

# Utredning av sirkulærøkonomien i sjømatnæringen

FHF faglig rapport

**Forfattere(e)/Author(s):**

Anne Ingeborg Myhr (NORCE), Christian Herheim (Proactima AS), Eivind Opsahl (Proactima AS), Eivind Helland (BluePlanet), Elise Sæle Dahle (Land møter hav/Biotech North), Fiona Provan (NORCE), Jülide Ceren Ahi (NORCE), Line Kjelstrup (Biotech North), Ragnar Tveterås (NORCE/UIS), Renée Katrin Bechmann (NORCE), Torill Blix (NORCE), Ursula Landazuri-Tveteraas (NORCE)

**Rapport nr.** 7-2023, fra NORCE Klima og Miljø



Rapporttittel/ Report title	Utredning av sirkulærøkonomien i sjømatnæringen
Prosjektnummer/ Project No	901772
Institusjon/ Institution	NORCE Klima og Miljø
Oppdragsgiver(e)/ Client(s)	FHF – Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering
Gradering/ Classification:	Åpen
Rapportnr/ Report No.	7-2023, fra NORCE Klima og miljø
ISSN/ ISBN	ISBN nr. 978-82-8408-295-0
Antall sider/ No. of pages	87
Publiseringsdato/ Date of publ.:	September 2023
CC-lisens/ CC-licence	CC-BY
Sitering/ Citation	Myhr, A.I. et al. (2023) Utredning av sirkulærøkonomien i sjømatnæringen. (online) FHF prosjektbase 901772. NORCE Rapport 7-2023. ISBN nr. 978-82-8408-295-0
Bildekreditering/ Photo Credit	Colourbox.com/azgek#41809377
Geografisk område/ Geographical area	Norge
Stikkord/ Keywords	Sirkulærøkonomi, bærekraft, sjømat, fiskeri, havbruk, restråstoff, slam, fôr, plast, natur-positiv
Sammendrag/ Summary	

Utredningen har fremskaffet et bredt kunnskapsgrunnlag for videre arbeid innen sirkulær økonomi i sjømatnæringen. Arbeidet har identifisert status, kunnskapsbehov, muligheter og utfordringer for at næringen skal nå forventningene om sirkulærøkonomi. Det er store muligheter for økt sirkularitet i norsk sjømatproduksjon, men det er også barrierer/hindringer i sjømatnæringen. En bedre utnyttelse av ressurser innen sjømatnæringen, inkludert redusert tap av sjømat og restråstoffer og økt resirkulering av plast og andre materialer, kan føre til flere arbeidsplasser innen næringen selv og tilhørende næringer som landbruk (industriell symbiose) samt nye verdikjeder. Arbeidet viser til at sirkulærøkonomi er mer enn resirkulering. Nøkkelen ligger i å gjenoppbygge ressursgrunnlaget, da kan man høste ressurser i evighetsperspektiv.

## Revisjoner/Revisions

Rev./ Rev.	Dato/ Date	Forfatter/ Author	Kontrollert av/ Checked by	Godkjent av/ Approved by	Årsak til revisjon/ Reason for rev.
---------------	---------------	----------------------	-------------------------------	-----------------------------	--

## Sammendrag

Sluttrapporten oppsummerer gjennomføring og faglige resultater i prosjektet: Utredning av sirkulærøkonomien i sjømatnæringen (SIRKSJØ), finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF). Hensikten med SIRKSJØ-prosjektet har vært å fremskaffe et bredt kunnskapsgrunnlag for videre utvikling av sirkulærøkonomi i sjømatnæringen. Dette har prosjektet løst gjennom å levere en grundig kartlegging av status, kunnskapsbehov, muligheter og utfordringer som skal bidra til at næringen når forventningene om bedre ressursutnyttelse og redusere negative miljøeffekter. Et veikart har blitt utarbeidet for hvordan næringen kan øke de sirkulære verdikjedene.

