inngå i en fullskala fabrikk.

Rapporten undersøker behov for og tilgang til teknologi gjennom et utvalg av respondenter i Norge. Målet med rapporten er å få innsikt i industriens behov for mobile anlegg og stasjonære anlegg, samt hvem som ønsker å tilby tilgang til eksisterende anlegg. I tillegg er investeringsvilje og planer for å sette opp ny infrastruktur undersøkt.

For å få innsikt i kommende behov for teknologi undersøkes ulike typer bioressurser som forventes å inngå i verdikjeden til fôrproduksjonen.

Norske katapulter, finansiert av Siva, kan bidra med identifisering, etablering og investering i infrastruktur for testing før skalering.

Grunnlaget for rapporten er et prosjekt finansiert av Siva. Det er Ocean Innovation-katapulten og konsortiet bak initiativet Katapult Future Foods, bestående av NCE Aquaculture, Nord universitet, Nord Innovasjon og LetSea, som i samarbeid har gjennomført prosjektet.

Resultatet vil gi retning for videre dialog og samarbeid med aktører som utvikler og drifter slik infrastruktur for testing. Ambisjonen med rapporten er å bidra til å styrke norsk næringslivs konkurransekraft og evne til å lykkes i lavutslippssamfunnet gjennom å redusere klimaavtrykket for norsk proteinproduksjon.

Ordforklaring:

I denne rapporten er råvare forklart som biomasse før den er prosessert. Videre vil råvaren tituleres som ingrediens når den er ferdig prosessert.

Sammendrag

Ambisjonen er å løfte bærekraftig produksjon av fôringredienser til landbruk og akvakultur.

DEN NORSKE AMBISJON FREM MOT 2040

Norge har fra starten av norsk havbruksnæring for vel 50 år siden bygget en komplett verdikjede i produksjon av atlantisk laks, fra stamfisk til marked. Dette har skapt en av Norges viktigste industrier, som representerer viktig global matproduksjon, og som har bidratt til utvikling av sterke bedriftsmiljøer langs hele kysten vår, noe som har stor betydning for sysselsetting og utvikling av bærekraftige lokalsamfunn. Samtidig har Norge en sterk historie som landbruksnasjon med animalske og vegetabilske produkter.

Regjeringen har gjennom flere strategiske dokumenter satt fokus på å redusere klimaavtrykket og stimulere til produksjon av råvarer basert på norske råstoffer til anvendelse i fôr. Det er ambisiøse mål som er lagt frem mot 2040, og som også ligger som premisser i Hurdalsplattformen og Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning. Ambisjonen er å løfte bærekraftig produksjon av fôringredienser til landbruk og akvakultur.

KUNNSKAPSGRUNNLAGET

Det som kommer frem i denne rapporten, samsvarer i stor grad med eksisterende kunnskapsgrunnlag, og støtter opp om tidligere anbefalinger fra blant annet rapportene Råvareløftet og Bærekraftig fôr til norsk laks. Dersom en legger til grunn at nye innsatsfaktorer i fôrproduksjon må være konkurransedyktige på pris, vil det i dag kreve en betydelig nasjonal innsats dersom man skal etablere nye verdikjeder som fremskaffer ingredienser til fôr som gir et lavere klimaavtrykk enn det dagens råvarer gjør.

Per i dag er det identifisert en rekke ingredienser som har potensial til å bidra til utvikling av nye innsatsfaktorer i fôrproduksjon. Selv om man for flere av ingrediensene har kommet langt i å dokumentere og verifisere enkelte arter som kan anvendes, er potensialet i mange arter ikke avdekket ennå. For å avdekke om det er mulig å anvende disse i kommersiell produksjon, er det behov for betydelige satsing på dokumentasjon av råvarene og på utvikling og verifisering av produksjonsteknologi.

En av flaskehalsene som må løses for å kunne sikre videre bærekraftig vekst i Norges proteinproduksjon, er å skape tilgang til større volum av ingredienser til fôr, som har lavere klimagassutslipp enn dagens råvarer. Dette vil bidra til å sikre større stabilitet i ingrediensmarkedet. Basert på behovet for nye ingredienser er det en ambisjon å skape en ny verdikjede

som baserer seg på sirkulære prinsipper ved å høste og dyrke lavt i næringskjeden. En målrettet satsing på å utvikle slike verdikjeder vil kreve stor nasjonal innsats og strategisk satsing gjennom virkemiddelapparatet, der forskningsmiljøer og relevante industrielle partnere blir sentrale.

I arbeidet med denne rapporten ble et stort utvalg av interessenter for produksjon av nye råstoffer intervjuet. For flere av råvarene som i dag nærmer seg kommersialisering, er adgang til fôrmarkedet sekundært i prioritet. Markeder som betaler bedre, for mindre volum, som pet food og humant konsum er primært og der ambisjonen om å levere til fôr vil komme når man har maksimert effekten av primærproduktet og oppnår et volum som vil være konkurransedyktig på pris med andre fôrråvarer som i dag importeres. Men dette krever tid og mye kapital.

NASJONAL STATLIG SATSING PÅ PRODUKSJON AV INGREDIENSER

Det finnes noen programmer i dag som delvis dekker behovet for målrettet satsing. Eksempelvis er Bionova et program som nylig er etablert, og som har som mål å bidra til å operasjonalisere det som ble angitt som «mission» for bærekraftig fôr i Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning. I dag er tilskuddsrammen til Bionova for bioøkonomiprosjekter mellom 100 000 og 3 000 000 kr. For at Norge skal nå ambisjonene som er definert frem mot 2040, er det behov for å betydelig forsterke slike satsinger. Det er behov for at slike programmer definerer målsetninger om å utvikle den enkelte råvare/ingrediens til kommersielle bærekraftige produkter. Herunder bør det prioriteres midler som kan bidra til:

- Identifisering, dokumentasjon og utvikling av nye ingredienser til mat, fôr, helsekost med mer.
- Utvidet forskningssatsning på ulike substrater i produksjon av én- og flercellede organismer, herunder slam og biprodukter fra landbruk/havbruk og husholdningsavfall som substrat, med målsetning om å fremskaffe beslutningsgrunnlag til regulatoriske myndigheter.
- Utvidet satsning på utvikling av teknisk og kjemisk prosessering av nye råvarer. Et eksempel på dette er hydrolyse.
- Utvidet produksjonskompetanse der teknologi og biologi samspiller. Et eksempel på dette er dyrkning av éncellefraksjoner og fermentering.
- Livssyklusanalyser (LCA) av råvarene/ingrediensene parallelt med verifisering.
- Utvikling testing av teknologier som bidrar til reduksjon av energi og klimagasser.

INDUSTRIRETTEDE TILTAK

Veien mot pilotering og kommersiell skala er utfordrende som følge av behovet for investeringskapital og risikoavlastning til verifikasjons-, produksjons- og prosesseringsfasiliteter. I tillegg til å identifisere potensiale og kommersialisere disse nye råvarene, foreligger et stort behov

for forskning og utvikling for å fastslå hvilken prosessering som er optimal for utvikling av hver enkelt ingrediens.

Hver og én av råvarene som det er redegjort for i denne rapporten, krever betydelige investeringer for å kunne gå inn i et kommersialiseringsløp.

Det er et behov for en nasjonal strategi som omfatter en plan for risikoavlastning, og derfor bør det prioriteres midler til:

- Co-investeringsløp for etablering av fullskala produksjonsfasiliteter.
- Tilrettelegging for synergier med industrihuber i områder som har tilgjengelige innsatsfaktorer, som kan utnyttes i produksjon av nye ingredienser til fôr. Et eksempel på dette kan være prosessindustrien og andre industrielle tyngdepunkter.

Katapultsystemet er dedikert til å begrense risiko i innovasjonssystemet ved å tilby testinfrastruktur til pilotering av produksjon. I arbeidet med pilotering av nye råvarer som ingrediens i mat, fôr og helsekost med mer kan katapultsatsingen bidra til at det prioriteres ressurser til:

- Validering og dokumentasjon av råvarens effekt som ingrediens i mat, fôr og helsekost (småskala og fullskala).
- Tidsbegrensede konsesjoner for uttesting av ulike resepter med inklusjon av nye fôringredienser.
- Verifisering og etablering av infrastruktur for pilotering av nye produksjonssystemer for høstede og dyrkede råvarer.

I en slik satsing kan man også anvende og gjøre bruk av infrastruktur ved universitets- og høgskolesektoren, forskningsinstituttene, forskningsorganisasjonene, sentrene for forskningsdrevet innovasjon (SFI) samt private forskningsstasjoner som eksempelvis LetSea og GIFAS som kan dokumentere fôrråvarers effekt på fisk i fullskala produksjon i sjø.

- Infrastruktur for prosessering av nye råvarer.
  - ~ Som følge av at mange av råvarene er i tidlig fase, er det utfordrende å estimere nivået på investeringer for å møte gjeldende og kommende prosesserings behov. Det anbefales derfor å etablere en nasjonal ressursgruppe der innehavere av offentlig og privat test infrastruktur er representert. Med mål om å evaluere investerings behov for å sikre full utnyttelse av dagens infrastruktur, samt dekke behovet for ny.
  - ~ Det vil være viktig å sørge for nærhet fra råvareproduksjonen til prosessering for å sikre råvarenes kvalitet og holdbarhet.

Nærhet til ressursen har stor betydning: Fra respondentene er det kommunisert behov for å kunne teste ut prosessering av råvarene med mål om å optimalisere ingrediensenes egenskaper. En konkret utfordring er råvarens stabilitet i form av holdbarhet, noe som fordrer

at eventuell prosesseringskapasitet må være lokalt tilgjengelig. Noen råvarer kan stabiliseres, men dette kan for noen ingredienser medføre tap av næringsstoffer eller ha betydning for kvaliteten på produktet. Norsk katapult kan sammen med industrien tilgjengeliggjøre prosessering av råvarene, og det anbefales at det etableres en nasjonal ressursgruppe der innehavere av offentlig og privat testinfrastruktur er representert. Målsettingen må være å evaluere investeringsbehov for å sikre full utnyttelse av dagens infrastruktur, samt dekke behovet for ny infrastruktur.

Bakgrunn

Verden er i endring. Klima, handel, politisk uro, krig, råvaretilgang, inflasjon og en økende verdensbefolkning er alle faktorer som krever nytenkning og innovasjon. Norge som nasjon har behov for å utrede mulighetene for å være selvforsynte med fôrråstoff både til landdyr og akvakultur i fremtiden. Flere rapporter har gjennom de siste årene satt søkelys på nye råvarer som har potensial som ingredienser i morgendagens fôr, både til landbruk og akvakultur. Flere av disse er råstoffer hvor det er behov for å utvikle ny teknologi og nye metoder for oppskalering og pilotering. Rapporter publisert av både Bellona[1], SINTEF[2] og NCE Seafood Innovation[3] gir estimater på potensielle produksjonstall for nye fôrråstoffer. Rapportene påpeker at den største utfordringen for å nå mål om selvforsyning av fôr er oppskalering til betydelig produksjonsvolum. Flere av råvarene er i dag i labskala- og i liten pilotskala-fasen, og for å oppnå «konseptbevis» er man avhengig av å få testet produksjon av råvarene i industriell pilotskala.

I 2022 ble det brukt nesten 2 millioner tonn kraftfôr[4] i norsk landbruk, hvorav ca. 46 % av ingrediensene var importert. Også til akvakultur ble det brukt litt over 2 millioner tonn fôr[5], hvorav ca. 95 % av ingrediensene ble importert. Verdien av importen på sistnevnte er anslått til å være 26–30 milliarder kroner.

Import av ingredienser til fôr bidrar til et høyere klimaavtrykk på det ferdige produktet ut til konsument. Det er betydelig forskjell i klimaavtrykket til kyr og til oppdrettet laks. Oppdrettet laks måler i dag et avtrykk på produksjon og pretransport på 3,8 CO^2e/kg[6] mens storfe har 17–22 CO^2 e/kg[7] . For laks utgjør import av råvarer til fôr den største andelen av CO^2-avtrykket. Potensialet for å senke klimaavtrykket på fôr til laks ved å endre ingredienssammensetningen er betydelig. Soya innehar i dag et klimaavtrykk på 4–7 CO^2e/kg, mens eksempelvis

1 Bellona, Råvareløftet (2022).
2 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
3 NCE Seafood Innovation, Future ingredients for Norwegian salmon feed (2022).
4 Landbruksdirektoratet, Kraftfôrstatistikk (2022).
5 Sjømat Norge, Akvafakta.no, Akvafakta årsstatistikk (2022).
6 Johansen, U. Klimafotavtrykk av norsk laks, Faktaark.
7 Animalia.no, Kjøttproduksjon og klima (25.10.21).

antarktisk krill har 2,5 CO^2e/kg. Ved å endre ingredienssammensetningen i fôret vil klimaavtrykket kunne senkes. Dette vil også potensielt kunne øke utnyttelsen og effekten av selve fôret ved at råvaren innehar andre kvaliteter som også slår ut positivt. En nasjonal råvareproduksjon kan både bidra til å redusere klimaavtrykket knyttet til import av ingredienser og redusere risikoen med hensyn til forutsigbar tilgjengelighet. En utfordring med dette vil være å oppnå en norskprodusert råvare som er konkurransedyktig på pris.

For landbruket vil import av råvarer ikke utgjøre majoritetsandelen av CO^2-avtrykket, men i dagens politiske klima vil næringen likevel være sårbar om råvaretilgangen blir brutt. Mer geografisk nærliggende råvareproduksjon der man utvikler nye resepter på nye råvarer, kan med andre ord både redusere klimaavtrykket knyttet til dette og redusere risikoen med hensyn til forutsigbar tilgjengelighet.

I landbruket er import av råvarer til fôr i stor grad tilknyttet proteindelen, som hovedsakelig består av mais, raps og soya. I dag er 93 % av proteinet i norsk kraftfôr fra importerte råvarer[8]. Per i dag forbruker landbruket ca. 30 % av den totale mengden importert soya, mens resten går til fiskefôr.

Pris på fôr er i dag den viktigste kostnadsfaktoren for både akvakultur og landbruk, der fôrkostnader utgjør ca. 60 % av førstehåndsverdien på kylling og ca. 60–70 % på laks. Innovasjon av råvarer og råvareproduksjon må også ta sikte på å utvikle økonomisk bærekraftige og konkurransedyktige produksjonsmetoder.

En stor grønn omstilling der Norge i større grad produserer sine egne fôrråvarer, vil kunne gi store positive ringvirkninger i form av verdiskapning og arbeidsplasser. I tillegg til at dette kan føre til økt eksport av sjømat (både råvare og foredlet vare), kan det også føre til eksport av kunnskap og teknologi rundt dyrking, høsting og prosessering av nye råvarer til fôr som er bærekraftige.

Regjeringen har i sin langtidsplan for forskning og høyere utdanning lansert to nye «månelandinger»[9]. Dette er nasjonale samfunnsoppdrag eller «missions», der ett av målene handler om at alt fôr til oppdrettsfisk og husdyr skal komme fra bærekraftige kilder[10].

Hurdalsplattformen fra 2021[11] 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 fôr til havbruksnæringen skal være fra bærekraftige kilder innen 2030». Hurdalsplattformen setter altså ambisiøse mål for utvikling av bærekraftige råvarer for å sikre landbrukets råvaretilgang samt møte vekstambisjonene til norsk oppdrettsnæring.

8 Magnus Petersen mfl., Debattinnlegg Nationen, Framtidas matproduksjon: Regjeringen spenner bein på egne mål (02.03.23).
9 Larsen, H., Khrono, To nye «månelandinger» og mindre søknadsbyråkrati (04.10.22).
10 Kunnskapsdepartementet, Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning 2023–2032 (2022).
11 Regjeringen, Hurdalsplattformen 2021–2025.

I tillegg til mål for fôr ble virkemiddelet Bionova foreslått opprettet i Hurdalsplattformen. Bionova ble igangsatt 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.» I forbindelse med statsbudsjettet i 2022 ble det lansert et nasjonalt samfunnsoppdrag om bærekraftig fôr.

Med dagens fordeling mellom marine og landbaserte råstoffer og de politiske ambisjonene kan man stille spørsmålet:

> *Hvor kan nye bærekraftige råstoffer til fôr dyrkes/høstes/fangstes, og hvordan få verifisert og etablert nye verdikjeder som gjennom alle ledd kan produsere tilstrekkelige volumer til å dekke den forventede etterspørselen, samt være konkurransedyktige på pris?*

I Europa er matsektoren en stor forbruker av energi: Mengden energi som er nødvendig for å dyrke, behandle, pakke og bringe maten til europeiske borgeres bord, utgjør 17 % av EUs brutto energiforbruk i 2013, tilsvarende ca. 26 % av EUs totale energiforbruk samme år[12].

Landbruket, inkludert avlingsdyrking og dyreoppdrett, er den mest energiintensive fasen av matsystemet og står for nesten 33 % av den totale energien som forbrukes i matproduksjonskjeden.

Den nest viktigste fasen av matens livssyklus er industriell prosessering, som står for 28 % av den totale energibruken. Sammen med logistikk og emballasje er disse tre fasene av matens livssyklus «beyond the farm gate» ansvarlige for nærmere 70 % av den totale energibruken i matsystemet.

Der «end of life»-fasen, inkludert sluttdeponering av matavfall, bare utgjør drøye 5 % av den totale energibruken i EUs matsystem, skjer matsvinn faktisk i hvert trinn i næringskjeden. I 2014 genererte EU 100 millioner tonn matavfall, primært på husholdningsnivå og i produksjon. Ulike matprodukter trenger svært forskjellige mengder energi per masseenhet, avhengig av hvilken type produkt det er, deres opprinnelse og typen bearbeiding de har vært utsatt for. Raffinerte produkter og produkter av animalsk opprinnelse trenger generelt en energimengde som er flere ganger større enn grønnsaker, frukt og kornprodukter.

Lavere energiforbruk er dermed en viktig forutsetning både for Norges industrielle vekst fremover og for innovasjonssatsning og utvikling av mer energieffektiv råvareproduksjon. Dette er lagt til grunn for de videre anbefalingene.

12 The conscious club, Food & Energy (22.05.19).

Status for ingredienser i dagens fôr

AKVAKULTUR

Dagens fôr til laks består av ulike resepter og varierer blant annet i mengden av marint råstoff, avhengig av hvilket ernæringsbehov laksen har i de forskjellige stadiene av livet. Tabellen under er hentet fra rapporten Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020[13], som viser mengden av fôringredienser benyttet i fôr til akvakultur i 2020.

Type Ingrediens	Tonn	Prosent
Vegetabilsk protein	800 266	40,5
Vegetabilske oljer	397 793	20,1
Karbohydratkilder	247 039	12,5
Marint protein	239 710	12,1
Marine oljer	203 598	10,3
Andre	8 126	0,4
Mikroingredienser	80 177	4,1
SUM	**1 976 709**	**100**

Tabell 1 / Ingredienser brukt i laksefôr i 2020 i tonn og %[14]. Tall hentet direkte fra rapporten Aas, T. et al., Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport, (2022)

13 Aas, T. et al., Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport (2022).

14 Aas, T. et al., Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport (2022).

Videre spesifiserer tabellen under innhold av ingredienser i fôr til laks og ørret med mengder og prosentandel.

Soyaproteinkonsentrat utgjør i dag den største enkeltandelen i dagens fôr, og dersom vi ser på utviklingen fra 1990 til 2020, har det vært en betydelig endring i sammensetningen av fôret til laks: Fôrets sammensetning har gått fra 89,4 % fiskemel og -olje og 0 % vegetabilske oljer i 1990 til 22,4 % fiskemel og –olje og 60,5 % vegetabilske oljer og proteinkilder i 2020. I dag inneholder fôret også ca. 0,4 % nye ingredienser, som insektmel, éncelleprotein, fermenterte produkter og mikroalger. Skal man erstatte andelen av soyaprotein i norsk laksefôr med nye ressurser, kreves det et industrielt løft nasjonalt.

	Ingredienser	Tonn	Prosent
Vegetabilske	Soyaproteinkonsentrat	413 611	20,9
Proteinkilder	Hvetegluten	193 904	9,8
	Guarprotein	84 677	4,3
	Solsikke	67 798	3,4
	Erteprotein	27 306	1,4
	Maisgluten	12 971	0,7
Vegetabilske	Rapsolje	356 499	18
Oljer	Linolje	25 874	1,3
	Soyaolje	7 392	0,4
	Kamelinaolje	7 022	0,4
	Kokosolje	1 006	0,1
Karbohydratkilder	Hvete	127 878	6,5
	Fababønner	70 568	3,6
	Ertemel	48 592	2,5
Marine proteinkilder	Fiskemel fra reduksjonsfiske*	174 172	8,8
	Fiskemel fra avskjær	65 539	3,3
Marine oljer	Fiskeolje fra reduksjonsfiske*	164 611	8,3
	Fiskeolje fra avskjær	38 986	2
Annet	Insektmel, encelleprotein, fermenterte produkt, mikroalger	8 126	0,4
Microingredienser	Vitamin, mineral, aminosyrer, astaxantin m.m.	80 177	4,1
Sum		**1 976 709**	**100**

Tabell 2 / Vegetabilske ingredienser brukt i norsk laksefôr i 2020 i tonn og %.
Tall hentet fra rapporten; Aas, T. et al., Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret i 2020. Faglig sluttrapport, (2022).

LANDBRUK

Landbruksdyr spiser i hovedsak en kombinasjon av gress og kraftfôr, med unntak av fjørfe, som kun spiser kraftfôr.

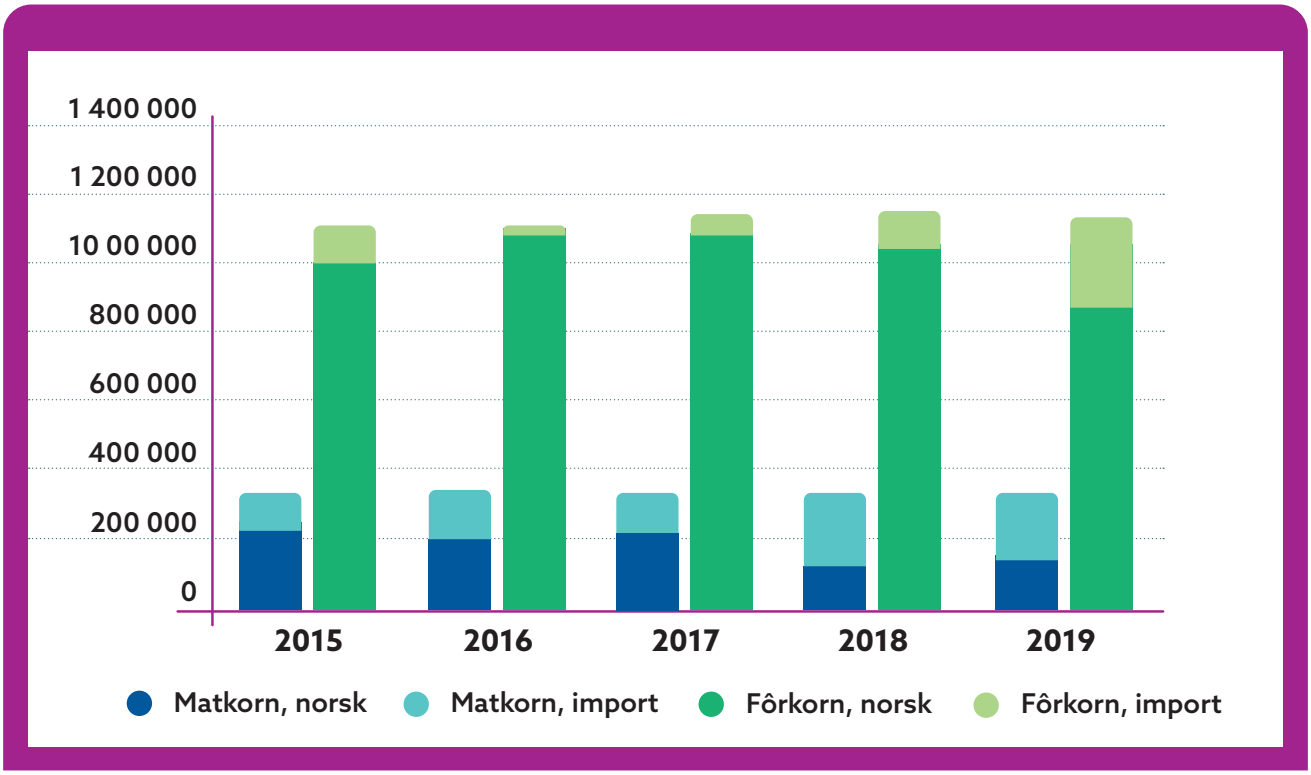
I dag består rundt halvparten av kraftfôret i landbruket av norske

ingredienser, men det inneholder også en betydelig andel av importerte ingredienser. Hvis man ser på figur 2 under, ser man at i likhet med akvakultur har andelen av importerte ingredienser i form av mat- og fôrkorn økt jevnt over de siste årene. Ifølge kraftfôrstatistikken til landbruksdirektoratet har andelen av norske ingredienser i kraftfôr blitt redusert fra 76,3 % 2000 til 54,2 % i 2022[15].



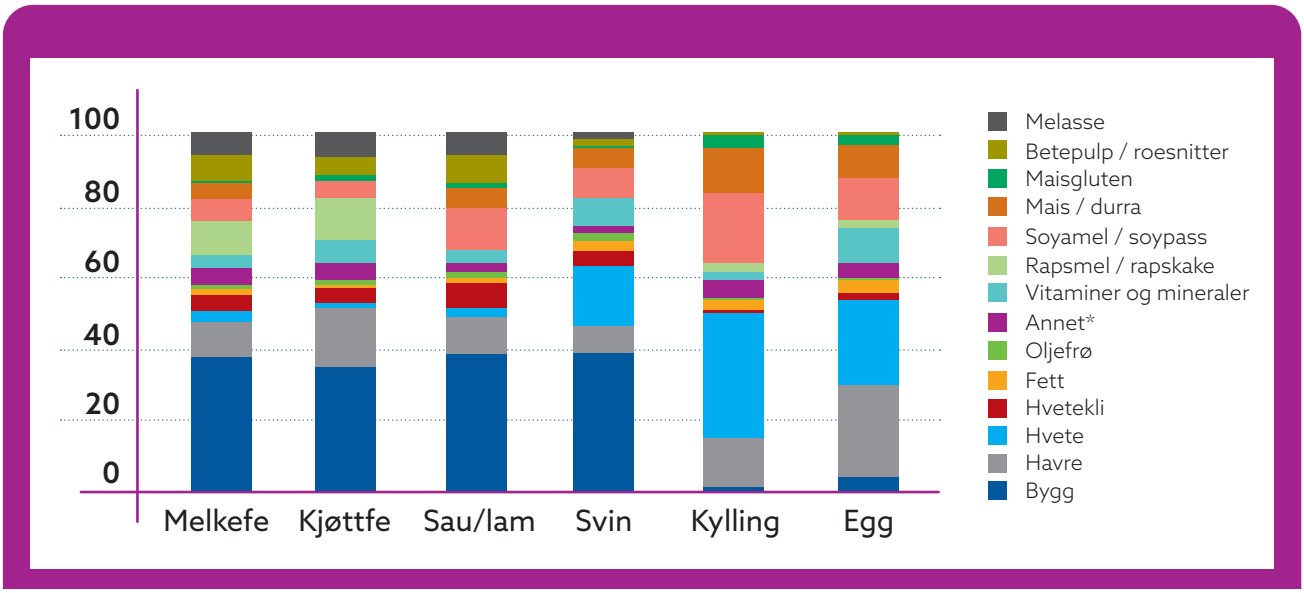
Figur 1 / Mat- og fôrkorn av norsk eller utenlandsk opprinnelse brukt i kraftfôr viser hva norske husdyr spiser

15 Matprat.no, Hva er kraftfôr? (24.10.2019).



Figur 2 / Hvor kommer råvarene i kraftfôret fra?[16]

Videre kan man se at resepten på kraftfôret mellom de ulike dyrene i dagens landbruk varierer. Kraftfôr til énmagede dyr har større innhold av importerte råvarer. Dette er som følge av dyrenes krav til rett sammensetning av næringsstoffer i fôret, f.eks. aminosyrer[17]. Samtidig justerer fôrprodusentene blandingene til fôr kontinuerlig basert på tilgang og prisen på råvarer. Maisgluten og rapspellets ble i sin helhet importert i 2022.



Figur 3 / Reseptene mellom de ulike artene[18]

16 Kjos, A. et al., Kjøttets tilstand 2020, Status i norsk kjøtt- og eggproduksjon (2020).
17 Personlig kommunikasjon med Steffen Adler, NIBIO.
18 Kjos, A. et al., Kjøttets tilstand 2020, Status i norsk kjøtt- og eggproduksjon (2020).

Noen av råvarene som inngår i dagens kraftfôr, blir utfordrende å produsere helhetlig på norsk jord grunnet klima og arealtilgang. Videre må en eventuell dyrking av råstoffer som ingredienser til fôr være bærekraftig økonomisk for å unngå at produksjonen over tid må subsidieres.

Mulighetsrom for norskproduserte ingredienser

I 2022 ble det samlet brukt rundt 4 millioner tonn kraftfôr og fiskefôr. Ved å gjennomføre en helhetlig tiltakspakke for utvikling av nye fôringredienser i Norge er det ifølge rapporten Råvareløftet[19] mulig å realisere en årlig produksjon på 672 000 tonn nye tørre råvarer i 2030 og 1 106 000 tonn nye fôrråvarer i 2040. Dette innebærer en mulig økning av norske råvarer i fiskefôret fra ca. 8 % i 2022 til 42 % i 2030 og 64 % i 2040.

I Råvareløftet trekkes biprodukter fra fiskeri, laksefisk, landbruk, insekter, mikroalger og tunikater frem som råvarene med høyest potensial til å bli ingrediensene med størst volum frem mot 2030.

NCE Seafood Innovation skriver i sin innsiktsrapport[20] at for å møte ambisjonene i nasjonal lakseproduksjon frem mot 2030 må produksjonen av fôr øke fra 2020-nivå på 1,8 millioner tonn til 2,8 millioner tonn. Deres analyse indikerer at 141 000 tonn tørre ingredienser i 2030 av den nødvendige mengden kan produseres nasjonalt.

I innsiktsrapporten trekkes lavtrofiske arter, fotoautotrofe mikroalger, biprodukter fra landbruk og fiskeri/oppdrett frem med høyest potensial til å bli ingrediensene med størst volum frem mot 2030.

SINTEF Ocean har i rapporten Bærekraftig fôr til norsk laks[21] vurdert 23 kilder til fôr. SINTEF Ocean har utpekt insekter, fototrofe makroalger, trevirke som substrat for mikroorganismer, gress, små zooplankton og mesopelagisk fisk som råvarene med størst potensial og volum frem mot 2050.

Tallene som presenteres i disse tre rapportene, viser at det er variasjoner både i volumene og typene av råvarer. I denne rapporten etterprøves ikke analysene, men resultatene legges til grunn for at det faktisk er et kvantifiserbart grunnlag for estimering av volum til produksjon av norske fôringredienser.

Disse funnene utgjør en del av beslutningsgrunnlaget for hvordan blant annet katapulten kan utgjøre en forskjell. Det kan skje ved å bidra med finansiering og tilrettelegging for egnet infrastruktur til testing og pilotering før fullskala industriell prosessering er mulig.

Det er ikke gjort større arbeider på å utrede en eventuell vekstambisjon i landbruket, og landbruket ser i stor grad til hvilke potensielle ingredienser

19 Bellona, Råvareløftet (2022).
20 NCE Seafood innovation, Future ingredients for Norwegian salmon feed (2022).
21 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).

til kraftfôr den marine siden utforsker. Men det vil være utfordrende å erstatte en betydelig andel av de importerte fôringrediensene med norskproduserte råvarer frem mot 2030 og 2040.

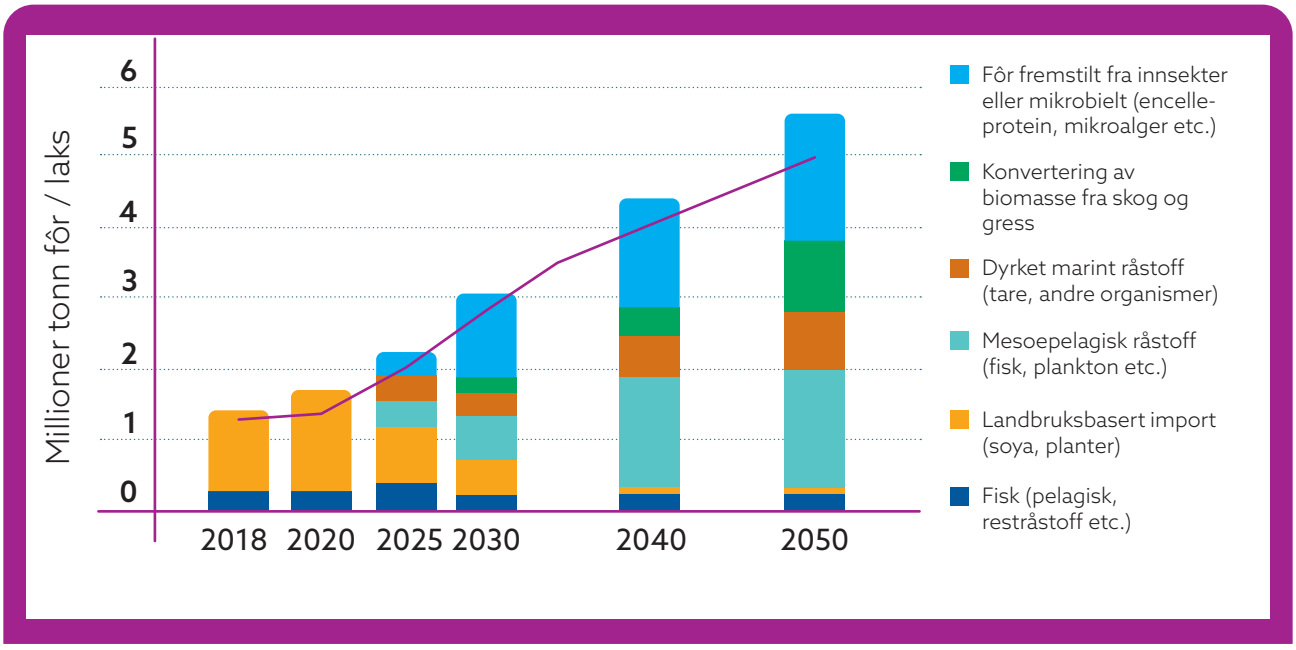
Ambisjonene knyttet til at nye bærekraftige norske fôringredienser skal dekke en så stor andel av behovet frem mot 2030, fremstår som urealistisk, sett i lys av de nevnte rapportene. En grunnleggende forutsetning for videre vekst i Norges ingrediensproduksjon er tilgang til et stort nok volum av råvarer med ønsket næringsinnhold, funksjonelle egenskaper og konkurransedyktig pris. Samt betydelige kapitalressurser for investering. Noen realistiske muligheter kan være:

- Utvikling av bærekraftige dyrkningssystemer i havet.
- Fangst av nye ressurser som zooplankton og mesopelagiske arter.
- Dyrking av mikroalger med de riktige fettsyrene.
- Omdanning av naturgass, trevirke eller gress til bioprotein/biolipid.
- Produksjon av insekter.
- Omdanning av bioråstoffer som skog, halm og gress til protein og fettholdige komponenter, f.eks. ved bruk av marine organismer.

AKVAKULTUR

Gitt at 95 % av fôringrediensene til marine arter i dag importeres, vil det kreve betydelige ressurser for å kunne erstatte disse med bærekraftige selvproduserte ingredienser, samtidig som produksjonen av sjømat skal økes.

Grafen under fra rapporten Bærekraftig fôr til norsk laks viser hvor stort behovet for nye ingredienser vil bli for å nå vekstambisjonene om 5-dobling av produksjonen innen 2050.



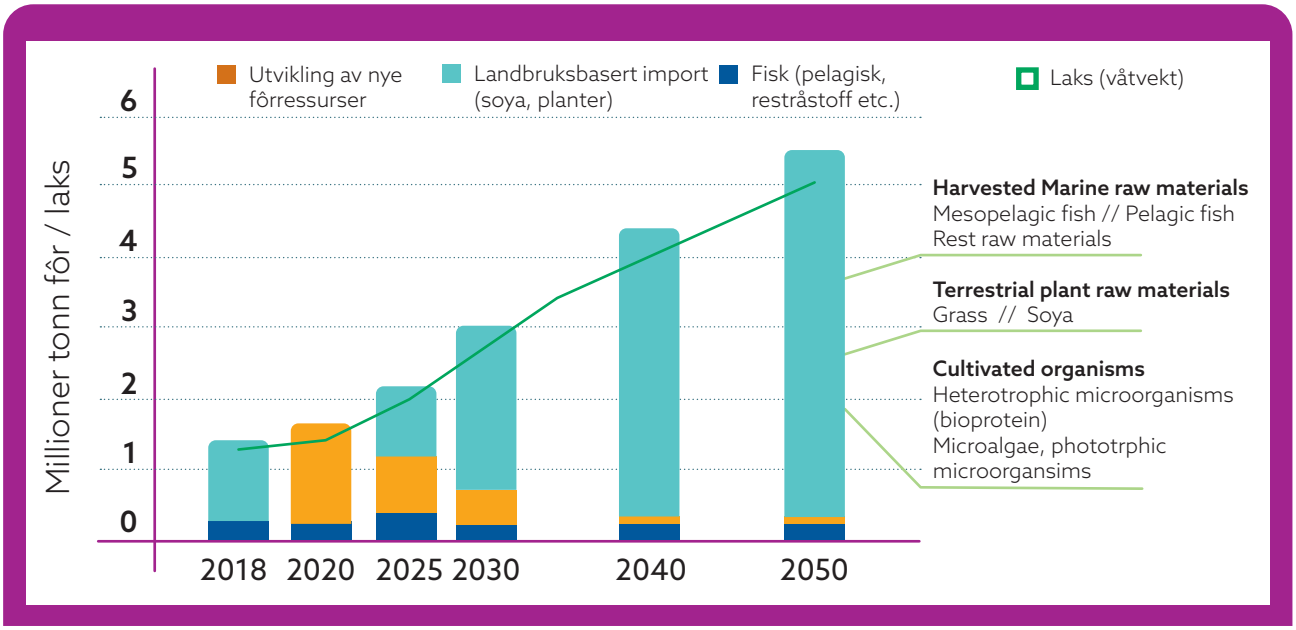
Figur 4 / Fôrsammensetning for fremtidig skalering[22]

22 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).

Spørsmålet vil være hvilke ingredienser som vil være tilgjengelige og kommersielt attraktive til å inngå i fôrproduksjonen i et slikt tidsperspektiv?

En sammenfatning av tidligere arbeider peker på følgende punkter som tiltak for oppskalering av ny produksjon av råstoffer til fôr[23 24 25]:

- Utvikle en strategi for mer bærekraftige produksjonsmetoder for marine råstoffer, for eksempel innføre strenge fangstbegrensninger og strengere regler for håndtering av restråstoffavskjær.
- Øke andelen av fornybar energi og energieffektive produksjonsmetoder i produksjonsprosessen for fôringredienser, for å redusere karbonavtrykket og minimere miljøpåvirkningene av produksjonen.
- Utvikle og ta i bruk nye teknologier som kan bidra til økt effektivitet og reduksjon av avfall i produksjonen av ingredienser til fôr.
- Utvikle og ta i bruk alternative proteinkilder i fôret, gjerne lavt i næringskjeden, for å redusere klimaavtrykket for fôret.
- Videreutvikle og forbedre teknologiene som benyttes for å produsere fôr, med sikte på å øke effektiviteten og redusere miljøbelastningene.
- Innføre insentiver til oppskalering av produksjon av norske fôringredienser.
- Øke forskningen og utviklingen av bærekraftige produksjonsmetoder og teknologier for å styrke kunnskapsgrunnlaget for bærekraftig produksjon av fôr.
- Utarbeide en egen strategi / et eget program for nye fôrressurser og insentiver til oppskalering.



Figur 5 / Et mulig fremtidsbilde av fôrproduksjon til laks i Norge ved produksjon av 5 millioner tonn laks i 2050 [26].

23 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
24 Bellona, Råvareløftet (2022).
25 NCE Seafood Innovation, Future ingredients for Norwegian salmon feed (2022).
26 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).

En helhetlig strategi som tar hensyn til disse tiltakene, vil kunne bidra til å øke andelen av nasjonale ingredienser i fôret, samtidig som man opprettholder bærekraftige produksjonspraksiser, og dermed bidrar til en mer bærekraftig og sunn produksjon av protein nasjonalt. Samtidig er det viktig å evaluere hvilke potensielle nye ingredienser det bør satses på, både ut fra kjemisk sammensetning, produksjon og prosessering. Det pågår i dag flere prosjekter som tester ut hvordan fisk klarer å utnytte nye fôringredienser, hvor resultatene vil ha betydning for hvilke råvarer det bør satses på. Figuren under tegner et potensielt fremtidsbilde med anslag for hvor innsatsen bør ligge for å nå ambisjonen om vekst frem mot 2050.

Det er likevel viktig å nevne at disse samlede punktene ikke vil kunne løse det totale behovet, gitt en 5-dobling av produksjonen i 2050. Derfor er det i rapporten ikke lagt betydelig vekt på vekstambisjonen, men i større grad muligheten for produksjon av bærekraftige nye råvarer på nasjonal basis.

LANDBRUK

For fremtiden vil det være et stort behov for å erstatte større mengder av ingrediensene i dagens kraftfôr med mer bærekraftige ingredienser. Samtidig finnes det også et potensial for effektivisering av dagens produksjon ved å bruke mindre kraftfôr i dyrenes diett[27].

Det pågår i dag en del forskning der det testes nye potensielle råvarer i kraftfôr. Råvarer som gjærsopp, tare, insekter og bakterier mfl. har blitt testet ut på flere arter som gris, kylling, sau og ku. Flere av råvarene viser å føre til bedring i form av kvaliteten på kjøtt og melk, holdbarhet og smak[28].

Utfordringen i landbruket er at det i mindre grad finnes tilgjengelig privat investeringskapital for å løfte produksjon av nye råvarer. Med dette er utviklingen som skjer i blå sektor, særlig interessant for landbruket, med viten om at de samme råvarene kan være relevante også for landdyr[29].