En tverrfaglig gruppe av forskere har gjennomført prosjektet i nært samarbeid med engasjerte prosjektpartnere, en bredt faglig sammensatt referansegruppe og i tett kontakt med sjømatnæringen, både innenfor fiskeri og havbruk. I prosjektet har ulike metoder blitt brukt, som inkluderer systematisk litteraturgjennomgang og semi-strukturerte intervju. Som en del av prosjektet har det også blitt gjennomført tre workshoper med deltagere fra industri, klynger, virkemiddelapparatet, lokale myndigheter, og universitets-/instituttsektoren. Tre konkrete eksempler ble brukt som tema for disse workshopene: 1) nye bærekraftige *fôrråvarer*, 2) mulighetene for økt sirkularitet hos leverandører til fiskeflåten og i oppdrett, med spesiell vektlegging av *plast*, og 3) trygg bruk av *restråstoff og slam*, og muligheter for oppsirkulering av disse i nye verdikjeder.

Hovedfunnene i prosjektet:

1. **Sirkulærøkonomi som konsept** er komplekst, og ulike forståelser eksisterer i norsk sjømatnæring. Dette støttes også i litteraturen (Kirchherr m.fl. 2017). Generelt ser vi at en overordnet forståelse er at sirkulærøkonomi handler om å redusere avfall og forurensning, ta vare på og foredle ressurser, slik at man kan øke fortjenesten i produksjonen av både biologiske og tekniske produkter. Samtidig handler sirkulærøkonomi om mer enn resirkulering. Det inkluderer også regenerering eller gjenoppbygging av ressursgrunnlaget, slik at man igjen kan hente ut ressurser uten dagens konsekvenser for naturen. For å skape flere sirkulære verdikjeder så kreves det smartere (Rethink/Refuse) design og produksjon, nye forretningsmodeller som dele-løsninger (Reuse), overgang til tjenestebasert økonomi, teknologi som kan bidra til å forlenge levetiden (Repair) på tekniske produkter, samt å ta i bruk flere biologiske og fornybare produkter og produksjonssystemer med lavere miljø- og klimetrykk. Både tekniske og biologiske produkter må designes for enkelt å kunne tas fra hverandre og brukes videre i nye kretsløp og/eller bli nye produkter (Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle). Våre undersøkelser viser at forståelsen for restaurering (Restore) av naturen eller det regenerative aspektet av sirkulærøkonomien mangler i norsk sjømatnæring. Dersom sjømatproduksjon skal kunne anses som natur-positiv må forbruket av ressurser generelt reduseres og restaurering av natur inngå i forståelsen. Det forsterker kompleksiteten ytterligere at næringen jobber med både den biologiske og den tekniske sirkelen, altså biologiske og ikke-biologiske materialer. Sirkulærøkonomi brukes om både biologien og teknologien, metodikken er felles, men utfordringer, barrierer, drivere og løsninger kan være svært ulike som gjør økt sirkularitet utfordrende for sjømatnæringen.