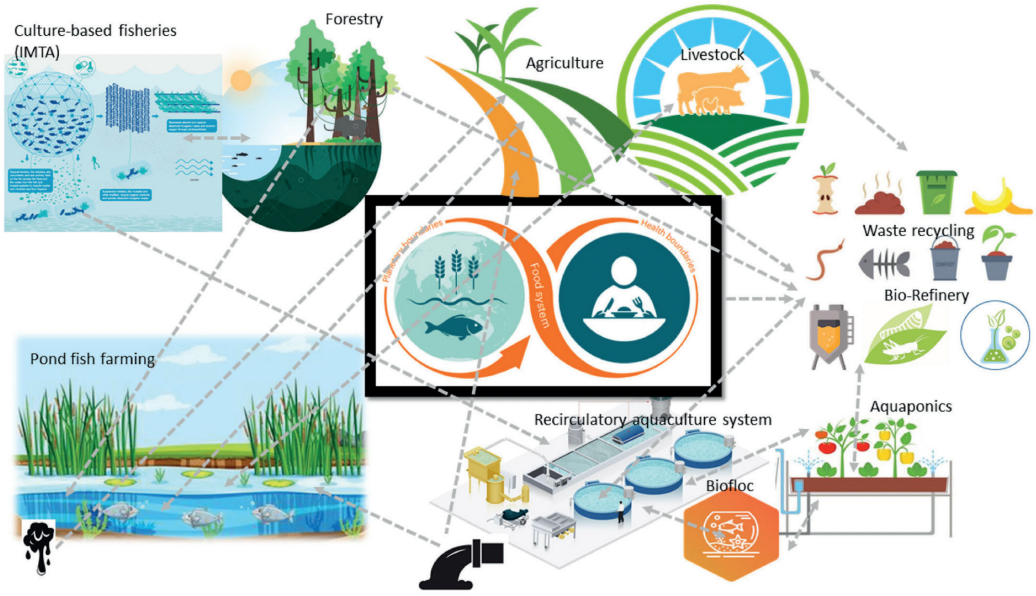
Likevel må det nevnes at det er flere krefter i sving for å løse utfordringene på landbrukssiden. Initiativer som Foods of Norway og NIBIOs pilotanlegg kombinert med prosjektet «ONETWO» finansiert av Forskningsmidlene for jordbruk og matindustri er viktige satsinger for utvikling av fremtidens kraftfôr.

27 Personlig kommunikasjon med Steffen Adler, NIBIO.
28 Personlig kommunikasjon med Margareth Øverland, Foods of Norway
29 Personlig kommunikasjon med Margareth Øverland, Foods of Norway

Karbonavtrykk i produksjon av fôr

Et fôr bestående av nye ingredienser fordrer at man reduserer klimaavtrykket på fôret, samtidig som man ivaretar ernæringsbehovene og helsen til dyret. Nye ingredienser kan ikke medføre stor belastning på miljøet og ei heller forstyrre sitt naturlige økosystem. Hvis man tar flyfrakt ut av beregningen, utgjør fôr til laks 75–83 % av klimaavtrykket til laks ut til markedet[30].

Circular Bioeconomy Framework (CBF), eller rammeverk for sirkulær bioøkonomi, vil kunne være et viktig verktøy der man setter seg som mål å produsere mat uten å utarme ressurser som allerede i dag er utsatt for stort press[31].



Figur 6 / Rammeverk for sirkulær bioøkonomi mellom landbruk og akvakultur[32]

Kunnskap om utnyttelse av fôrressursene er viktig for å vurdere og forbedre bærekraften i norsk ingrediensproduksjon, både for havbruksnæringen og husdyrproduksjon[33].

Import av råvarer til fôr har i dag en klar påvirkning på CO2-avtrykket til det ferdige produktet som skal gå til konsum. For å tallfeste dette finnes det i dag to ulike metoder:

- Livssyklusanalyse (Life Cycle Assessment – LCA) er en systematisk kartlegging og vurdering av miljø- og ressurspåvirkninger gjennom hele livsløpet til et produkt[34].
- Arealbruksendringer (Land Use Changes) er et uttrykk som beskriver frigivelsen av karbon til atmosfæren som følge av avskoging av natur

30 Bellona, Råvareløftet (2022).
31 Colombo et al., Towards achieving circularity and sustainability in feeds for farmed blue foods (2022)
32 Colombo et al., Towards achieving circularity and sustainability in feeds for farmed blue foods (2022)
33 Bellona, Råvareløftet (2022).
34 LCA.no, Hva er LCA? (2022).

og omgjøring av dette til dyrket mark eller beitemark. Dette er særlig relevant for råvarer som kommer fra regnskogsområdene, for eksempel soya, men også for mais, raps og andre plantebaserte råvarer.

Samlet tallfester disse to metodene mengdene av CO^2 som går med til vår produksjon av protein.

Etter press fra oppdrettsnæringen gikk fôrråvareimportørene i januar 2021 ut med en uttalelse om at de fra nå av ikke skal importere råvarer som er dyrket på arealer som har vært avskoget etter august 2020. Dette var et viktig steg på veien mot å senke CO2-avtrykket på importerte råvarer[35], samtidig er det i det store bildet nødvendig å se på flere alternativer.

Regjeringen har ambisjoner om at alle råvarer som skal inngå i fôr, i størst mulig grad skal være bærekraftige. I den senere tid har produsentene brukt mye tid på å finne ut hvilken regnemetode og hvilke faktorer som best kvantifiserer bærekraftsavtrykket til produserte varer. Videre vil det være viktig å etablere standarder slik at dataene er sammenlignbare.

Potensielle substrat for lavtrofiske fôringredienser

SLAM

I dag er det pålagt å samle opp slam fra landbasert akvakultur. Slam består av ca. 50 % uspist fôr og feces fra fisken. Slammet inneholder fett, protein, karbohydrat og mineraler[36], herav også fosfor og nitrogen. Disse er viktige mineraler for alt liv. Forskningsmiljøer som NIBIO og SINTEF Ocean med flere har avdekket at flere nye fôringredienser kan produseres med slam som substrat. Børstemark[37], gammarider[38] og insekter kan eksempelvis livnære seg på slam og bidra til en mer sirkulær økonomi. Forsøk viser at flere flercellede organismer som fôres med slam fra oppdrettsanlegg, blir rik på marine fettsyrer og mineraler.

I dag kan ikke slam fra oppdrett benyttes som fôringrediens for flercellede organismer. For å utnytte næringsstoffene må en gå veien om primærproduksjon av eksempelvis bakterier og alger, før dette igjen kan brukes som fôringrediens. Dette kan sammenlignes med landbruksproduksjon, der det går til primærproduksjon av planter, som videre blir fôr til dyrene.

Utfordringen bunner i regelverk som ikke godkjenner slam som substrat for flercellede organismer[39]. For å få til en endring av regelverket på disse områdene er det nødvendig å øke kunnskapsgrunnlaget om smittestoffer og uønskede stoffer; hvordan disse påvirkes av behandlingsmetode, effekter ved bruk og betydning for mattryggheten[40].

35 Saue, O.A., artikkel i Aftenposten, Nå nekter norske oppdrettere å kjøpe soya fra selskaper som hugger regnskog (15.01.21).
36 Kraugerud, R., Verdt å vite om slam fra fiskeoppdrett (17.02.23).
37 Egge, H., Dette nyttige krypet lever av slam fra fiskeoppdrett, SINTEF.no (13.09.19).
38 Prosjektet Biocycles, SINTEF Ocean
39 Muri, C., Hva skal framtidens oppdrettsfisk spise? (09.05.22).
40 Regjeringen, Havbruksstrategien.

Utnyttelsesgrad	Slam / organiske materialer	Oppløste næringssalter
Biogass	Tillatt	Ikke aktuelt
Pyrolyse	Tillatt	Ikke aktuelt
Gjødsel	Tillatt	Tillatt
Fôringrediens for dyr	Ikke aktuelt	Ikke aktuelt
Substrat til encelleprotein-produksjon	Tillatt	Tillatt
Alger	Tillatt	Tillatt
Akvaponi inkl. sopp-produksjon	Tillatt	Tillatt

Tabell 3 / Oppsummering av hva slam kan brukes til [41]

TREVIRKE

Trevirke består i hovedsak av 40 % cellulose, 25 % hemicellulose og 20–30 % lignin, men fordelingen kan variere. Lignocellulosehydrolysater er vurdert som et godt substrat for dyrking av sopp og mikroalger. Det gir god biomasse- og lipidproduksjon[42]. Det avvirkes i dag ca. 11 millioner fastkubikkmeter (fm^3) gran og furu som sagtømmer og massevirke i Norge.

I Råvareløftet omtales trevirke som et viktig substrat for dyrking av store volum av proteiner[43]. Foods of Norway forsker kontinuerlig på i hvilken grad ulike gjærsopper kan dyrkes på trevirke og tare.

Ifølge rapporten Prosess21[44] omtales tilgang på trevirke og restråstoffer som en knapphetsfaktor, samtidig som prognoser fra Veikart for prosessindustrien[45] viser et estimert behov på 14–20 millioner fm^3 råstoff fra skogen frem mot 2050. Det kan for øvrig nevnes at det ikke finnes noen referanser til eller omtale av marine råvarer som bioressurs for norsk prosessindustri i Prosess21.

HINDRINGER FOR OPPSKALERING AV RÅVARER

I kartlegging av nye potensielle råvarer for fôr finnes det noen felles utfordringer som vil være viktige å ta hånd om med mål om fremtidig vekst[46 47 48]:

- Manglende regelverk for effektiv bruk av bioressurser, for eksempel slam som substrat til produksjon av flercellede organismer.
- Mangel på statlig strategi når det gjelder bioressurser, finansiering og nye fôringredienser.
- Mangel på oppskaleringsplaner og pilotfabrikker.

41 Hilmarsen, Ø. et al., Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse næringsstoffer fra oppdrett, Delrapport 3: Utnyttelse av organisk materiale og næringssalter (2020).
42 Oil from oleaginous microbial biomass derived from Norwegian resources as a sustainable alternative to replace Fish/Plant oils in fish feed, Forskningsrådets prosjektbank.
43 Bellona, Råvareløftet (2022).
44 Prosess21, Hovedrapport.
45 Norsk industri, Veikart for prosessindustrien (2016).
46 Bellona, Råvareløftet (2022).
47 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020)
48 NCE Seafood Innovation, Future ingredients for Norwegian salmon feed (2022).

- Stort behov for teknologiutvikling for å automatisere prosesser, som i neste omgang kan gi mer kostnadseffektiv produksjon.
- Reduksjon av klimagassutslipp i forbindelse med bruk av klimaintensive ingredienser som soyabønner og fiskeolje samt transport av fôr og fisk til og fra anleggene.
- Arealtilgang.
- Det må satses på mange ulike råstoffer, der man bør;
  - ~ Høste og dyrke organismer lavt i næringskjeden.
  - ~ Utvikle teknologi for hele verdikjeden, fra bærekraftig høsting/ dyrking til prosessering og produkt.
  - ~ Utarbeide en egen strategi / et eget program for nye fôrressurser.
- Tilgang på fornybar energi til konkurransedyktig pris

Samtidig som behovet for nye råvarer øker, er det flere utfordringer som hindrer utvikling av ny råvareindustri. 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 overordnede strukturelle utfordringer som må løses for å kunne realisere de nye fôrressursene. Det finnes blant annet konkrete eksempler på:

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

Dersom man basert på oppsummeringene i rapportene Råvareløftet, Future ingredients for Norwegian salmon feed[49] med flere vurderer de mest aktuelle råvarene med fokus på hindringer og barrierer for nå et industrielt volum, kreves det et betydelig arbeid med hver av råvarene før man kan oppnå industriell produksjon.

49 NCE Seafood Innovation, Future ingredients for Norwegian salmon feed (2022).

RÅVARE	TEKNOLOGISK MODENHET	BARRIERER	Slam som innsats-faktor
Blåskjell	Demonstrasjon	Lav grad av automatisering i produksjon og tilgang på dyrkningsareal	
Tunikater	Pilot	Automatisering av prosessene for dyrking, høsting og prosessering.	
Makroalger	Småskala	Hovedbarrieren for at makroalger kan bidra (indirekte) til et mer bærekraftig laksefôr er mangel på volum.	
Insekt	Småskala	Regulatoriske hindringer for ulike typer organisk avfall som substrat.	X
Gress	Konsept-validering	Teknologisk modenhet	
Fototrofe mikroalger	Pilot	Teknologisk modenhet og biologiske utfordringer i overgang til storskala produksjon	X
Heterotrofe mikroalger	Småskala	Tilgang på egnede råstoffkilder for effektiv storskala produksjon i Norge..	X
Sopp	Pilot	Identifisere nok substrat for storskala produksjon, samt FoU-arbeid for å øke produksjonseffektivitet og lønnsomhet.	X
Bakterier	Demonstrasjon	Behov for teknologiutvikling og regulatoriske endringer	X
Gammarider	Demonstrasjon	Regulatoriske hindringer for ulike typer organisk avfall som substrat og behov for utvikling.	X
Børstemark	Demonstrasjon	Regulatoriske hindringer for ulike typer organisk avfall som substrat	X
Krill	Storskala	Mulighet for økning av fangstvolum, behov for mer dokumentasjon.	
Mesopelagisk råstoff	Konsept-validering	Mangel på kunnskap om økosystemeffekter, effektiv fiskeriteknologi, samt mangel på grønne energibærere til fiskefartøyene. Prosessering.	
Raudåte	Pilot	Regulatoriske begrensninger i form av kvotetillatelser, vanskeliggjør effektiv fangst.	
Bi-fiskeri / havbruk	Storskala	Mengde restråstoff som landes, tollbeskatning på foredlede varer sender mer restråstoff ut av landet	
Bi-landbruk	Storskala	Regulatoriske begrensinger	

Tabell 4 / Teknologisk modenhet og barrierer for vekst.

I tillegg til de spesifikke barrierene som er nevnt over, finnes det mer overordnede barrierer som ikke er direkte knyttet til råvaren, men som vil påvirke mulighetene for å industrialisere den enkelte art.

Prosessering

I lys av tilgang på råvarer er utfordringen i dag teknologisk modenhet for å kunne gå fra pilotering til fullskala produksjon. For å bruke en råvare som innsats til fôr er man avhengig av å kunne produsere betydelige mengder over tid, samt av å ha et produkt som er lagringsstabilt og av stabil kvalitet.

Datagrunnlaget til denne rapporten er i hovedsak innhentet gjennom intervjuer, korrespondanse og tilgjengelige nettsider. Funnene er basert på kontakt med 67 respondenter bestående av industribedrifter, utstyrsleverandører og pilotanlegg. Bakgrunnen for utvalget var at vi startet med å kontakte noen utvalgte, som igjen tipset oss om andre aktører vi burde intervjue.

Det var stor variasjon i teknologisk og organisatorisk modenhet, og flere av aktørene som prosesserte nye fôrråstoffer, var i labskala-fasen (typisk opptil 20 kg råvarer per batch), men med ønske om å gå over til pilotering av produksjon (0,1–3 tonn råvarer per batch). For de mer modne respondentene har flere av dem som innehar fullskala prosesseringsanlegg, uttalt at de har tilgjengelig kapasitet i deres produksjonsarealer for utleie av prosesseringskapasitet. Utfordringen er tilgang på en tilstrekkelig mengde råstoff til stor produksjon (mer enn 3 tonn råvare inn per time).

I denne rapporten deles utstyr for prosessering inn i følgende tre hovedkategorier: 1) Lab som håndterer typisk opp til 20 kg per batch, 2) Pilot 100–3000 kg per batch og 3) Fabrikk som er i fullskala drift. Det finnes et behov i markedet for å teste infrastruktur som kan skaleres til et fabrikkanlegg. Det betyr at infrastrukturen til en lab ikke kan brukes, og at det er et behov for pilotanlegg for testing av prosesser før en fabrikk bygges.

Det er 3 pilotanlegg som er tilgjengelige gjennom utstyrsleverandører, og 9 respondenter som viser interesse for eller har planer om å bygge pilotanlegg (100–3000 kg råvarer inn per time).

MULIGHETER FOR SAMARBEID

- Nesten alle respondentene ytret et ønske om samarbeid om pilotanlegg eller å dele / få tilgang på ubenyttet kapasitet i egne prosessanlegg.
- Flere ønsket å gå sammen om å realisere pilotanlegg for bioprosessering.
- Det ville ha vært fordelaktig med et mobilt anlegg (eksempelvis 2 stk. 20-fots containere) som var konfigurert for ønsket råstoff, eventuelt med egen strømforsyning, og at personer med kompetanse på driften fulgte med.

- Bruke legoprinsippet for å sette sammen riktig teknologi i et mobilt anlegg før utsending.

BIOPROSESSERING

Med bioprosessering menes all behandling en råvare må gjennomgå fra det forlater sitt vekstmiljø, eventuelt fabrikken (restråstoff), til det er et ferdig produkt klart for leveranse til en produsent av fôr til akvakultur eller landdyr. Bakgrunnen for å prosessere en råvare vil kunne være basert på flere faktorer, eksempelvis:

1. Gjøre næringsstoffene mer tilgjengelige (fjerne fysiske barrierer).
2. Konsentrere og ekstrahere de essensielle råstoffene man trenger.
3. Sørge for lagringsstabilitet for et råstoff som har lav holdbarhet.

Alle råstoffene som inngår som innsats til fôr, krever mekanisk og/eller kjemisk prosessering før det kan inngå som leveranse til en fôrprodusent. I denne rapporten har man kartlagt prosessering for alle råvarene som i dag er identifisert som potensielle ingredienser i morgendagens fôr. Flere av råvarene krever utvikling for å oppnå optimal prosessering, men produsenten har ofte en formening om hvordan dette potensielt kan utføres.

For å kunne visualisere operasjonene som inngår i prosessering av ingrediensene, har vi delt prosessering inn i seks ulike enhetsoperasjoner.

1	**Mekanisk:**	• kutting • miksing	• knusing • pressing
2	**Konservering –** behandling som er nødvendig for stabilisering av produktet, og under prosessering tilsetning av:	• syrer • base	• enzymer • fermentering
3	**Varme** – oppvarming i temperaturområdet 40–90 °C:	• koking	• blansjering
4	**Separasjon** – inneholder tre nivåer:	• dekantersentrifuger (væsker inneholder 15 % eller flere faststoffer + partikkelstørrelse er større enn 10 mikron) kombinert med filtre (væsker med faststoffinnhold på 5 % eller mindre + partikkelstørrelse er mindre enn 1 mikron)	• platestabelsentrifuger (væsker med fast-stoffer under 25 % + partikkelstørrelse mellom 0,1 mikron og 150 mikron) • membranfiltre (væsker med faststoffinnhold på 5 % eller mindre + partikkelstørrelse er mindre enn 1 mikron)

5	**Hydrolyse**	• I enzymatisk hydrolyse blir råstoff kvernet med vann, før blandingen homogeniseres og enzym tilsettes[50]. Hvor lang tid hydrolysen tar, varierer ut fra råstoffet og hvilken temperatur som benyttes (ofte mellom 35–65 grader). Enzymer som inngår i hydrolysen, har betydning for reaksjonsbetingelsene og hvilket produkt man ønsker til slutt. For produksjon av proteinhydrolysat har man anvendt enzymer av eksempelvis animalske, plantebaserte og mikrobielle kilder. Ved ønsket hydrolysegrad inaktiveres enzymet ved oppvarming av løsningen til temperaturer på 85–95 grader i 5–20 minutter[51]. Hydrolyse er en prosess som krever mye tilpasning ut fra egenskapene til hver enkelt ingrediens, og det vil kreve en del utvikling av de nye fôringrediensene.	• Syrehydrolyse benyttes særlig der man må forkonservere et råstoff over tid før det kan behandles videre. Dette gjelder eksempelvis ved bruk av ensilasje. Syreensilering benyttes i all hovedsak som konservering av restråstoffer som skal benyttes til fôr, og ikke til humant konsum. I syreensilering kan man benytte flere typer syre, men maursyre er mest brukt i dag. Nedbrytningen av fiskemassen skjer når forholdene er optimale, dvs. med en pH på 3,5–4,5 og temperatur på 5–40 grader vil (høyere temperatur = raskere nedbrytning)[52]. Deretter fraktes ensilasjen til fabrikker som prosesserer den videre til eksempelvis hydrolysater, som kan gå direkte til fôrprodusentene[53].
6	**Tørking**:	• inndamping • varmepumper	• tørker

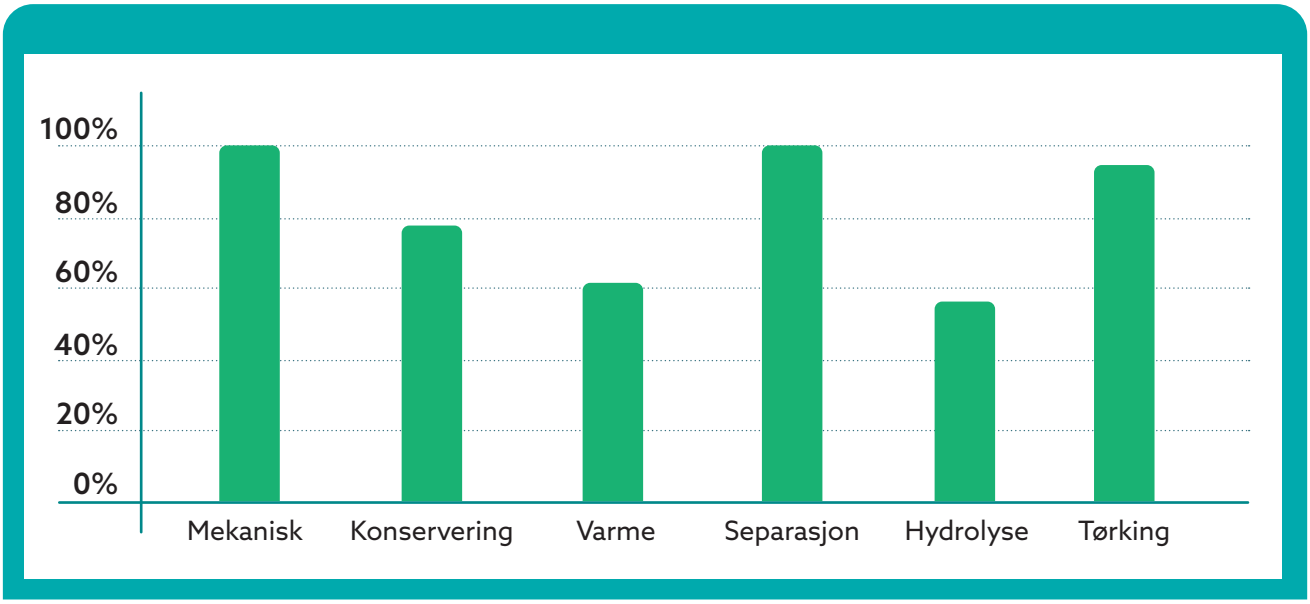
Enhetsoperasjonene som fremgår av tabell 5, er en grov inndeling av prosesseringen. Tabellen viser hvilke enhetsoperasjoner som forekommer hyppigst, uten noen bestemt rekkefølge, og uavhengig av håndtering av sidestrømmer (stoffer og vannfraksjoner) gjennom prosesseringen. Våte råvarer vil normalt splittes i ulike strømmer, der stoffer og vannfraksjoner har ulike prosesseringsløp. Det er ikke tatt hensyn til slike sidestrømmer og prosesseringer her. Hensikten med tabellen var å få innsikt i hvilke hovedoperasjoner de ulike råvarene skal gjennom. Den enhetsoperasjonen som inngår hyppigst for alle råvarer, er mekanisk. Deretter følger operasjonene for separering og tørking (se figur 7).

En del bi-råstoffer vil leveres inn som ensilasje til videre prosessering. Dette er utprøvd og etablert teknologi og vil derfor ikke være i første rekke som investerbar teknologi for katapulten. Pilotinfrastruktur for prosessering kan likevel være relevant for forbedrede enhetsoperasjoner i forbindelse med prosessering av ferdig ensilasje.

Nødvendig prosessering for hver enkelt råvare er lagt inn i tabell 5. Hensikten er å synliggjøre hvilke enhetsoperasjoner som trengs for de

50 Guerard, F., 2007. Enzymatic methods for marine by-products recovery. I: Maximising the Value of Marine By-Products.
51 Zamora-Sillero, J. et al., 2018. Peptides from Fish By-product Protein Hydrolysates and Its Functional Properties: an Overview.
52 Stiftelsen RUBIN, Håndbok i ensilering (1993).
53 Personlig kommunikasjon med Ola Flesland, Pelagia.

ulike råvarene. Flere av råvarene krever mye avvanning i form av både separasjon og tørking, og energi vil bli et viktig moment for fremtiden for å kunne preservere disse råvarene. I den siste kolonnen er det lagt inn estimater for energiforbruk i kilowatt timer (KW) per tonn tørr råvare ut. Flere av produsentene oppgir at det er avgjørende å få råvarene til prosessering raskt, og at dårlig lagringsstabilitet og degradering av



Figur 7 / Enhetsoperasjoner

Råvare	Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	kWh/tonn Energi
Blåskjell	x	x	x	x	x	x	1800
Tunikater	x	x		x		x	1500
Insekter	x		x	x		x	1500
Gress	x		x	x	x	x	1500
Mikroalger	x			x		x	1800
Sopp	x	x	x	x		x	1800
Bakterier	x			x		x	1800
Krill	x		x	x		x	1800
Mesopelagisk	x	x	x	x	x	x	1800
Makroalger	x	x		x		x	8000
Raudåte	x	x		x	x	x	1800
Bi-fiskeri og -havbruk	x	x	x	x	x	x	1800
Bi-landbruk	x	x	x	x	x	x	1800
Børstemark	x		x	x		x	1800
Gammarider	x		x	x		x	1800

Tabell 5 / Fordeling av enhetsoperasjoner på råvarer.

kvaliteten alternativt vil kreve stabiliserende tiltak. I lys av dette vil lokalisering av prosessanlegg og energieffektivitet ha stor betydning.

I tabellen forutsettes det tørking av de fleste råvarer. Dette skyldes at respondentene har opplyst om at de må levere tørre råvarer til neste ledd i verdikjeden. Det finnes imidlertid også noen eksempler på stabiliserte råvarer som leveres våte, blant annet tare og insekter. I slike tilfeller vil energiforbruket være lavere.

I tillegg til råvarene som er omtalt i rapporten Råvareløftet, har vi tatt med gammarider og børstemark.



Ulike råvarer som inngår i fôr. Foto: ukjent

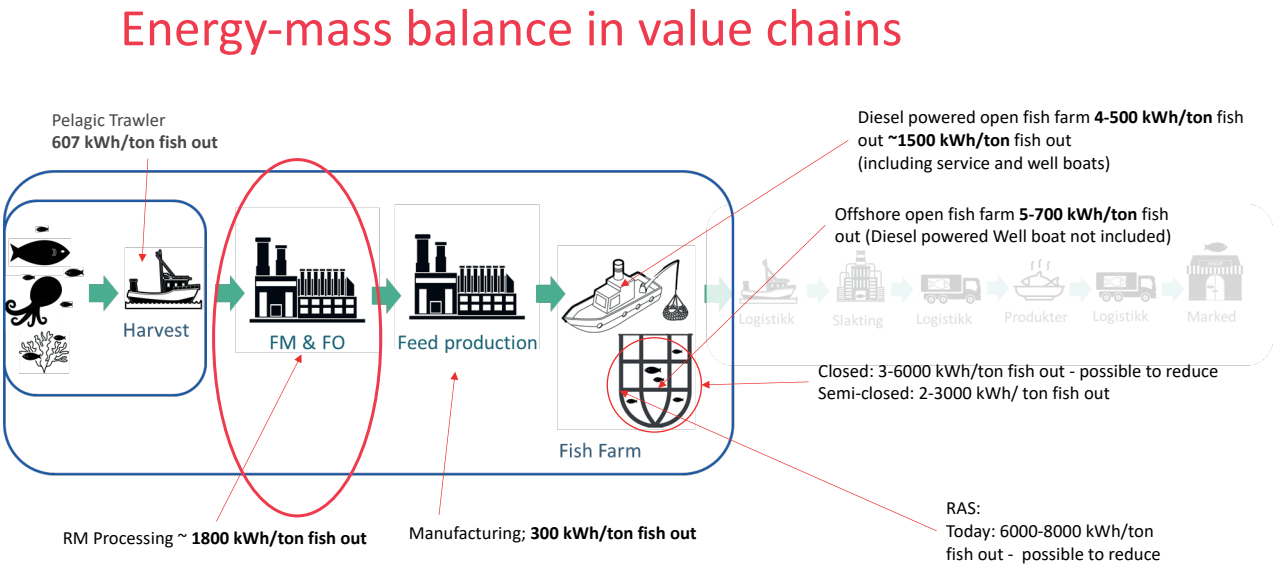
RÅVARER SOM INNSATS I FREMTIDENS FÔR

Hvis man tar utgangspunkt i tidligere arbeider der potensielle råvarer som innsats i fôr er utredet, har man her forsøkt å sammenstille råvarene og sett nærmere på hvordan disse prosesseres i dag, eller i tilfeller der råvaren er i tidligfase, er tenkt prosessert.

Videre er det viktig å nevne at rapporten ikke tar stilling til hvilke råvarer man alene anslår å ha størst potensial for å få størst inklusjon i fôr over

tid, men heller hvilken infrastruktur til pilotprosessering av flere råvarer som det er ytret behov for. Mange av råvarene som er beskrevet, har flere likhetstrekk med etablert prosesseringskapasitet, og har dermed et tilgjengelig tilbud i pilotanlegg som for eksempel Biotep (Nofima) og Mobile Sealab (SINTEF Ocean). I tillegg er det som nevnt flere etablerte produsenter av fôrråvarer som har tilgjengelig kapasitet ved sine anlegg.

På figur 8 er det markert en rød ellipse. Den viser hvilket ledd i verdikjeden respondentene er intervjuet om. Grunnlaget for estimatet av energiforbruk for de ulike råvarene er vurdert i lys av funn fra prosjektet Marin innovasjonsarena[54]. I verdikjeden er fokuset på prosesseringen av våte råvarer.



Figur 8 / Energi - masse balanse i verdi kjeder.

Bakgrunnen for beregningene er rapportene Life Cycle Assessment of Recirculating Aquaculture Systems[55], Analyse av lukka oppdrett av laks – landbasert og i sjø: Produksjon, økonomi og risiko[56],The Global Feed LCA Institute og Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017[57].

Tall for prosessering av fiskeavfall beregnes til 1800 kilowattimer per tonn tørr råvare. En av respondentene har ytret et forbruk på 6000–10000 kilowattimer per tonn tørr råvare fra tare med dagens teknologi. Videre er det i forbindelse med teknologiutvikling og pilotering et mål om å lande på 1500-2500 kw timer pr tonn tørr råvare i pilot og ned mot 750-1250 kw timer i fullskala produksjon. Dette i kombinasjon med spillvarme kan bidra til en mer bærekraftig industri og reduserte energikostnader. For alle andre

54 Marin innovasjonsarena – et nasjonalt løft for marine råvarer | VIS (visinnovasjon.no).
55 Xingqiang Song et al., Life Cycle Assessment of Recirculating Aquaculture Systems: A case of Atlantic salmon farming in China.
56 Analyse av lukka oppdrett av laks – landbasert og i sjø: produksjon, økonomi og risiko, FHF-prosjekt 901441.
57 Winther, Ulf et al., Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017 (2020).

råvarer er det estimater som legges til grunn, basert på en antatt andel av vanninnhold og de enhetsoperasjonene som er forventet å inngå.

Tabellene som følger under hver råvare, indikerer hvilke av de seks enhetsoperasjonene som trengs for prosessering av råvaren. I tillegg indikerer Energi et grovt estimat i forbruk av kilowattimer for å prosessere en våt råvare til ett tonn tørr råvare. Respondentene har uttalt at energiforbruk er viktig, og at de ønsker å benytte fornybar energi så langt det lar seg gjøre.

BLÅSKJELL

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x	x	x	x	x	1800

Blåskjell er en interessant råvare som har stort potensial til å inngå som ingrediens i fôr. Blåskjell kan bidra til å senke klimaavtrykket på fôr og kan dessuten produseres i tilknytning til annen næring. I tillegg vil blåskjelldyrking kunne bidra til å etablere et rammeverk for sirkulær bioøkonomi (CBF) ved å binde nitrogen og fosfor fra sjøen. Dyrking av blåskjell har historisk vært utprøvd tidligere der utfordringer som teknologi og inntjeningspotensial endte med at satsingen ikke var levedyktig. Mange anlegg ble forlatt i sjøen, og derfor har Fiskeridirektoratet over mange år lagt ned en betydelig innsats i å rydde opp i forlatte anlegg[58]. Teknologiutvikling og inntjeningspotensialet vil være viktige momenter for fremtidig vekst[59].

Nyere forskning fra Havforskningsinstituttet viser at Hardangerfjorden alene kan ha et potensial på opptil 200 000 tonn. En så betydelig mengde vil dog ha en effekt på mengden av dyreplankton, men resultatene kan gi rom for tanker for hvor stort potensialet er på landsbasis.[60]

I norsk sammenheng er blåskjell et nytt potensielt produkt som innsats i fôr. Det er særlig én aktør (Ocean Forest) som jobber aktivt i dag med planlagt produksjon av mel fra blåskjell. Per i dag er de ikke i full produksjon, men har ifølge Råvareløftet og sine egne nettsider satset betydelig på å utvikle prosesseringsteknologi, særlig maskinelt for å fjerne skjell og byssustråder. I dag produseres det betydelige mengder av blåskjell for humant konsum på verdensbasis. I 2018 ble det produsert 2,1 millioner tonn blåskjell, hvorav Kina, Chile og Spania var de største produsentene[61].

Videre estimeres det at ca. 27 % av det som tas opp av sjøen, blir nedklassifisert og har potensial som innsats i fôr for fremtiden[62].

58 Fiskeridirektoratet, Årsrapport 2021.
59 Bellona, Råvareløftet (2022).
60 Gatti, Paul et al., «Mussel farming production capacity and food web interactions in a mesotrophic environment». Aquaculture Environment Interactions 15 (2023).
61 Seafish.org, Aquaculture profiles, Mussels (2023).
62 Naik, Azza et al., Characterisation of Seasonal Mytilus edulis By-Products and Generation of Bioactive Hydrolysates (2020).

Blåskjell inneholder høye nivåer av EPA og DHA og kan på visse tider av året inneholde opptil 68 % protein.

I prosessering vil man maskinelt fjerne skall og byssustråder før man kjører innmaten inn i enzymatisk hydrolysering, der man separerer olje, limvann og grakse. Oljen vil så separeres og renses. Limvann og grakse vil gå videre til tørke for produksjon av mel.



Bilde av blåskjell. Foto: Stein Mortensen, HI.

TUNIKATER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x		x		x	1500

Tarmsjøpung (ofte omtalt som tunikater) er en ny lavtrofisk oppdrettsart som inneholder en god næringssammensetning av marine proteiner og fettsyrer[63]. Tunikater og blåskjell er begge interessante arter for produksjon, da de begge binder nitrogen og fosfor fra omgivelsene rundt seg. I en uttalelse i Teknisk Ukeblad[64] anslår Pronofa at man ved bruk av et areal på 5 km^2 vil kunne få ut ca. 50 000 tonn proteinmel. Almås, K.A et al.[65] stadfester i sin rapport at det er mer realistisk at man vil trenge et areal på 33–50 km^2 for å produsere 100 000 tonn. Videre sier rapporten at ved produksjon av 100 000 tonn tunikatprotein vil man dekke omtrent 5 % av proteinbehovet i 2050 (gitt ambisjonen om 5-dobling), samt 2–6 % av behovet for fett.

Tunikater inneholder rundt 95 % sjøvann, og mye av prosesseringen vil innebære fjerning av vann og salt. Dette er energikrevende. Videre er det ifølge Almås, K.A et al. en utfordring i prosessering at man kan tape betydelige mengder av protein og lipid. Det pågår i dag en del utvikling innen prosessering av tunikater, og til nå er vannet blitt fjernet mekanisk ved bruk av skruer og hydraulisk presse. Videre vil man måtte separere



Bilde av Tunikater. Foto: Pronofa ASA

63 Bellona, Råvareløftet (2022).
64 Valmont, Odd Richard, artikkel i Teknisk Ukeblad, Insektbasert protein kan bli vekstbransje verden over norske Pronofa slåss om posisjon (28.11.21).
65 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020)

fett og olje, muligens gjennom hydrolysering, før varen tørkes. To utfordringer med å bruke tunikater som råvare er at de inneholder store mengder salt, og det er ikke er kjent om det er utviklet en god metode for å fjerne det. Samtidig er det en utfordring at råvaren i forkant av prosessering ikke er lagringsstabil (ca. 1 døgn), slik at man er avhengig av å stabilisere produktet med kjemikalier (f.eks. syre) for å sikre kontinuerlig aktivitet i et prosesseringsanlegg. Avstanden fra høstelokaliteten til prosesseringsanlegget vil også ha betydning for behovet for stabilisering av råvaren.

INSEKTER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x		x	x		x	1800

I Norge er det i dag 7 typer insekter som er godkjent for produksjon: husflue, svart soldatfluelarve, 2 typer melbillelarver og 3 typer sirisser. Per i dag er det en av melbillelarvene og svart soldatfluelarve som er i kommersiell produksjon[66].

Insektene kan spise det meste av organisk avfall, og det har vist seg at hvis man gir svart soldatfluelarve marint fôr, vil larveoljen inneholde mer omega-3[67].

Produksjon av insekter som råvarer til fôr er etablert kommersielt, men utfordringen ligger i mengden som er tilgjengelig. Lav tilgjengelighet av råvarer driver prisen av fôret opp og gjør det lite attraktivt for kundene. Videre er regulatoriske utfordringer viktig å nevne, da man i dag har restriksjoner på hvilket substrat man kan fôre larvene med. Dette vanskeliggjør oppskalering av produksjonen, særlig i distriktene. Det er



Svarte soldatfluelarver. Foto: Skretting

66 Bellona, Råvareløftet (2022).
67 Valmont, Odd Richard, artikkel i Teknisk Ukeblad, Insektbasert protein kan bli vekstbransje verden over – norske Pronofa slåss om posisjon (28.11.21).

likevel viktig å nevne at insekter er velutprøvde som inklusjon i fôr til både fisk og landdyr med gode resultater, der noen forsøk viste at en inklusjon på opptil 15 % viste gode resultater på både veksten og tarmhelsen hos laks[68]. Det er i stor grad svart soldatfluelarve og melormer som har blitt testet ut. Utbyttet fra larvene består av ca. 40 % protein og 30–35 % olje.

Prosessering av insekter til fôr varierer, men i likhet med varmeprosessering for tradisjonell mel-/oljeindustri kokes larvene i en masse på opptil 90 grader før de blir overført videre til en separator, der limvann, avvannet masse og fett blir separert.

Videre vil fettet gjennomgå ny rensing via separator og bli overført til lagertank. Limvannet blir videre inndampet før konsentrert limvann og massen tørkes i en disktørke. Til sist blir melet malt og pakket i storsekk.

GRESS

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x		x	x	x	x	1800

Utvinning av gressprotein er en kjent teknologi, blant annet i Irland, men man kjenner lite til hvor aktuell råvaren er som ingrediens i fiskefôr[69].

Gress er en tilgjengelig ressurs i Norge, der dyrkings- og høstingsteknologi er godt utviklet. I dag har NIBIO et aktivt prosjekt kalt ONETWO. Prosjektets målsetning er å bioraffinere engvekster til proteinkonsentrat som kan inngå som proteinkilde for kylling, og etter hvert andre arter også[70].

Prosessering av gress for ekstrahering av protein er i dag en kjent teknologi, men den har rom for forbedringer. I dag blir gresset prosessert ved at det blir mekanisk finkuttet før det presses. Dette for å ekstrahere juicen, som inneholder det meste av massens løselige protein. Deretter varmes juicen opp til 80–85 grader for å felle ut proteinet.

Fra produksjonen vil man få to restfraksjoner i form av presskake og brunsaft. Presskaken kan inkluderes som ingrediens i fôr til drøvtyggere. Forskning har vist at ved å fôre drøvtyggere presskake fra proteinekstrahering vil fosforet og nitrogenet i gresset utnyttes bedre, og mengden av mineraler som går ut i kumøkken, reduseres med 25 %[71]. Presskaken kan også tørkes og brukes til helt andre formål, som isolasjon i bygninger, papir mfl. Brunsaften inneholder ulike sukkerarter og mineraler som potensielt kan brukes som tilsetning[72].

68 Pabodha Weththasinghe, Nutritional, health, and technical properties of black soldier fly (Hermetia illucens) in Atlantic salmon (Salmo salar) feeds (2021).
69 Biorefinery Glas, H2020 EIP project, 2020.
70 Personlig kommunikasjon med Steffen Adler, prosjektleder ONETWO, NIBIO.
71 Serra, E., Report on potential of press cake as a fodder source for dairy cows, 2020.
72 Personlig kommunikasjon med Gjermund Bahr, NIBIO.

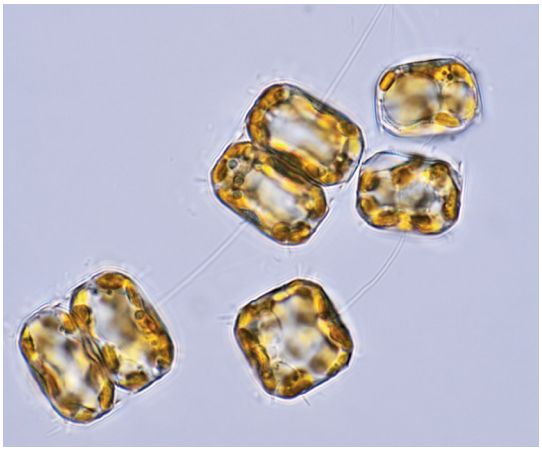


Presset gressjuice og presskake. Foto: Biorefinery GLAS

MIKROALGER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x			x		x	1800

Fototrofiske alger



Bilde av fototrofiske mikroalger. Foto: Nord universitet

Fototrofiske alger er en ny og interessant kilde til viktige råvarer for nytt bærekraftig fôr som kan tilføre både marine fettsyrer og proteiner. I dag er det flere aktører som har etablert forsøksanlegg med produksjon av fototrofiske alger. Algeparken på Mongstad og Finnfjord Smelteverk er to av aktørene som nå planlegger oppskalering fra pilotproduksjon. Produksjon av algene bruker CO2 som karbonkilde, lys som energikilde og silo eller fotobioreaktorer som produksjonsutstyr. For å kunne produsere et stort volum til konkurransedyktige priser må dagens barrierer knyttet til teknologi og biologi løses.