2. **Muligheter:** Det foregår mye forskning og innovasjon i og for norsk sjømatnæring som aktivt knyttes til sirkulærøkonomi. I den biologiske sirkelen er det et særlig søkelys på restråstoff, slam og fôr, mens nye produksjonssystemer for havbruk med mulig redusert ressursforbruk som RAS og IMTA er de viktigste driverne i den tekniske sirkelen. Det finnes også en del initiativer som ser på gjenbruk og oppsamling av tekniske produkter, for eksempel plast fra fiskeriflåten og fra havbruk. Det er store muligheter knyttet til bedre utnyttelse av ressurser som produseres og høstes, i å øke diversitet i produksjonen, og ved å styrke samarbeid på tvers av sektorer. Vi ser også at det ligger muligheter i å utvide forståelsen av begrepet sirkulærøkonomi slik at det også omhandler restaurering av natur, for slik å styrke arbeidet med å flytte sjømatnæringen i en mer natur-positiv retning. Med tilstrekkelig skala i sirkulære verdikjeder vil man kunne oppnå en tilfredsstillende avkastning på investert privat kapital. Mer spesifikt så se er:
  - a. Økt sirkularitet innen den biologiske sirkelen avhengig av at det finnes et marked for nye produkter, teknologi for oppskalering, mer kunnskap om akkumulering av miljøgifter, kjemikalier og patogener knyttet spesielt til bruk av restråstoff og slam, og flere insentiver for økt innovasjon, spesielt for utvikling av høyverdi produkter basert på restråstoff fra fiskeri og havbruk. Det er et behov for nye verdikjeder som ikke én aktør er i stand til å utvikle alene.
  - b. Økt sirkularitet innen den tekniske sirkelen er avhengig av utvikling av nye forretningsmodeller og ny håndtering av innsatsfaktorene (f.eks. metaller, plast og utstyr). Leasing-modeller og tjenestegjøring blir sett på som det utløsende steget etter materialgjenvinning. Det er behov for å utvikle teknologi som vurderer slitasje og materialtretthet, nye logistikk-løsninger for utstyr og materialer, bruk av renere fraksjoner (som for eksempel plasttyper) slik at gjenvinning blir enklere.
3. **Utfordringer:** Det er mange brikker som må på plass for å få den sirkulære økonomien til å fungere. Nye verdikjeder med tilstrekkelig skala i kritiske ledd må etableres for at investeringer skal bli lønnsomme. Med en sirkulær forretningsmodell har en bedrift, spesielt i tidlige faser, større avhengighet og risiko i forhold til bedrifter i verdikjeden som er i konvensjonelle forretningsmodeller. Det varierer i hvilken grad markedet selv kan koordinere etablering av relasjoner mellom bedrifter i verdikjeden og investeringer i kritiske aktiviteter av tilstrekkelig skala, og i hvilken grad myndigheter må bidra med ulike tiltak. Nye produkter må være trygge for at samfunnet skal ta de i bruk. For å få fart kreves det bedre insentiver som kan bidra til å omsette forskning til industri. Det kreves samarbeid mellom aktører og på tvers av grønn og blå sektor for å samlokalisere, oppskalere, utnytte ressursene bedre, få en bredere produksjon, samt slutte sirkelen og bidra til gjenoppbygging av naturen. Tilgang til finansiering og risikoavlastning kan være avgjørende. Styrket sporbarhet og bedre deling av data kan gi grunnlag for hensiktsmessig plassering av ilandføring, mottak eller oppsirkulering av biomasse og materialer. Der er behov for oppdaterte reguleringer for bruk av restråstoff til human kost, fôr eller som gjødsel.

4. **Kunnskapsbehov:** Det mangler i dag kunnskap om forekomst av giftstoffer, uønskede kjemikaler og patogener i sirkulære verdikjeder, samt om hvordan en best kan redusere eller fjerne disse for å fremme biosikkerhet. Dette er informasjon som også er viktig for å skape gode standarder og som også kan brukes for å oppdatere eller revidere regelverk (f.eks. gjødselsforskriften og bruk av animalske restråstoff). Det trengs mer data om energibruk og om biologiske og tekniske materialstrømmer, samt om klimaavtrykk for sirkulære verdikjeder. Ny teknologi som kunstig intelligens, optikk/sensorer, og genredigering kan bidra til økt ressursutnyttelse og bør undersøkes nærmere innen den sirkulære økonomien. For å få til bedre samarbeid og innovasjon kreves det mer deling av kunnskap og data på tvers av sektorer. Det er også behov for mer kunnskap om forutsetninger for at bedrifter skal iverksette sirkulære forretningsmodeller gjennom investeringsbeslutninger som kan øke/ redusere deres avhengighet og risiko knyttet til andre bedrifter i den sirkulære verdikjeden. Det bør etableres en standard for sirkularitet for å kvantifisere økt sirkularitet og redusert avtrykk, samt indikatorer for sirkulær sjømat.
5. **Behov for fremtiden:** Det trengs insentiver for å øke den økonomiske lønnsomheten til sirkulære løsninger, mer forskning og innovasjon knyttet til å redusere både forbruk og avtrykk, premiering av sirkulære aktiviteter, samkjøring av aktiviteter i arealplanlegging for å unngå konflikter og for å øke effektiviteten. Det er behov for økt samarbeid og verdikjedekoordinerings samt, der det er mulig, å samlokalisere for å bygge industrielle symbioser for å få til både effektiv energi utnyttelse og skalering av produksjon. Åpne innovasjonsprosesser hvor ulike aktører er involvert vil bidra til mer samskaping og mulig bredere sirkulære verdikjeder. Nye forretningsmodeller som bygger på at materialene som skal inngå i produksjon skal ha lang levetid og lett kunne ombrukes eller gjenbrukes i nye kretsløp (smart design og produksjon) bør utvikles. Det er flere klynger som jobber på tvers av initiativ, og som inkluderer fag- og forskningsorganisasjoner. Slike klynger bidrar til at det fremskaffes ny kunnskap og samarbeid på tvers hvor ressurser og sidestrømmer kan utnyttes maksimalt.