Heterotrofe alger

Mindre mengder av heterotrofe alger er allerede tatt i bruk i kommersielt fiskefôr. Algen importeres fra USA og Brasil, der den produseres med sukker som råstoff. Algen er rik på omega-3-fettsyrer og kan, dersom prisen kan reduseres, bli et viktig råstoff. En av utfordringene blir å erstatte sukker og benytte avfall eller sidestrømmer som råstoff for å redusere prisen og forbedre klimaavtrykket til fôret[73]. Det er ingen kommersiell produksjon av heterotrofe alger i Norge i dag, men flere forskningsprosjekter er igangsatt. Her har mikroalgen Schizochytrium vist seg ha gode verdier av omega-3-fettsyren DHA.

Prosessering av alger starter med høsting av algen fra fotobioreaktorer. Algen inneholder mye vann. Sentrifugering er første trinn for oppkonsentrering av algebiomassen. Mikroalger inneholder rigide cellevegger. Knusing av celleveggene vil forenkle ekstraksjonen av næringsstoffer og øke biotilgjengelighet når algen brukes som en fôringrediens. Mekanisk knusing av celleveggene kan eksempelvis gjøres i en kulemølle. Forskning har vist at ulike mikroalger krever ulike betingelser i møllen, da både materialet på kulene, matehastigheten og fuktigheten påvirker celleknusingen[74]. Videre kan biomassen brukes direkte som fôringrediens. Alternativt kan den gå videre til en prosess for å ekstrahere og separere ulike næringsstoffer.

SOPP

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x	x	x		x	1500

Med utgangspunkt i restråstoff/sidestrømmer fra trevirke og landbruk kan gjærsopp og mycelium dyrkes med mål om å omdanne dette til éncelleprotein. Éncelleprotein kan videre inkluderes i fôr til husdyr, og forskningsprosjekter har så langt vist lovende resultater.

Produkter fra gjærsopp deles gjerne inn i to grupper:

1. Derivater som glukaner mfl., som tilsettes fôr som en mikroingrediens.
2. Gjærprotein, som hittil har vært en ny potensiell råvare som innsats i fôr.

Det finnes i dag kommersielt tilgjengelig kraftfôr der gjærprodukter inngår som ingrediens, og de har vist seg å være en viktig komponent for tarmhelsen til både landdyr og fisk. Studier har også vist at gjærsopp har en positiv helseeffekt på tarmen hos både gris, kylling og ku[75].

73 Bellona, Råvareløftet (2022).
74 Personlig kommunikasjon med Mette Sørensen, Nord universitet.
75 Håkenåsen, Ingjerd, Novel protein sources in diets for weaned piglets – effect on growth performance, gut function, and health (2022).

Gjærsopp som inklusjon i kraftfôr har også vist seg å gi kumelk bedre ysteegenskaper[76].

Samtidig har det finske selskapet eniferBio produsert sopproduktet Pekilo bestående av mykoprotein, som kan vokse på billigere råmaterialer sammenlignet med gjærsoppen. Forsøk med Pekilo og gjærsopp som inkludert fôringrediens har vist at laksen fikk bedre fôrutnyttelse og bedre vekst[77] [78]. Pekilo har lavt fettinnhold og inneholder ikke transfett, og det har vært brukt i mat siden 1985[79]. Det produseres gjennom en bestemt prosess for bioraffinering med faststoffgjæring av matindustriavfall[80].

Industrien viser stor interesse for alternative kilder til protein i fôr til oppdrett av laks, forutsatt at prisen og bærekraften er like konkurransedyktig som soya. Studier viser at produksjonskostnaden for éncelleproteinet mykoprotein Quorn, der mikrosoppen Fusarium venenatum står sentralt, og soya nærmer seg hverandre, med henholdsvis USD 460–550 per tonn for Quorn mot USD 425 per tonn for soyamel[81]. I samme artikkel kommer det frem et forskningsgap i å modellere bioprosessering av lignocellulose-avledet éncelleprotein før det kan brukes i mat.

Barrierene for bruk av sopp som råvare til fôr ligger i å utvikle en mer effektiv prosess for produksjon av sopprotein fra cellulose, samt å få tilgang til nok bærekraftig og prisgunstig biomasse som kan benyttes som substrat. Det pågår forsøk i dag der diverse andre substrattyper testes ut, blant annet biprodukter fra landbruk, tare og annet organisk avfall.

Prosesseringen av gjærsopprotein varierer ut fra hvilken sopp som er tiltenkt brukt, men et viktig moment her vil være å få brutt ned celleveggene i gjæren. Forskning fra Foods of Norway har vist at man vil oppnå dette ved å gjennomføre autolyse, der massen varmes opp til 50 grader i 16 timer[82]. Videre kan man sentrifugere massen før man tørker den til mel.

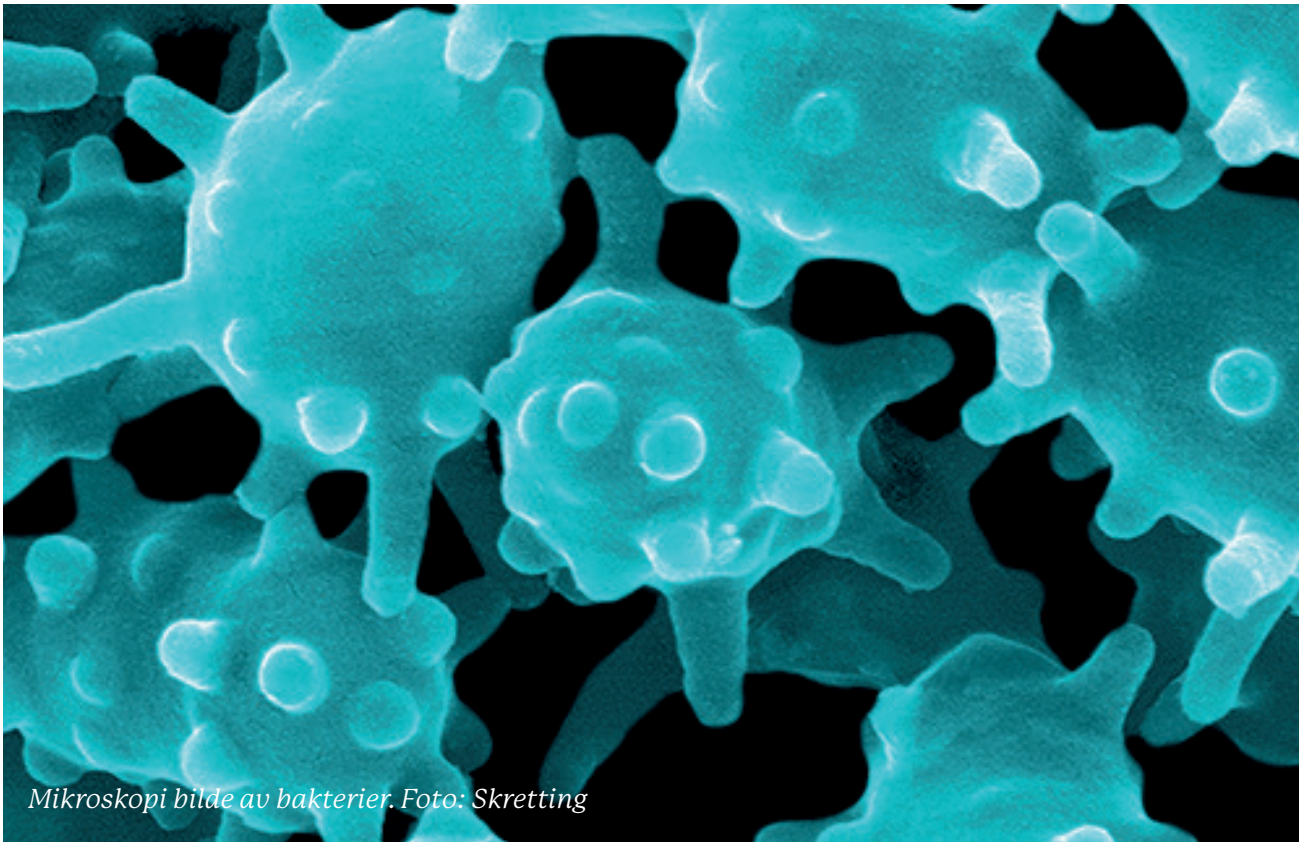
76 Personlig kommunikasjon med Margareth Øverland, Foods of Norway.
77 Dønnem, Ingjerd, artikkel i Foods of Norway (18.01.23).
78 Farmed salmon can grow on Norwegian spruce trees instead of Brazilian soybeans | NMBU (foodsofnorway.net).
79 Gilani, G.S. et al., Protein; Sources of Food-grade Protein, 2003.
80 T. Aggelopoulos et al., Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production (2013).
81 Upcraft, T. et al., Protein from renewable resources: mycoprotein production from agricultural residues, (2021).
82 Lagos, Leidy, artikkel hos NMBU, Gjær som fôringrediens: Hvordan prosessering av gjær påvirker fordøyelighet og immunrespons i Atlantis laks (29.08.19).

BAKTERIER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x			x		x	1800

Det finnes i dag flere bakteriearter som potensielt kan inngå som ingrediens i fôr. I dag er det identifisert 4 arter som er aktuelle for kommersiell produksjon. Alle fire artene har et høyt proteinnivå på 70–80 %[83], og produksjon av bakterier er i tillegg arealeffektivt. Bakterier kan vokse på ulike medier, blant annet metan, etanol eller hydrogen kombinert med CO2. Bakteriemel har vært utprøvd som inkludert ingrediens i fôr til gris og har vist gode resultater i form av bedre helse hos dyret og bedre kvalitet på kjøttet[84]. Bakterier som innsats i fôr er i en tidlig fase, men ifølge Tlusty et al.[85] har bakterien M.extorquens vist lovende resultater i fiskemel, der opptil 55 % av melet har blitt erstattet med bakteriemel.

Prosesseringen av bakteriemel varierer ut fra hvilken bakterie som skal brukes, men en metode består av sentrifugering av massen fra reaktoren, mekanisk fjerning av vann ved hjelp av filter og presser og til slutt termisk tørke. Det er nødvendig med FoU på leddene i prosessen for å sikre at man ivaretar egenskapene til råstoffene på en best mulig måte[86].



Mikroskopi bilde av bakterier. Foto: Skretting

83 Bellona, Råvareløftet (2022).
84 Personlig kommunikasjon med Margareth Øverland, Foods of Norway.
85 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. (2017).
86 Personlig kommunikasjon med Margareth Øverland, Foods of Norway.

KRILL

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x		x	x		x	1800

Arktisk krill (euphasia superba) fangstes i dag i Sørishavet nært Antarktis. I dag beskattes ca. 4 % av den totale tilgjengelige biomassen (estimert 500 millioner tonn), og det kommersielle fisket har fått høyeste karakter på bærekraft ifølge den årlige rapporten til Sustainable Fisheries Partnership[87]. Aker Biomarine er en av de ledende aktørene i dette fisket og rapporterer at de i dag fangster ca. 65 % av den totale kvoten, noe som gir rom for vekst[88]. Videre er det diskusjoner om hvorvidt man skal åpne nye områder for fangst i Sørishavet. Det er ikke etablert hvor stort volum krill potensielt kan utgjøre i fôr til både fisk og landdyr. Dette som følge av attraktiviteten til krill i biofarma og humant kosttilskudd. Men krill er et kommersielt tilgjengelig tilskudd i fôr til kjæledyr og fiskefôr i dag. Studier på laks har vist at krill gir flere positive helseeffekter for laks, blant annet ved å bedre tarm-, hjerte- og leverhelsen, filetkvaliteten og fôrinntaket samt øke tilveksten[89] [90] [91].

Det er potensial for verdifull teknologi- og kunnskapsoverføring fra det kommersielle krillfisket til fangst av raudåte og mesopelagisk fisk[92].

Aker Biomarine har i dag egne fangstskip der prosessering pågår om bord. Krillen fangstes ved hjelp av trålteknologi og pumpes direkte inn i båten, hvor krillen kokes før den går videre inn i en separator, hvor oljen blir separert ut, og deretter går massen videre til tørke for prosessering av mel.



Bilde av Arktisk krill. Foto: Cecilie Thorsen Broms, HI

87 Veiga, P., Reduction Fisheries, SFP Fisheries Sustainability Overview (2021).
88 Personlig kommunikasjon med Maja Bævre-Jensen, Aker Biomarine.
89 Olsen, R.E. et al., The replacement of fish meal with Antarctic krill, Euphausia superba in diets for Atlantic salmon, Salmo salar (2006).
90 Hatlen, B. et al., The effect of low inclusion levels of Antarctic krill (Euphausia superba) meal on growth performance, apparent digestibility, and slaughter quality of Atlantic salmon (Salmo salar) (2016).
91 Presentasjon av Maja Bævre-Jensen, Aker Biomarine (14.03.23).
92 Bellona, Råvareløftet (2022).

MESOPELAGISK FISK

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x	x	x	x	x	1800

Mesopelagisk fisk er en til nå lite utnyttet ressurs som har stort potensial som fôringrediens. Flere miljøer har forsøkt å etablere hvor stor biomassen for mesopelagisk fisk er, der tallene har variert fra 2–19,5 gigatonn på verdensbasis[93]. Utfordringen ligger i at det i dag er krevende både å lokalisere og fange fisken på godt vis.

Mesopelagisk fisk finnes over hele verden og er en viktig bidragsyter i å frakte CO2 fra overflaten og ned i dypet, da den vandrer 200–1000 m og kommer til overflaten for å spise[94]. I norske farvann er det laksesild, lysprikkfisk og krill som er de mest interessante artene for kommersielle fiskerier.

Mesopelagisk fisk har gode mengder av både protein og olje og kan sammenlignes med vanlige pelagiske arter innholdsmessig. Mesopelagisk fisk har imidlertid svært lav holdbarhet, og det er utfordrende å bevare næringsstatusen siden råvaren oksiderer raskt. Dette medfører harskning og tap av smakelighet og næringsstoffer. I tillegg har lysprikkfisk høye nivåer av voksestere og kadmium, som kan ha betydning for fiskens anvendelse som fôringrediens[95].

Andre utfordringer i bruken av mesopelagisk fisk er at det i dag ikke er etablert et kommersielt fiske av denne arten, og det må insentiver på plass for å gjøre denne typen fiske attraktivt for kommersiell industri. Videre vil grønn teknologi ha stor betydning for klimaavtrykket til råvaren, og det samme vil utvikling av effektiv fangstteknologi for både lokalisering og fangst.

Prosesseringen av mesopelagisk fisk vil variere ut fra hvilken art som fangstes. Hvis man fangster et stort volum av arten lysprikkfisk, vil denne råvaren trolig kreve egen behandling for å fjerne voksestere og kadmium.

I et aktivt fiske vil all fangst trolig måtte ensileres på stedet og fraktes til prosessering. Videre vil ensilasjen varmes opp før den separeres ut i fraksjonene olje, limvann og grakse. Limvann og grakse vil kunne gå videre til dannelse av mel ved bruk av inndamping og tørke.

93 Hidalgo, M. & Browman, H., Developing the knowledge base needed to sustainably manage mesopelagic (2019).
94 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
95 Bellona, Råvareløftet (2022).



Bilde av mesopelagisk fisk. Foto: Maria Madina, SINTEF Ocean

MAKROALGER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x		x		x	8000

Makroalger har historisk vært benyttet i landbruket som et fôrsupplement i tider der det var liten tilgang på andre fôrkilder. I dag høstes makroalger kommersielt i stor grad for utvinning av ingredienser til produkter på flere markeder. Eksempler på ingredienser er alginat, laminarin og fucoidan[96]. De to sistnevnte er ingredienser som er relevante som innsats i fôr. Fucoidan har vist å ha mange helsebringende effekter som supplement i fôr til laks, mennesker og dyr[97].

96 Personlig kommunikasjon med Heidi Meland, Norwegian Seaweed Association.
97 Hany, A. et al., Health benefits and potential applications of fucoidan (FCD) extracted from brown seaweeds in aquaculture: An updated review.

Fermentert tare har vist å gi god helseeffekt på tarmen og økt vekst hos landdyr som supplement til vanlig fôr[98] [99]. I tillegg har makroalger vist seg å redusere mengden av metangass som kyr avgir, slik at de har potensial til å bedre klimaavtrykket betydelig[100].

Makroalger inneholder lite proteiner og fett og er dermed lite aktuelt som en betydelig ingrediens i fôr til laks og husdyr. Mengden av jod i noen av makroalgeartene kan ved stort inntak føre til forgiftning hos landdyr, men blansjering har vist seg å være effektivt for å redusere mengden.

Selv om makroalger ikke er attraktive som en større innsats til fôr, er det en industri som er viktig å ta med i kartleggingen på grunn av den betydelige pågående innsatsen med å bygge denne nye næringen. Makroalger vil også kunne inngå i samme prosesseringsinfrastruktur som flere av de andre fôringrediensene som er nevnt i rapporten. Makroalger har i tillegg et potensial som substrat til lavtrofiskeorganismer som bakterier, sopp og insekter[101].

Prosesseringen for makroalger varierer ut fra hvilken art man ønsker å produsere, og hvilket produkt man ønsker i enden. Makroalger er ikke lagringsstabile, og det har vært forsket mye på hvilken form for



Bilde av sukkertare. Foto Henning Steen, HI.

98 Choi, Y.J. et al., Effects of Dietary Fermented Seaweed and Seaweed Fusiforme on Growth Performance, Carcass Parameters, and Immunoglobulin Concentration in Broiler Chicks (2014).
99 Mahrose, K. et al., Seaweeds for Animal Feed, Current Status, Challenges, and Opportunities (2022).
100 Battaglia, M. Article; The conversation, Seaweed could hold the key to cutting methane emissions from cow burps (2016).
101 Bellona, Råvareløftet (2022).

stabilisering som gir best utbytte[102] [103]. Blansjering og fjerning av vann i flere prosesser er svært energikrevende, og derfor er det noen produsenter som ønsker å forsøke å levere vått materiale til kunden, men dette kan igjen føre til merkostnader i form av frakt.

RAUDÅTE

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x		x	x	x	1800

Raudåte (Calanus finmarchicus) er en hoppekreps som det finnes store mengder av i Norskehavet. Den er et dyreplankton og har en svært viktig rolle som føde for fiskeyngel[104] og voksen fisk, f.eks. makrell, sild og kolmule. Biomassen er beregnet til å være rundt 30 millioner tonn stående biomasse, med en årlig ny produksjon på ca. 300 millioner tonn. Frem til nå har denne arten vært en lite utnyttet marin ressurs. I dag er det én kommersiell aktør på raudåte i Norge (Calanus AS – Zooca), og de har nylig bygget et eget prosessanlegg som er spesialdesignet for prosessering av akkurat denne arten. Produktene består av proteinhydrolysat, som i hovedsak inngår som ingrediens i marint oppdrettsfôr, samt olje, som går til helsekost i form av kapsler.

Raudåte er en lovende art som potensiell råvareingrediens i marint fôr pga. sine høye verdier av både protein og omega-3. Som det fremgår av navnet, er raudåte også rik på astaxantin og har i likhet med krill vist seg å øke smakligheten på fôr til laks. I dag går all oljen som Zooca produserer, til humant konsum, mens fôrindustrien har tilgang til denne oljen gjennom graksen som kommer ut av prosessen, som inneholder litt olje og astaxantin i tillegg til protein. I Norge har Skretting AS i samarbeid med Andfjord Salmon og Zooca lagd et eget fôr med raudåte kalt Calanus® Plus[105].

I dag er det utdelt en felleskvote på raudåte (254 000 tonn per år). I tillegg er det delt ut en rekke tillatelser til fartøyleddet (avgrenset raudåtetråltillatelse og raudåtetråltillatelse). Av ulike årsaker har det vært utfordrende å få utnyttet tillatelsene fullt ut. Noen av tillatelsene som er delt ut, legger begrensninger i form av at det ikke er mulig for en båt å utøve flere typer fiskeri fra samme båt. Dette medfører at en fiskebåt som normalt har lavsesong på sommeren, ikke kan benytte denne tiden til å fangste raudåte. Samtidig vil det være en stor merkostnad for Zooca å måtte investere i en helt egen fiskeflåte for å få tilgang på råvaren. Derfor er det en jobb som må gjøres for å få flåten mer interessert i å fangste raudåte når det er sesong. Det må i tillegg gjøres en jobb ved å åpne denne

102 Personlig kommunikasjon med Nikolai Buer, Lofoten Blue Harvest.
103 Personlig kommunikasjon med Tarald Sivertsen og Torben Marstrander, Folla Alger.
104 Røttingen, I., Tilstanden i økosystem Norskehavet – Havforskningsinstituttet (2011).
105 Andfjord Salmons nettsider, Andfjord.no (13.07.22).



Calanus Finnmarchicus, Foto Havforskningsinstituttet

typen fiskeri for egnede fartøy som viser interesse, men som per i dag ikke har tillatelse.

Videre nevner Zooca[106] og Råvareløftet at det er behov for investeringer og utvikling i mer effektiv fiskeriteknologi[107]. Raudåten forekommer i store mengder ute i Norskehavet og krever til dels betydelig gangtid med båt før man er ute på fangstfeltet. I tillegg står raudåte mer spredt ute i storhavet, slik at det kreves utvikling av ny fiskeriteknologi.

I prosessering av raudåte vil fabrikken til Zooca kunne motta både ferskt og frosset materiale. Etter tining går råvaren inn i en enzymatisk hydrolyse og videre inn i en 3-faset dekanter som separerer raudåte i olje, limvann og grakse. Limvann og grakse vil deretter bli dampet inn til et hydrolysat og til et proteinmel som fôrprodusentene kan bruke.

BI-FISKERI OG -HAVBRUK

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x	x	x	x	x	1800

Biprodukter fra sjømatnæringen er av både SINTEF og Bellona m.fl.[108 109] pekt på som et viktig aspekt ved å finne tilstrekkelig råstoff til at Norge

106 Personlig kommunikasjon med Ole Petter Pedersen, Zooca
107 Bellona, Råvareløftet (2022).
108 Bellona, Råvareløftet (2022).
109 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).

kan være selvforsynt med egne ingredienser til fôr. I dag er det betydelige mengder av råstoff som går tapt i havet som følge av manglende kapasitet hos fiskeflåten og manglende inntjeningspotensial i å ta restråstoffet til havn.

Dessuten blir i dag hovedandelen av produsert oppdrettsfisk sendt sløyd med hode til EU for videreforedling. Råvareløftet peker på at det i 2018 var anslagsvis 176 000 tonn restråstoff som ikke ble utnyttet[110]. Estimatet inkluderer restråstoff som i dag går på sjøen, restråstoff fra skalldyr, blod og hoder, som i dag går til EU, samt dødfisk, som i dag kategoriseres som II-materiale, som ikke er tillatt som innsats i fôr.

I dag kan ikke restråstoff fra havbruk brukes som innsats i nytt laksefôr, men det kan inngå i kraftfôr til landbruket, petfood og humant konsum.

I prosessering av biprodukter fra fiskeri er hydrolysering utbredt for å ivareta mel- og oljefraksjoner. Videre blir beinfraksjonen ivaretatt, og den vil kunne brukes som innsats i fôr til landdyr[111]. Oljefraksjonen ligger på 7–19 % EPA + DHA, avhengig av typen restråstoff. Proteinfraksjonen ligger på 13–19 %[112].

BI-LANDBRUK

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x	x	x	x	x	x	1500

Restråstoff fra landbruket kan i dag deles inn i to fraksjoner:

1. Vegetabilske restråstoffer (korn, frukt og grønnsaker).
2. Animalske biprodukter (fra alle landbruksdyr).

Den vegetabilske fraksjonen har per i dag ikke potensial som ingrediens i fôr til fisk, men deler av den vil kunne bli innsats til dyrefôr. Utfordringen med den vegetabilske restfraksjonen fra landbruket er at en stor andel er fordelt over hele landet og ikke nødvendigvis fanges opp av sentraliserte anlegg, som ved slakt av dyr[113].

Det animalske råstoffet varierer ut fra hvilket dyr råstoffet kommer fra. Dyr med stor fraksjon av mettet fett, som storfe og sau, vil ikke være like aktuelle som ingrediens i fôr til fisk som eksempelvis kylling[114]. Regelverket for hindring av spredning av spongiforme encefalopatier (TSE) hindrer bruk av restfraksjon av storfe til produksjon av ny mat[115]. Markedet for fôr til kjæledyr tar i dag en betydelig andel av det animalske biråstoffet fra landbruk. Råstoffet kan potensielt også inngå som substrat til

110 Bellona, Råvareløftet (2022).
111 Rubin, rapport 308/65, Anvendelse av fiskebeinmel. Bein separert ved ensilasjeproduksjon.
112 Tangen, Irene, Karakterisering av avfallsstrømmer i matindustri (2016).
113 Lindberg, D. et al., Kartlegging av restråstoff fra jordbruket (2016).
114 Animalia, Kjøttets tilstand (2021).
115 Lovdata, Forskrift om forebygging av, kontroll med og utryddelse av overførbare spongiforme encefalopatier (TSE) (2004).

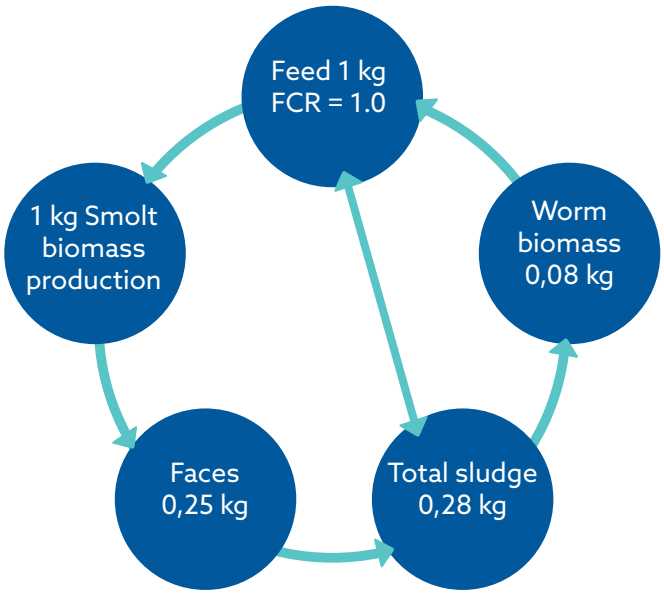
produksjon av lavtrofiskeorganismer som insekter eller mikroorganismer, men dette vil kreve endring av lovverket[116] [117].

Bioco benytter enzymatisk hydrolyse for å videreforedle restråstoff av kylling og kalkun. Restråstoffet blir kvernet direkte ved mottak og tilsatt enzymer. Videre vil massen gjennomgå hydrolyse i rør, før enzymene inaktiveres og massen gjennomgår separering i tre fraksjoner: fett, limvann og grakse (sediment)[118]. Limvann og grakse inndampes til mel.

BØRSTEMARK

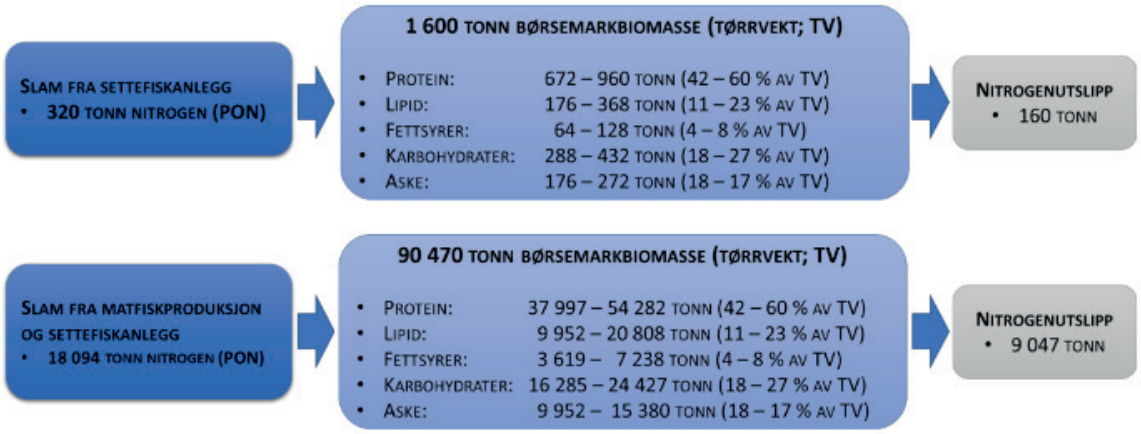
Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x		x	x		x	1800

Børstemark er en fellesbetegnelse på leddormer, som det finnes over 15 000 marine arter av på verdensbasis, og til nå er 750 av dem registrert i Norge[119]. Markene har over lang tid vært populære som agn for sportsfiskere, og det høstes på verdensbasis 121 000 tonn årlig. Børstemarkene lever av å rense havbunnen og har samtidig gode nivåer av både protein, omega-3 og astaxantin. I tillegg er børstemark svært attraktivt som fôr til reker, da de inneholder hormonaktive stoffer som bidrar til bedre levedyktighet og kjønnsmodning hos reker. Over tid har børstemark blitt mer interessant for forskningsmiljøer å utforske som



Figur 9 / Potensiale i produksjon av børstemark, basert på restråstoff fra lakseproduksjon.

116 Bellona, Råvareløftet (2022).
117 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
118 Personlig kommunikasjon med Heidi Alvestrand, Bioco.
119 Sømme, Lauritz S.; Bakken, Torkild: flerbørstemark i Store norske leksikon på snl.no (16.12.21).



Figur 10 / Teoretisk produksjonsutbytte av børstemark produsert på slam fra settefiskproduksjon (øverst) og alt utslipp fra havbruksnæringen i 2019(nederst), beregnet ut fra årlig utslipp av partikulært organisk nitrogen (PON).

potensiell kilde til fôr for laks[120]. Bakgrunnen er markens evne til å ta i bruk avfallsstrømmer som slam fra oppdrett som substrat for vekst og næringsverdiene, særlig i form av umettede fettsyrer. Det finnes et potensial for produksjon av børstemark med slam som substrat, der man anslår at man vil kunne produsere 8 % biomasse av børstemark per kg laks produsert i smoltanlegg ved å benytte avfallet[121] [122].



Børstemark. Foto: Bjarne Kvæstad, SINTEF Ocean

120 Brown, Nicholas et al., Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, Nereis virens (2011).
121 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
122 Haiqing Wang, et al., Growth and nutritional composition of the polychaeta Hediste diversicolor (OF Müller, 1776) cultivated on waste from land-based salmon smolt aquaculture (2018).

Tallene i figuren på neste side er hentet fra SINTEF og viser potensialet for produksjon av børstemark basert på slammengde i 2019[123].

Børstemark som ingrediens i kommersiell fôrproduksjon er i dag ikke etablert. Av mengden børstemark som høstes i dag, vil mye av biomassen selges som hele børstemark[124]. Som ingrediens i fôr vil en mel-/oljefraksjon være mest hensiktsmessig, og det antas at samme type prosessering som for insekter kan være aktuelt.

GAMMARIDER

Mekanisk	Konservering	Varme	Separasjon	Hydrolyse	Tørking	Energi
x		x	x		x	1800

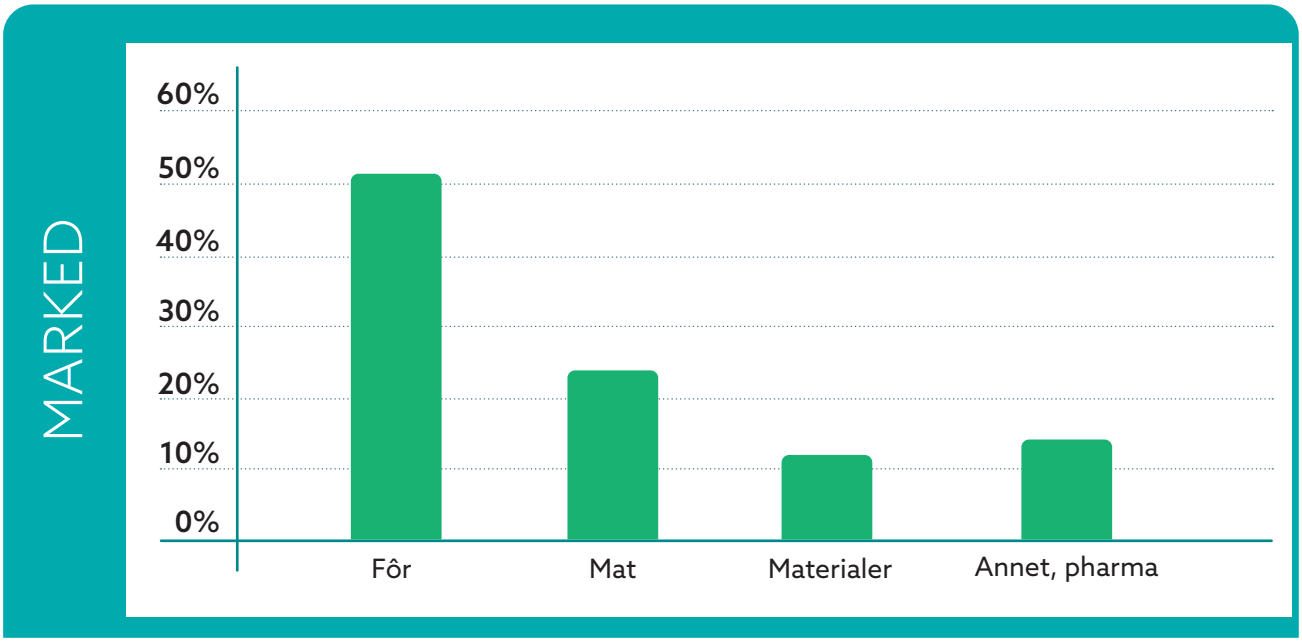
Gammarider er lavtrofiskekrepsdyr som kan dyrkes ved høye tettheter og fôres med dødt organisk materiale. Det finnes nesten 400 marine arter i Norge, hvorav SINTEF har forsket på 2 av artene i over 10 år. Deres resultater har vist at disse organismene kan dyrkes på ulike sidestrømmer fra biobaserte næringer, som avfallsprodukter fra landbruket og tareindustrien[125]. Biomassen fra gammarider er sammensatt av to hovedfraksjoner: fett (7–14 % av tørrvekten), inkludert HUFA-rike fosfolipider og astaxantin, og en fraksjon som hovedsakelig består av proteiner (43–52 % av tørrvekten). Den inneholder også noen andre verdifulle komponenter som kitin, vitaminer og mineraler. Proteinfraksjonen inneholder alle aminosyrene som regnes som essensielle for marin fisk. Fettfraksjonen inneholder som nevnt omega-3 HUFA og inkluderer både DHA og EPA[126]. Flere studier har vist at gammarider kan ha mulighet til å produsere omega-3 til tross for å ha blitt fôret med en omega-3-fri diett. Dette gjør gammarider til en svært spennende råvare for fremtidens fôr, der utfordringen i stor grad er knyttet til å finne ny tilgang på omega-3. SINTEF har i tillegg testet at slam fra havbruk kan benyttes som substrat til gammarider, med oppløftende resultater.

Prosessering av gammarider er enda ikke kommersielt etablert og vil ha behov for utvikling, men gjennom personlig kommunikasjon med SINTEF Ocean har det blitt anslått at gammaridene kan prosesseres som tørt og vått råstoff og ikke har behov for hydrolysering. Men det vil være behov for avvanning, separasjon og tørking[127].

123 Hilmarsen, Ø. et al., Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av næringsstoffer fra oppdrett (2020).
124 Personlig kommunikasjon med Ida Grong, SINTEF Ocean.
125 Prosjektet BIOCYCLES, SINTEF Ocean.
126 Personlig kommunikasjon med Gunvor Øie, SINTEF Ocean.
127 Personlig kommunikasjon med Ida Grong, SINTEF Ocean.

Marked

Rapporten viser at det frem til i dag er kartlagt mange potensielle råvarer som ingredienser til fôr. Noen av disse råvarene vil imidlertid trolig aldri forlate labstadiet, som følge av kostnad vs. utbytte og mangel på et stort nok betalingsvillig marked. Som en del av kartleggingen ble derfor respondentene som planlegger produksjon i kommersiell skala, bedt om å identifisere hvilke markeder de er aktive i eller ønsker adgang til.

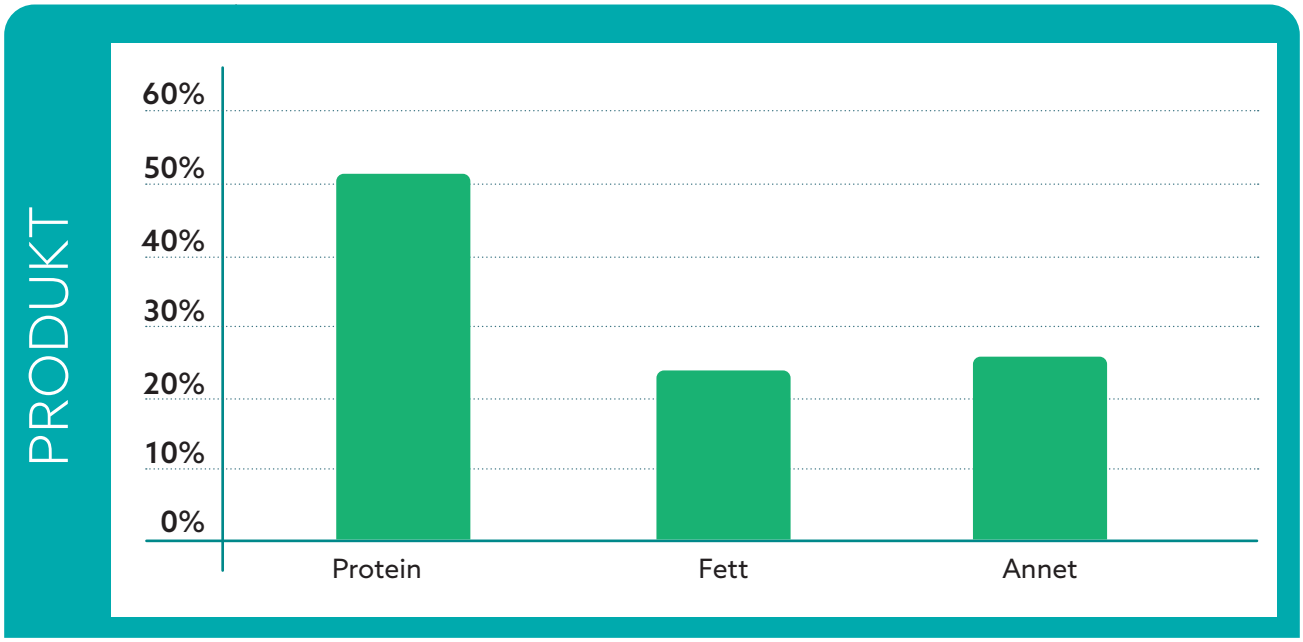


Figur 11 / Markedsfordeling

Vi ser av figur 11 at fôr utgjør vel 50% av utvalget og mat utgjør nesten 25%. Resten fordeles mellom materiale, pharma og annet med vel 10% på hver. Mange av aktørene som responderte at fôrmarkedet er interessant, ønsker å få innpass i andre markeder primært som følge av bedre betalingsvilje. Fôrmarkedet vil da over tid være ønsket som sekundærmarked, ved at:

1. Det er etablert et stabilt og tilstrekkelig produksjonsvolum, og det foretrukne primærmarkedet er mettet.
2. Man har en sidestrøm i primærproduksjonen som er aktuell som innsats i sekundærmarkedet.

Utfordringen med en slik strategi vil kunne være konkurransesituasjonen i det primære markedet, som vil legge føringer for inntjening, samt å oppnå et stort nok volum og en stabil nok produksjon på en sidestrøm til at en fôrprodusent vil anse ingrediensen som attraktiv for deres marked.



Figur 12 / Fordeling av innhold

Produkter

En av hovedmomentene i å avgjøre hvilke råvarer som bør satses på i fremtiden vil basere seg på råvarens innhold og potensiale som ingrediens til fôr eller som nytte til andre markeder.

Produktene som produseres, eller som er tenkt produsert, er delt inn i hovedkategoriene protein, fett (blant annet omega-3-oljer) og annet (gjødsel, kalsiumkarbonat, cellulose, energi og materialer).

I hovedsak er ingrediensene fra respondentene tiltenkt som innsats til mat og fôr. Respondentene gir uttrykk for at det bør bygges et pilotanlegg som kan prosessere ulike råvarer. Dette kan eksempelvis løses med anlegg som kan konfigureres med et ønsket oppsett for å teste ut en bestemt råvare og behov for ulike enhetsoperasjoner. Et viktig moment som kom frem i intervjuene, er at mange av råvarene har manglende stabilitet pga. dårlig holdbarhet, og at det vil være viktig og kostnadsbesparende å ha prosesskapasitet tilgjengelig lokalt.

Flere av respondentene som er etablert i sitt hovedmarked, uttrykker et ønske om tilgjengelig testinfrastruktur for å kunne teste ut utvikling av andre produkter som del av en potensiell vekststrategi.

128 Lindberg, D. et al., Kartlegging av restråstoff fra jordbruket (2016).
129 Tangen, Irene, Karakterisering av avfallsstrømmer i matindustri (2016).
130 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
131 Bellona, Råvareløftet (2022).

RÅVARE	PROTEIN	FETT
Blåskjell	65%	8%
Tunikater	50-61%*	6-23%
Makroalger	8%	-
Insekt	35-69%*	23-47%
Gress	10-20%	-
Fototrofe mikroalger	60-70%	10-20%
Heterotrofe mikroalger	60-70%	55-75%
Sopp	30-50%	-
Bakterier	50-80%	-
Gammarider	43-52%	7-14%
Børstemark	54-58%	10-15%
Krill	62% +/- 8%	26% +/-6%
Mesopelagisk råstoff	12-15%*	5,5-8%*
Raudåte	37-44%	16-34%
Bi-fiskeri / havbruk	55-60%	10-35%
Bi-landbruk	55-60%	10-35%

Figur 13 / Fordeling av protein og fett (EPA/DHA)

Denne typen infrastruktur for leie er viktig for utvikling av produkter der effekten i et nytt marked ikke er tilstrekkelig kjent. I dag er noe infrastruktur tilgjengelig for leie til testproduksjon, men det finnes begrensninger ut fra hvilken råvare man ønsker å teste, og for hvilket marked.