Prosjektet undersøkte også hvilke muligheter og utfordringer EUs taksonomi for bærekraft vil ha for næringen, samt tanker rundt hvordan sirkularitet skal sikre miljømessig bærekraft og håndtering av tap av biologisk mangfold. EU taksonomien er lite kjent blant aktørene og de som kjenner til den avventer retningslinjer for sjømatproduksjonen.

I prosjektet har vi også vært opptatt av at nye sirkulære verdikjeder bør minimere både klima- og miljøavtrykket, og til og med utvikles til naturpositive forretningsmodeller. Det utarbeidede veikartet vil gi en strategisk retning for videreutvikling av den sirkulære økonomien i sjømatnæringen.

Ansvarlig prosjektleder har vært NORCE, og prosjektet har blitt utført i samarbeid med Proactima AS, BioTech North, Land møter hav og Blue Planet. Prosjektet ble gjennomført i perioden 2022 til 2023.

## Summary

This report summarizes the implementation and scientific results of the project: Investigation of the circular economy in the seafood industry (SIRKSJØ), funded by the Norwegian Seafood Research Fund (FHF). The objective of the SIRKSJØ project has been to obtain a broad knowledge base for further development of the circular economy in the seafood industry. The project has solved this by delivering a thorough mapping of the status, knowledge needs, opportunities, and challenges that will help the industry meeting the expectations of better resource utilization and at the same time reducing negative environmental effects. A roadmap has been prepared for how the industry can increase the circular value chains.

An interdisciplinary group of researchers has carried out the project in close collaboration with committed project partners, a broad professional reference group and in close contact with the seafood industry, both within fisheries and aquaculture. In the project, various methods have been used, which include a systematic literature review and semi-structured interviews. As part of the project, three workshops have been conducted with participants from industry, clusters, funding agencies, local governments, and the university/institute sector. Three specific examples were used as the theme for these workshops: a) new sustainable feed raw materials, b) the possibilities for increased circularity among suppliers to the fishing fleet and in aquaculture, with special emphasis on plastic, and c) the safe use of residual raw materials and sludge, and opportunities for upcycling material in new value chains.

The main findings of the project include:

1. **Circular economy as a concept** is complex, and different understandings exist in the Norwegian seafood industry. This is also supported in the literature (Kircherr m.fl. 2017). In general, we see that an overall understanding is that circular economy is about reducing waste and pollution, conserving and refining resources, so that profits can be increased in the production of both biological and technical products. At the same time, circular economy is about more than recycling. It also includes the regeneration or reconstruction of the natural resources, so that resources can again be extracted without the current consequences for nature. To create more circular value chains, there is a need of smarter (Rethink/Refuse) design and production, new business models such as sharing solutions (Reuse), a transition to a service-based economy, technology that can contribute to extending the lifespan (Repair) of technical products, as well as a move to the use of more biological and renewable products and production systems with a lower footprint. Both technical and biological products must be designed to be easily taken apart and used further in new circles and/or become new products (Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle). Our research shows that understanding of the restoration (Restore) of nature or the regenerative aspect of the circular economy is lacking in the Norwegian seafood industry. If seafood production is to be considered positive for nature, the consumption of resources must generally be reduced, and the restoration of nature needs to be included in the understanding. The complexity is further enhanced by the fact that the industry works within both the biological and the technical circle, i.e., biological, and non-biological materials. Circular economy is used for both biology and technology, the methodology is common, but challenges,

barriers, drivers, and solutions can be very different, which makes increased circularity challenging for the seafood industry.