Validering og kommersialisering

To viktige ledd i tilgjengeliggjøring av nye fôringredienser til industrien er validering og kommersialisering.

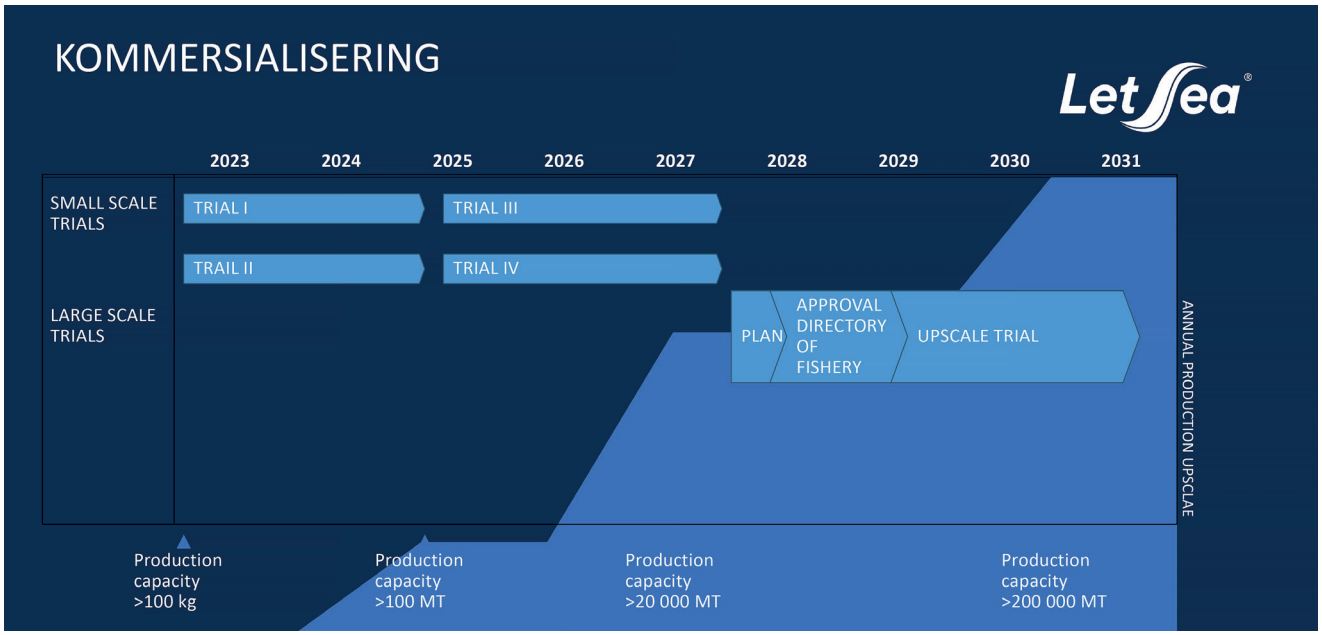
Figuren under illustrerer veien en ny fôringrediens må gå, fra labskala produksjon til pilotering og kommersialisering, kombinert med verifisering av råvarens effektivitet og virkning som inkludert ingrediens i fôr til fisk. Det er ikke kjent om veien til et kommersielt produkt som inkludert ingrediens i fôr til landdyr ville ha vært veldig annerledes enn veien for marine arter. I steget validering vil ingrediensen i en labskala svare ut:

1. Kan råvaren produseres, og hvordan i så fall?
2. Hvordan kan råvaren utvinnes og prosesseres til en ingrediens?
3. Kan ingrediensen inngå i fôr, og i så fall i hvilken grad?

Der utøves i dag stor forskningsaktivitet på nye potensielle råvarer som kan inngå som ingredienser i fôr. Både universitets- og høgskolesektoren, forskningsinstituttene og forskningsorganisasjonene kan gjennomføre forsøk ved sine anlegg. Dette krever som oftest at forsøket er en del av et

pågående prosjekt eller program i det konkrete forskningsmiljøet. I tillegg finnes det en mulighet for å teste ut produksjon av testfôr og utfôring ved flere av fôrprodusentenes egne forskningsanlegg. En utfordring her vil kunne være at resultatene fra forsøkene ikke er åpne for allmennheten og regnes som forretningshemmeligheter.

Utfordringen på veien til kommersialisering er å gå fra et volum beregnet på testproduksjon i småskala til produksjon av et volum beregnet for et fullskala forsøk. Testingen i småskala tar gjerne 1,5 år, og avgjørelsen om en eventuell videre oppskalering av volumet må tas kort tid etter dette. Underveis oppdages det kanskje nye momenter som også bør testes, slik at det blir behov for enda en runde i småskala, og dermed nye 1,5 år. Deretter kreves det betydelig kapital i form av produksjons- og prosesseringsinfrastruktur, noe som også er tidkrevende. I dag finnes det nasjonalt to private fullskala anlegg der man kan teste ut fôr og sikre eierskapet til egne resultater: LetSea og Gildeskål Forskningsstasjon.



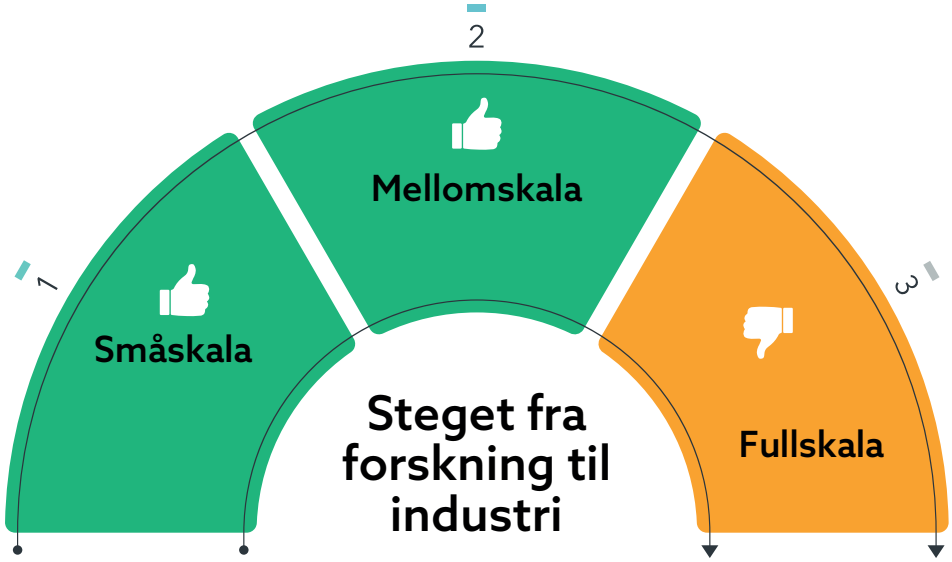
Det utføres kontinuerlig uttesting hos fôrprodusentene. Fôrprodusentene sitter med betydelig kunnskap om ingrediensenes effekt på veksten og helsen hos dyrene. Flere råvareprodusenter samarbeider med fôrselskaper i dag og får innpass av sine ingredienser som inklusjon i fôr. En utfordring for en råvareprodusent som tester ut nye råvarer sammen med et fôrselskap, er å ha åpen tilgang til resultatene fra forsøkene, da disse kan bli ansett som konkurransedrivende kunnskap. På den annen side er det ifølge fôrprodusentene utfordrende å inkludere nye råvarer i fôret som ikke er fullt kommersialisert, da de vil ha en betydelig innvirkning på fôrets pris[132] [133].

132 Personlig kommunikasjon med Pål Arve Dypaune, Skretting. Personlig kommunikasjon med Thomas Johansen, BioMar.
133 Personlig kommunikasjon med Henriette Hansen, LetSea AS.

Forsøksstasjonene LetSea og Gildeskål Forskningsstasjon (GIFAS) jobber med små- og fullskala forsøk for uttesting og validering av fôrråvarer frem til slakteklar størrelse, for verifisering av den biologiske produksjonen og prestasjonen som tilvekst, fôrutnyttelse, fiskehelse med mer. Infrastrukturen til LetSea og GIFAS muliggjør at uttesting i sjø kan utføres i fullskala frem til ferdig slaktevekt.

Begge stasjonene er gode eksempler på selskaper som har inngående kompetanse på hva som skal til for å kommersialisere fôr og hvor krevende det er å oppnå.

Bildet under illustrerer at til tross for at man har etterspørsel i markedet og politisk vilje, så er kapitalbehovet ofte det som blir «dødens dal» på veien mot kommersialisering av nye fôrråvarer. Investorer i privat og offentlig sammenheng vil i større grad bidra inn i en vekstfase, der «konseptbevis» er verifisert. Videre finnes det få tilgjengelige offentlige virkemidler i denne kritiske fasen, noe som medfører at man ikke kommer til steget med full kommersiell produksjon.



VIRKEMIDLER FOR UTTESTING, DOKUMENTASJON, VALIDERING OG KOMMERSIALISERING

Virkemiddelapparatet opererer i de ulike FoU-stadiene, fra grunnforskning til industriell forskning og eksperimentell utvikling. Teknologimodenhet måles ofte på en såkalt TRL-skala. Denne skalaen sier noe om hvor langt man har kommet i utviklingsprosessen, og hvilken dokumentasjon som finnes for teknologiens ytelse, samt på hvilken skala.

Industriell forskning (TRL-nivå 2–4) er planlagt forskning eller kritisk undersøkelse med sikte på erverv av ny kunnskap og ferdigheter, som er nødvendig for å kunne utvikle nye produkter, prosesser eller tjenester eller for å kunne frembringe betydelig forbedring i eksisterende produkter, prosesser og tjenester (dvs. eksperimentell utvikling). Dette innbefatter frembringelse av komponenter til komplekse systemer og kan omfatte konstruksjon av prototyper i et laboratoriemiljø eller i et miljø med simulerte kontaktflater til eksisterende systemer samt pilotlinjer, hvor det måtte være nødvendig for den industrielle forskning og særlig for validering av generisk teknologi. Dekkes normalt av programmene hos Norges forskningsråd mfl.

Eksperimentell utvikling (TRL-nivå 5–7) kan for eksempel omfatte aktiviteter, som er rettet mot konseptformulering, planlegging og dokumentasjon av nye produkter, prosesser eller tjenester. Dekkes normalt av Innovasjon Norge, som unntaksvis dekker nivå 4 og 8, ENOVA m.fl.

Eksperimentell utvikling kan omfatte fremstilling av prototyper, demonstrasjoner, fremstilling av piloter og testing og validering av nye eller forbedrede produkter, prosesser eller tjenester i sammenhenger som er representative for de reelle driftsforhold, med det primære formål teknisk å videreutvikle produkter, prosesser eller tjenester, som ennå ikke har fått sin endelige form. Dette kan omfatte utvikling av en kommersielt anvendelig prototype eller pilot, når dette nødvendigvis må være det endelige produkt, og såfremt den er for kostbar å fremstille til kun å bli brukt til demonstrasjons- og valideringsformål[134].

Grunnlaget for å ta forskningsresultater fra universitets- og høgskolesektoren, forskningsorganisasjoner og forskningsinstitutter videre til kommersialisering gjøres blant annet gjennom teknologioverføringskontorene (TTO).

Mange av råvarene som det refereres til i rapporten, er på stadiet grunnforskning og industriell forskning. Disse må valideres for å kunne utarbeide forretningsgrunnlag og forretningsmodeller som private og offentlige investorer kan vurdere for kommersialiseringsfasen.

134 Innovasjon Norge, Definisjon av teknologimodenhetsnivå (2023).

BEHOV FOR PILOTANLEGG MED TESTING FØR SKALERING OG FULLSKALA PRODUKSJON

Behovet som er formidlet av respondentene, kan oppsummeres med følgende ønsker:

Mobilt og modulært
Det er ønskelig at et pilotanlegg er mobilt og kan transporteres med lastebil/båt til hensiktsmessig lokasjon. Dette for å ivareta nærhet til øvrig infrastruktur og for å sikre god logistikk for biomassen. Pilotanlegget bør kunne passe inn i eksempelvis to 20-fots containere med en alternativ container med aggregat for å sikre nødvendig energi til bioprosesseringen.

Pilotanlegg – innhold/utstyr
For å ivareta flere varianter av prosessering, basert på de ulike bioressursene og produktene nedstrøms, ønskes det et pilotanlegg med en modularitet som gir mulighet for ulike oppsett. Dette øker bruksverdien, og det må undersøkes i hvilken grad det vil påvirke kostnadene til investering og drift.

Konfigurering og forarbeid før sending
Uavhengig av modularitet er det ytret et ønske om at konfigureringen av pilotanlegget må skje før det sendes ut. Respondentene ønsket at pilotanlegget raskest mulig, og til lavest mulig kostnad, blir operativt etter at det har ankommet lokasjonen. På denne måten vil tiden hos brukeren i hovedsak kunne benyttes til testing med justeringer av de ulike stegene i prosessen.

Tjenester/oppsett
Et pilotanlegg for bioprosessering vil kreve spesialkompetanse for oppsett, montering og drift/testing. De fleste respondentene ytrer et ønske om at slik kompetanse bør følge med som tjenester til pilotanlegget. For andre respondenter, som tilbyr pilotanlegg i dag, er det et krav om at kompetanse må medfølge. Dette for å forhindre skader og fare for høyere slitasje ved feil bruk av et slikt dyrt utstyr.

Etterarbeid
Flere respondenter ser det som naturlig å få en tydelig instruks på førstelinjes vedlikehold og rengjøring av pilotanlegg, som leietakeren kan følge på lokasjonen. Det er derimot ønskelig at påfølgende etterarbeid med vedlikehold, tilbakeføring til basisoppsettet samt ytterligere rensing av pilotanlegget inngår i pakkeprisen for leien.

Energi
Lokasjoner for pilotanlegg kan ha manglende tilgang til energi. Dersom energibehovet ikke kan dekkes på lokasjonen, kan det være aktuelt å leie en container med et tilpasset aggregat/batteri fremfor å koble seg på strømnettet eller annen tilgjengelig energiforsyning. Et eksempel på effektbehov til pilotanlegg hos respondent er inntil 115 kW (500 amp i 230 voltnettet).

Pris
Respondenter estimerer at investering i et mobilt pilotanlegg kan ligge på 5–10 MNOK med brukte komponenter (med inndamper, men uten tørke). Med nye deler fra ulike leverandører vil kostnadene lande på 30–80 MNOK for et pilotanlegg. Samtidig må det fordres en pris for bruk av anlegget som råvareprodusentene kan håndtere. Kostnadene i form av leie og personell til å operere utstyret kan medføre en pris som blir utfordrende for en bedrift i oppstartsfasen. Derfor bør det utredes om det kan gis rom for å redusere kostnadene i katapulten, slik at flere kan benytte seg av tilbudet.

Tilgjengelig infrastruktur i dag

Under er det listet opp respondenter som ønsker å tilby kapasitet i sine anlegg. Dette viser et situasjonsbilde på ledig kapasitet og et ønske om mulig utleie i seks pilotanlegg og sju fabrikker. Det er viktig å nevne at det komplette bildet på nasjonalt nivå kan være større, fordi man ikke har vært i kontakt med alle kommersielle anlegg på nasjonal basis.

PILOTANLEGG: TESTINFRASTRUKTUR FOR RÅVARER

I denne rapporten legges det til grunn at et pilotanlegg har en mottakskapasitet på 0,1–3 tonn våt råvare inn per time. I tillegg er det gitt en kort beskrivelse av hva anleggene har av tilgjengelig utstyr.

Mobilt anlegg

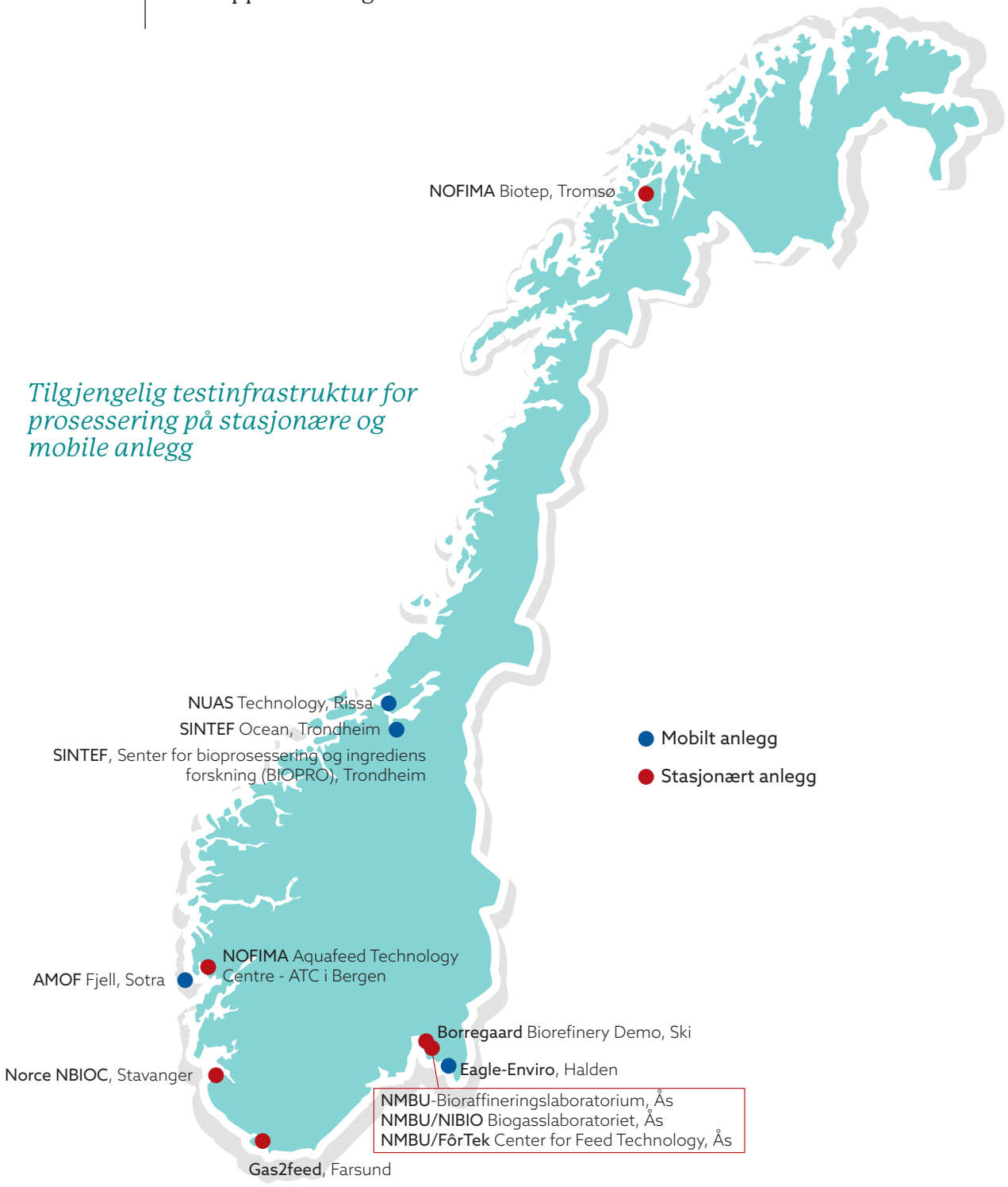
- SINTEF Ocean, Trondheim, Mobile Sealab; termisk separasjon 500–1000 kg råstoff per time, 400–800 liter hydrolyse.
- AMOF-Fjell, Sotra; testtørke på 100 kg per time (11 kvm, stort tørkeareal på 650 kvm), 4,5 tonn råstoff per time, 40 % tørrstoff.
- Eagle Enviro, Halden; membranfiltrering, separasjon, enzymbehandling, automatisk fjernstyring, 100–125 kg restråstoff, 2 batcher per dag.
- NUAS Technology, Rissa; hydrolyse, kvern 1 mm, N2 tilsats i mammutpumpe, omrøring, oksidering, 2 tonn per time, 10 tonn per dag.

Stasjonært anlegg

- Nofima Aquafeed Technology Centre – ATC i Bergen, partnerskap med NORCE og UiB; Pilot Plant, 200–500 kg råstoff i bioreaktor og 50–1000 kg i mikser, ekstruder 200 kg per time.
- Nofima Biotep i Tromsø; 2 stk. hydrolysetanker á 2000 liter, kapasitet på 500 liter per time ut fra hydrolysetanker, 20–30 tonn råstoff per uke.
- Borregaard, Biorefinery Demo i Ski, 1800 liter digester, skrue 9500 liter per time, hydrolyse reaktor 3 stk. á 4500 liter, dekanter 150–1500 liter per time, sentrifuge 250 liter per time,
- 150 000 liter lager, fordamper tar inn opptil 620 kg per time, fermentering på 30, 300 og 3000 liter.