2. **Opportunities:** There is a lot of research and innovation taking place in and for the Norwegian seafood industry which is actively linked to the circular economy. In the biological circle, there is a particular focus on residual raw material, sludge, and feed, while new production systems for aquaculture with reduced resource use such as RAS and IMTA are the most important drivers in the technical circle. There are also several initiatives that look at the reuse and collection of technical products, for example plastic from the fishing fleet and from aquaculture. There are great opportunities linked to better utilization of resources that are produced and harvested, in increasing diversity in production and by strengthening collaboration across sectors. We also see that there are opportunities in expanding the understanding of the concept of circular economy so that it also covers restoration of nature, which will strengthen the move of the seafood industry in a more nature-positive direction. With sufficient scale in circular value chains, it will be possible to achieve a satisfactory return on invested private capital. More specifically:
  - a. Increased circularity within the biological cycle depends on that there is a market for new products, technology for scaling up, more knowledge about the accumulation of environmental toxins, chemicals and pathogens linked to the use of residual raw materials and sludge, and more incentives for increased innovation, especially for the development of high-value products based on residual raw materials from fisheries and aquaculture. There is a need for new value chains that demands more than on single actor for further development.
  - b. Increased circularity within the technical circle depends on the development of new business models and new ways of handling the input factors (e.g., metals, plastics, and equipment). Leasing models and servicing are seen as the triggering step after material recycling. There is a need to develop technology that assesses wear and material fatigue, new logistics solutions for equipment and materials, and the use of cleaner fractions (as for example of plastic types) so that recycling becomes easier.
3. **Challenges:** There are many pieces that need to be in place to accelerate the circular economy. A critical step for new value chains is establishment of sufficient scale for investments to be profitable. With a circular business model, a company, especially in early stages, has greater dependency and risk in relation to other companies in the value chain that are in conventional business models. It varies to what extent the market itself can coordinate the establishment of relationships between companies in the value chain and with investments in critical activities of sufficient scale, and to what extent authorities must contribute with various measures. New products must be safe for society to adopt them. To gain momentum, better incentives are required to translate research into industry. Cooperation between actors and across the green and blue sectors is required to co-locate, for scale up, make better use of resources, get a wider production, as well as close the circle and contribute to the reconstruction of nature. Access to financing and risk mitigation can be crucial. Strengthened traceability and better sharing of data can provide a basis for appropriate placement of landing, receiving, or recirculation of biomass



and materials. There is a need for updated regulations for the use of residual raw material for human consumption, feed, or fertilizer.

4. **Knowledge gaps:** There is currently a lack of knowledge about the presence of toxins, unwanted chemicals, and pathogens in circular value chains, as well as how best to reduce or remove these to promote biosafety. This is information that is important for creating good standards and which can also be used to update or revise regulations (e.g., the fertilizer regulations and the use of animal residual raw materials). More data is needed on energy use and on biological and technical material flows, as well as on the climate footprint of circular value chains. New technology such as artificial intelligence, optics/sensors, and gene editing can contribute to increased resource utilization and should be investigated in more detail within the circular economy. To bring about better collaboration and innovation, more sharing of knowledge and data across sectors is required. There is also a need for more knowledge about the prerequisites for companies to implement circular business models through investment decisions that can increase/reduce their dependency and risks linked to other companies in the circular value chain. A standard for circularity should be established to quantify increased circularity and reduced footprint, as well as indicators for circular seafood.
5. **Future needs:** Incentives are needed to increase the economic profitability of circular solutions, for more research and innovation related to reducing both consumption and footprint, for rewarding circular activities, and for coordination of activities in areal planning to avoid conflicts and to increase efficiency. There is a need for increased cooperation and value chain coordination as well as, where possible, to co-locate with the purpose build industrial symbioses to achieve both efficient energy utilization and scaling of production. Open innovation processes where different actors are involved will contribute to more co-creation and possible wider circular value chains. New business models are needed that are based on production of materials that have a long life and that can easily be reused in new circles (smart design and production) should be developed. There are several clusters that work across initiatives, and which include a variety of organisations. Such clusters contribute to the acquisition of new knowledge and collaboration across, where resources and side streams can be utilized to the maximum.