- NMBU-bioraffineringslaboratorium på Ås; hydrolysetanker (2 x 30 L + 200 L), SIP-bioreaktorer (30 L + 100 L), 3-faset separator, anlegg for ultra- og nanofiltrering, microfluidizer og spraytørke.
- NMBU/NIBIO-biogasslaboratorium på Ås; dampeksplosjonsanlegg (temperatur opptil 230 °C, 20 og 100 L reaktorer) og 25 stk. CSTR-biogassreaktorer (10 og 20 L).
- NMBU/FôrTek, Center for Feed Technology på Ås; Twin-screw Extruder 35–800 kg/t, pelletering 250–800 kg/t, formaling med hammermølle og valsemølle, IsDeCa-blanding med mulighet for tilsetning av 55 % væskebasert hydrolysat og batchstørrelse fra 30 kg opptil 1500 kg.

Tilgjengelig testinfrastruktur for prosessering på stasjonære og mobile anlegg



- NORCE NBioC i Stavanger, i partnerskap med NIBIO, Nofima, SINTEF, UiB, UiS og UiT; sukker- og gassbasert fermentering.
- SINTEF Ocean, Senter for bioprosessering og ingrediensforskning (BIOPRO) i Trondheim; 3 reaktorer: 2 stk. 150 liter og én 200 liter, med 3 vakuumsystemer, minimumstrykk på 0,01 mBar, fordamper 3,2 liter per time.
- Gas2feed i Farsund; bakterier, skal over til pilotanlegg medio 2023.

Fabrikkanlegg
Tilgjengelig testinfrastruktur gjennom kommersielle aktører

Det er lagt til grunn at et kommersielt fabrikkanlegg har en mottakskapasitet på mer enn 3 tonn per time råvare inn.

- Vesterålen Marine Oljer, Myre; kapasitet på 30 tonn per time, 7500 tonn per år, utleiekapasitet i mai–desember ca. 2000 tonn. Andre fraksjoner varierer, manuelt arbeid.
- Zooca Calanus AS, Sortland; kapasitet på 10 000 tonn årlig, 100 tonn per uke, 2 tonn per time, utleiekapasitet på ca. 2500 tonn. Kan ta imot flytende og frosset masse, kan kverne og pumpe inn – hydrolyseanlegg – inaktivering – 3-faset dekanter (grovfase).
- Aker Biomarine i Ski; fabrikken har oppstart medio 2023, 200 tonn tørket mel per år, 12–24 kg tørket mel per time, næringsmiddelgodkjent, ledig kapasitet, men uavklart når på året det vil være.
- Norilia, Bioco; råvarer fra kjøtt og fjørfe, inntil 20 000 tonn per år.
- Pelagia i Egersund og Måløy produserer mat, Karmøy, Bodø mfl. produserer fôr; pelagisk fisk, Bodø har mest ledig kapasitet, 1200–1800 tonn per døgn, sommer og høst er mest ledig, prosesserer 100 000 tonn årlig.
- Aquarius, Lovund (Pelagia); ensilasje, årlig kapasitet 150 000 tonn, utleiekapasitet 60 000 tonn årlig.

RAMMEVILKÅR

Taksonomi og finansiering
EUs taksonomi ble lansert av EU-kommisjonen i 2020 og er en bærebjelke i EUs handlingsplan for bærekraftig finans, der EUs grønne vekststrategi (European Green Deal) setter retning og rammer for grønn omstilling. Målsettingen er å flytte kapital og dreie investeringer til mer bærekraftige selskaper og produksjonsformer og å bidra til at EU omstilles til en konkurransedyktig bærekraftig økonomi.

I 2021 ble det utformet nye lovregler i Norge basert på EUs regelverk. Dette gjør at norske selskaper plikter å rapportere om bærekraft både i henhold til EUs regelverk og EØS-avtalen gjennom EUs taksonomiforordning og den nye loven om offentliggjøring av bærekraftsinformasjon i finanssektoren og et rammeverk for bærekraftige investeringer[135].

135 Lov om offentliggjøring av bærekraftsinformasjon i finanssektoren og et rammeverk for bærekraftige investeringer; LOV-1998-07-17-56

Dette definerer hvordan rapportering av bærekraftige aktiviteter skal gjennomføres.

Finansieringsinstitusjonene blir portvakter for taksonomien. Forbrukere og bedrifter som trenger finansiering, kan bli målt med hensyn til i hvilken grad deres aktiviteter blir definert som bærekraftige eller ikke[136].

EU fronter den internasjonale innsatsen for å fremme økonomisk, miljømessig og sosialt bærekraftig utvikling for å møte klimakrisen. En tredjedel av investeringene på 1,8 milliarder euro fra NextGenerationEU Recovery Plan og EUs syvårlige budsjett vil finansiere den europeiske Green Deal[137].

Porteføljestyringen gir en dreining på utlysninger under Pillar Two mot et Triple Helix-samarbeid (akademisk-industri-myndighet). Store samfunnsutfordringer krever tverrfaglighet og et sammensatt innovasjonsmiljø. Dette er en strategisk satsning for å muliggjøre grønn omstilling[138].

Regjeringen følger opp tilsvarende tilnærming som EU i sin satsning på tverrfaglig samarbeid.

«Et samarbeid mellom aktører som bidrar til «crossover» for å utnytte løsninger og kompetanse fra andre bransjer vil bli viktig. Teknologi som har vært benyttet i petroleumsbransjen og maritim næring, utvikles nå til bruk innen havbruk»[139].

De seks miljømålene i EUs taksonomi:



Krav om rapportering på bærekraft

EU-kommisjonen iverksatte 5. januar 2023 lovbestemt bærekraftsrapportering i Europa, Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Det er uklart når direktivforslaget vil kunne tre i kraft i Norge. Alle store foretak og alle morselskaper i store konsern plikter å rapportere om bærekraft. Det er foreslått at rapporteringsplikten også utvides til å gjelde alle børsnoterte små og mellomstore foretak i EØS, med unntak av svært små selskaper (mikroforetak)[140].

136 Nilsen, H. EUs taksonomi for bærekraftig aktivitet, Store norske leksikon (15.02.2022).
137 European commission, Climate, environment, and energy (europa.eu).
138 Rowan, N. et al., Empower Eco multiactor HUB: A triple helix 'academia-industry-authority' approach to creating and sharing potentially disruptive tools for addressing novel and emerging new Green Deal opportunities under a United Nations Sustainable Development Goals framework (2021).
139 Norsk industri, veikart for havbruksnæringen (2017).
140 European commission, Corporate sustainability reporting (europa.eu).

Regulatoriske barrierer
Lover og regler for innsamling, transport, lagring, håndtering, bearbeiding, bruk og deponering av restråstoff til ulike bruksområder evalueres i flere prosjekter. Eksisterende regelverk avgjør hvilken bruk av materialet som er mulig. Særlig regler og forskrifter som regulerer bruken av restråstoff fra fiskeri og havbruk, kan ha utilsiktede virkninger. Kategorien av, toksikologien til og kvaliteten på restråstoffet har stor betydning for om det kan bli brukt som ingredienser i mat eller fôr. Fôrmarkedet består av flere delmarkeder med ulike produktkrav. Proteiner i restråstoff fra laks kan brukes i fôr til andre marine arter enn laks, mens mel og ensilasje fra restråstoff av pelagiske arter og torskefisk inngår i lakseför[141].

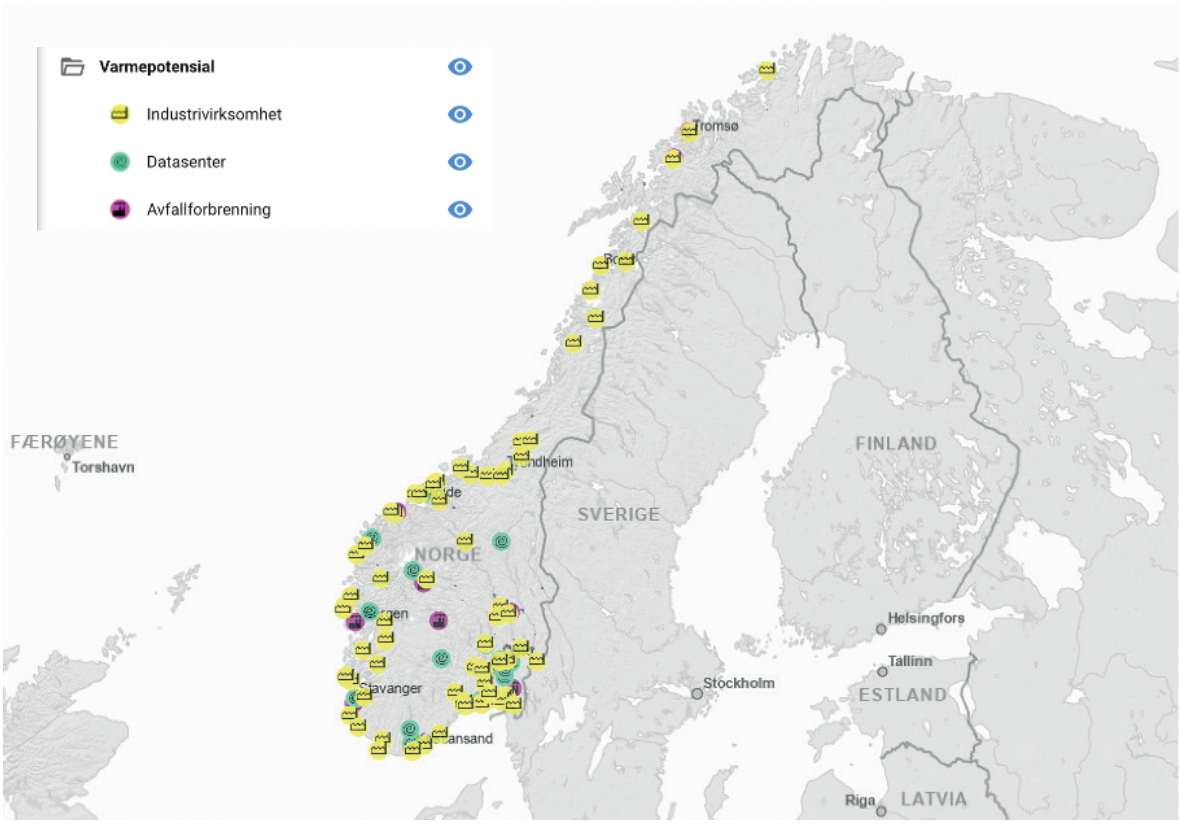
Betraktninger om det videre arbeidet med etablering av ny infrastruktur

Ifølge industrien er det viktig med tilgang på fornybar energi til fullskala industrianlegg for bioprosessering, samt med forutsigbarhet om konkurransedyktig pris og nødvendig effekt. For piloteringsanlegg er ikke tilgang på fornybar energi avgjørende. Mobile pilotanlegg kan gjerne ha en egen container med aggregat som energikilde i en tidsavgrenset testperiode. Det kan likevel være strategisk å tenke samlokalisering av pilotanlegg der det er tilgang på fornybar energi, eller der energioverskudd og spillvarme kan utnyttes. NVE har en tilgjengelig oversikt over spillvarme fra industrivirksomhet, datasentre og avfallsforbrenning[142].

Kartet på neste side viser NVE sin oversikt over spillvarme. Denne oversikten spesifiserer lokasjoner og typen industri, men mangler detaljer om effekt, volum, temperatur, sesongvariasjon og stabilitet.

Spillvarme kan benyttes til prosessering av biologiske ressurser ved ulike temperaturer, f.eks. tørking av slam fra oppdrett og tørking av tare, mens restvarme kan benyttes til oppdrett av tropiske arter som eksempelvis reker og hummer. På denne måten kan uttak av ulike temperaturer inngå i en sirkulær økonomi for ulike brukere som er lokalisert på slike industriområder.

141 Almås, K.A. et al., Bærekraftig fôr til norsk laks (2020).
142 NVEs temakart på temakart.nve.no.



Vi tar med to eksempler for å belyse potensialet i slik energi.

Eksempel 1: Greenspot Mongstad

Det finnes to strømmer av spillvarme på Mongstad. Den totale energien på 85 MW fordeles med 70 % av vannet på 25°C og 30 % av vannstrømmen på 92°C. Hovedkilden til spillvarmen er crackeren til Equinor. Den omdanner høyt kokende oljefraksjoner til lavere kokende hydrokarboner (bensin), for derved å oppnå bedre utnyttelse av oljeråstoffet. Om lag 20 % av spillvarmen skal brukes til oppvarming av bygningsmassen på industriparken Greenspot Mongstad.

Eksempel 2: Elkem Salten Verk

Elkem Salten Verk har 45 MW spillvarme som kommer fra kjølekretsene til de tre ovnene i ferrosilisiumverket. Hver ovn har egen krets, men er koblet sammen. Smoltprodusenten Sisomar mottar ovnskjølevannet i en egen energisentral hvor de veksler kaldt råvann (temperatur på 1,5–8 °C) mot ovnskjølevannet med en temperatur på 35°C. Sisomar mottar 30 kubikk / minutt med energivann gjennom systemet som brukes til oppvarming av produksjonsvannet under produksjonen av 9,5 millioner smolt årlig. Tilsetting av energivann skjer etter at Sisomar internt har varmevekslet avløpsvann mot råvann inn i hver enkelt avdeling. Her blir ca. 80 % av energien hentet ut fra avløpet og overført til råvannet. Det beregnede uttaket av energi på 45 MW brukes utelukkende til produksjon av smolt i dag.

Konklusjoner og implikasjoner

DEN NORSKE AMBISJONEN FREM MOT 2040

Norge har siden etableringen av den norske havbruksnæringen for vel 50 år siden bygget en komplett verdikjede for produksjon av atlantisk laks, fra stamfisk til marked. Dette har skapt en av Norges viktigste industrier, som representerer viktig global matproduksjon, og utvikling av sterke bedriftsmiljøer langs hele kysten vår, noe som har stor betydning for sysselsetting og utvikling av bærekraftige lokalsamfunn. Samtidig har Norge en sterk historie som landbruksnasjon med animalske og vegetabilske produkter.

Regjeringen har gjennom flere strategiske dokumenter satt fokus på å redusere klimaavtrykket og stimulere til produksjon av råvarer basert på norske råstoffer til anvendelse i fôr. Det er ambisiøse mål som er lagt frem mot 2040, og som også ligger som premisser i Hurdalsplattformen og Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning. Ambisjonen er å løfte bærekraftig produksjon av fôringredienser til landbruk og akvakultur.

KUNNSKAPSGRUNNLAGET

Det som kommer frem i denne rapporten, samsvarer i stor grad med eksisterende kunnskapsgrunnlag og støtter opp om tidligere anbefalinger fra blant annet Råvareløftet og Bærekraftig fôr til norsk laks. Dersom en legger til grunn at nye innsatsfaktorer i fôrproduksjon må være konkurransedyktige på pris, vil det i dag kreve en betydelig nasjonal innsats dersom man skal etablere nye verdikjeder som fremskaffer ingredienser til fôr som gir et lavere klimaavtrykk enn dagens råvarer.

Det er i dag identifisert en rekke ingredienser som har potensial til å bidra til utvikling av nye innsatsfaktorer i fôr. Selv om man for flere av ingrediensene har kommet langt i å dokumentere og verifisere enkelte arter som kan anvendes, er potensialet i mange arter ikke avdekket ennå. For at det skal være mulig å anvende disse i kommersiell produksjon, er det behov for betydelige satsing på dokumentasjon av råvarene og på utvikling og verifisering av energieffektiv og automatisert produksjonsteknologi. En av flaskehalsene som må løses for å kunne sikre videre bærekraftig vekst i Norges proteinproduksjon, er å skape tilgang til større volum av ingredienser til fôr som har lavere klimagassutslipp enn dagens råvarer. Dette vil bidra til å sikre større stabilitet i ingrediensmarkedet. Basert på behovet for nye ingredienser er det en ambisjon å skape en ny verdikjede som baserer seg på sirkulære prinsipper ved å høste og dyrke lavt i næringskjeden. En målrettet satsing på å utvikle slike verdikjeder vil kreve stor nasjonal innsats og strategisk satsing gjennom virkemiddelapparatet, der våre forskningsmiljøer og relevante industrielle partnere blir sentrale.

NASJONAL STATLIG SATSING PÅ PRODUKSJON AV INGREDIENSER

Det finnes programmer i dag som delvis dekker behovet for målrettet satsing. Eksempelvis er Bionova et nylig etablert program som nylig er etablert, og som har som mål å bidra til å operasjonalisere det som ble angitt som «mission» for bærekraftig fôr i Langtidsplanen for forskning og høyere utdanning. I dag er tilskuddsrammen til Bionova for bioøkonomiprosjekter på mellom 100 000 og 3 000 000 kr. For at Norge skal nå ambisjonene som er definert frem mot 2040, er det behov for å forsterke slike satsinger betydelig. Det er behov for at slike programmer definerer målsetninger om å utvikle den enkelte råvare/ingrediens til kommersielle bærekraftige produkter. Herunder bør det prioriteres midler som kan bidra til:

- Identifisering, dokumentasjon og utvikling av nye ingredienser til mat, fôr, helsekost med mer.
- Utvidet forskningssatsning på ulike substrater i produksjon av én- og flercellede organismer, herunder slam og biprodukter fra landbruk/havbruk og husholdningsavfall som substrat, med målsetning om å fremskaffe beslutningsgrunnlag til regulatoriske myndigheter.
- Utvidet satsning på utvikling av teknisk og kjemisk prosessering av nye råvarer. Et eksempel på dette er hydrolyse.
- Utvidet produksjonskompetanse der teknologi og biologi samspiller. Et eksempel på dette er dyrkning av éncellefraksjoner og fermentering.
- Livssyklusanalyser (LCA) av råvarene/ingrediensene parallelt med verifisering.
- Kvantifisere bærekraft i energieffektivisering for ulike enhetsoperasjoner

INDUSTRIRETTEDE TILTAK

Det foreligger et stort behov for forskning og utvikling for å fastslå hvilken prosessering som er optimal for hver enkelt av de ulike ingrediensene. Veien mot pilotering og kommersiell skala er utfordrende som følge av behovet for investeringskapital og risikoavlastning til verifikasjons-, produksjons- og prosesseringsfasiliteter. Hver og én av råvarene som det er redegjort for i denne rapporten, krever alle betydelige investeringer for å kunne gå inn i et kommersialiseringsløp. Det er et behov for en nasjonal strategi som omfatter en plan for risikoavlastning, og derfor bør det prioriteres midler til:

- Co-investeringsløp for etablering av fullskala produksjonsfasiliteter.
- Tilrettelegging for synergier med industrihuber i områder som har tilgjengelige innsatsfaktorer, som kan utnyttes i produksjon av nye ingredienser til fôr. Et eksempel på dette kan være prosessindustrien og andre industrielle tyngdepunkter.

Katapultsystemet er dedikert til å begrense risiko i innovasjonssystemet ved å tilby testinfrastruktur til pilotering av produksjon. I arbeidet med

pilotering av nye råvarer som ingrediens i mat, fôr og helsekost med mer kan katapultsatsingen bidra til at det prioriteres ressurser til:

- Validering og dokumentasjon av råvarens effekt som ingrediens i mat, fôr og helsekost (småskala og fullskala).
- Tidsbegrensede konsesjoner for uttesting av ulike resepter med inklusjon av nye fôringredienser.
- Verifisering og etablering av infrastruktur for pilotering av nye produksjonssystemer for høstede og dyrkede råvarer.

I en slik satsing kan man også anvende og gjøre bruk av infrastruktur ved universitets- og høgskolesektoren, forskningsinstituttene, forskningsorganisasjonene, sentrene for forskningsdrevet innovasjon (SFI) samt private forskningsstasjoner. I Nord-Norge vil miljøer som LetSea og GIFAS kunne være viktige bidragsytere for å dokumentere fôrråvarer til akvakultur i sjøen i fullskala.

- Infrastruktur for prosessering av nye råvarer.
- Som følge av at mange av råvarene er i en tidlig fase, er det utfordrende å estimere investeringsnivået som kreves for å møte gjeldende og kommende prosesseringsbehov. Det anbefales derfor å etablere en nasjonal ressursgruppe der innehavere av offentlig og privat testinfrastruktur er representert, med mål om å evaluere investeringsbehov for å sikre full utnyttelse av dagens infrastruktur, samt dekke behovet for ny infrastruktur.
- Det vil være viktig å sørge for nærhet fra råvareproduksjonen til prosessering for å sikre råvarenes kvalitet og holdbarhet.

Nærhet til ressursen har stor betydning: Fra respondentene er det kommunisert behov for å kunne teste ut prosessering av råvarene med mål om å optimalisere ingrediensenes egenskaper. En konkret utfordring er råvarens stabilitet i form av holdbarhet, noe som fordrer at eventuell prosesseringskapasitet må være lokalt tilgjengelig. Noen råvarer kan stabiliseres, men det er lite kjent hvorvidt dette medfører tap av næringsstoffer eller har betydning for kvaliteten på produktet. Norsk katapult kan sammen med industrien tilgjengeliggjøre prosessering av råvarene, og det anbefales at det etableres en nasjonal ressursgruppe der innehavere av offentlig og privat testinfrastruktur, samt aktører innenfor spillvarme og fornybar energi, er representert. Målsettingen må være å evaluere investeringsbehov for å sikre full utnyttelse av dagens infrastruktur, samt dekke behovet for ny infrastruktur.