The project also examined the opportunities and challenges the EU taxonomy for sustainability will have for the industry, as well as thoughts about how circularity should ensure environmental sustainability and manage biodiversity loss. The EU taxonomy is little known among the actors, and those who know about it are awaiting guidelines for the seafood production.

In the project, we have also highlighted that new circular value chains should minimise both the climate and environmental footprint and even be developed into nature-positive business models. The roadmap will provide a strategic direction for further development of the circular economy in the seafood industry.

The responsible project manager has been NORCE, and the project has been carried out in collaboration with Proactima AS, BioTech North, Land meets Ocean, and Blue Planet. The project was carried out in 2022 and 2023.



## Innhold

Sammendrag.....	2
Summary.....	5
Innledning .....	9
1.1    Faglig bakgrunn.....	9
1.2    Muligheter for økt sirkularitet i sjømatnæringen.....	9
1.3    EUs Grønn giv strategi, taksonomi og indikatorer for sirkulærhet.....	14
1.4    Strategisk satsing hos FHF .....	15
1.5    Prosjektets omfang.....	15
1.6    Prosjektorganisering.....	16
2    Problemstilling og formål .....	17
2.1    Prosjektets effektmål.....	17
2.2    Prosjektets resultatmål.....	17
3    Prosjektgjennomføring .....	19
3.1    Metoder.....	19
3.2    Gjennomføring av prosjektet.....	19
4    Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon .....	27
4.1    Detaljert oversikt over oppnådde resultater .....	27
4.1.1    Funn og resultater fra arbeidspakke 1.....	27
4.1.2    Funn og resultater fra arbeidspakke 2.....	33
4.1.3    Funn og resultater fra arbeidspakke 3.....	39
4.1.4    Funn og resultater fra arbeidspakke 4.....	53
4.1.5    Funn og resultater fra arbeidspakke 5.....	59
4.2    Vurdering av funnene .....	60
4.3    Videre bruk av resultater fra prosjektet .....	63
5    Hovedfunn .....	65
6    Referanser .....	66
7    Leveranser .....	74
8    Vedlegg.....	75
8.1    Vedlegg 1: Rapporter fra workshops .....	75
8.2    Vedlegg 2: Forslag til indikatorer for sirkularitet knyttet til 9R+ rammeverket .....	86

## Innledning

### 1.1 Faglig bakgrunn

Den nasjonale strategien om sirkulærøkonomi (Regjeringen, 2021) viser til at fiskeri og akvakultur er næringer som har et stort uforløst potensial for økt sirkularitet både internt, og eksternt i samarbeid med andre (industriell symbiose). Sirkulærøkonomi for mat bør etterligne naturens egne økosystemer hvor avfall ikke eksisterer, men i stedet blir benyttet i andre næringskjeder. Råstoff og restråstoff bør være uten forurensing slik at de kan benyttes i alternative verdikjeder (Vang m.fl. 2021), og målet bør være at matproduksjon skal basere seg på fornybare ressurser.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i at den sirkulære økonomien innen sjømatproduksjon kan deles i den biologiske og den tekniske sirkelen slik disse er definert i BioDigSirk rapporten (Nærings- og fiskeridepartementet, m.fl. 2023):

- Sirkularitet i den biologiske sirkelen er bruk og gjenbruk av råstoff og restråstoff, slik at man sikrer høyest mulig verdiutnyttelse av tilgjengelige bioråstoffer, og reduserer mengden av råstoff med foredlingspotensiale som klassifiseres som avfall eller brukes til lavverdiformal. Spesielt relevant her er restråstoff fra fiskeri og havbruk, fôr, slam, samt bruk av muliggjørende teknologier og nye driftsformer innen akvakultur.
- Sirkularitet i den tekniske sirkelen er bruk og gjenbruk av tekniske materialer, slik at man sikrer lavest mulig svinn av ikke-nedbrytbart råstoff i naturen, og sikrer høyest mulig gjenbruk/gjenvinning av tekniske ressurser. Spesielt relevant her er plastbruk og resirkulering av teknisk utstyr fra fiskeri og havbruk samt overgang til mer miljøvennlige driftsformer.

### 1.2 Muligheter for økt sirkularitet i sjømatnæringen

Denne rapporten tok som utgangspunkt i følgende tema for økt sirkularitet i sjømatnæringen:

**Bearbeiding av produkter fra sjømat før transport og bedre utnyttelse av marint restråstoff:** Økt sirkularitet innen sjømatnæringen kan oppnås ved å hindre matsvinn samt øke utnyttelsen av marint restråstoff. I rapporten «Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien» fra 2022 poengterte et utvalg oppnevnt av Fiskeri- og næringsdepartementet at økt bruk av restråstoff har økonomiske, etiske og miljømessige gevinster (Nærings- og fiskeridepartementet 2022). Totalt utnyttet 85 % av restråstoffet i sjømatnæringen, men det er variasjon mellom artsgrupper - hvitfisksektoren ca. 58 %, pelagisk 100 %, havbruk ca. 93 %, og skalldyr 62 % (sluttrapport Myhre 2020-2022). Dødelighet i lakseproduksjonen (16,1 % i 2022 og 15,2 % i 2021 sjøfasen) samt ørretproduksjon (17,1 % i 2022 i sjøfasen) (Sommerset m.fl. 2023) vitner om potensiale for økt verdiskaping og mer bærekraftig produksjon dersom søkelys settes på økt fiskehelse og velferd.

Sirkulære verdikjeder innen havbruk har et bedre utgangspunkt enn fiskeri i og med det er a) relativt konsentrert produksjon på land, b) produksjon av store mengder fisk i konsentrerte områder i sjø, og c) i tillegg er antall aktører i verdikjeden relativt oversiktlige og færre sammenlignet med fiskeri.

Fiskeri har større avstand til land samtidig som at det er en spredt mottaksstruktur som utgjør en barriere for økt utnyttelse av restråstoffet.

For å hindre matsvinn og å oppnå økt utnyttelse av restråstoff står sjømatnæringen ovenfor ulike utfordringer knyttet til marked for nye produkter, i forhold til relevante forskrifter og regler for håndtering, samt usikkerhet knyttet til innovasjons kostnader, tilgjengelighet av råstoff, samt produktkonservering og logistikk (Myhre 2020-2022). Andre deler av potensialet ligger i å tenke nytt om eksisterende bruk av råstoff, restråstoff og tilhørende verdikjeder. For eksempel, makrell og laks eksporteres ofte som hel fisk hvilket medfører begrensninger på nasjonal verdiskaping. Større råstoffutnyttelse kan økes ved å ta i bruk nye teknologiske løsninger for produksjon av fiskemel og olje ombord på fabrikktrålere (Vang m. fl. 2021), og bedre system for levering, lagring og salg. Bedre utnyttelse av restråstoff inkluderer optimering av enzymbehandlinger og oppskaleringsprosesser. Det er også et potensiale i å produsere mer høyverdige produkter fra restråvarene enn det som gjøres i dag.

**Fôr - klimaavtrykk og bruk av fornybare ressurser:** Både globalt og nasjonalt er det forventet at akvakultur står for en større del av marin matproduksjon i fremtiden. Dette vil kreve økt produksjon av bærekraftig fôr og dermed økt utnyttelse av tilgjengelige, fornybare ressurser og areal. Den norske regjeringen har løftet behovet ved å lansere samfunnsoppdraget på bærekraftig fôr i revidert Langtidsplan for forskning og utdanning (Kunnskapsdepartementet 2022). Fôr til norsk laks står for omtrent 75-80 % av alle klimagassutslippene for laks som ikke fraktes til markedet med fly (Winther m.fl. 2020). For å redusere klimaavtrykket fra lakseoppdrett må fokus ligge på lavutslippsteknologi og bruk av fornybare råstoff - en sentral tematikk innen sirkulær økonomi.

I norsk lakseproduksjon er 92 % av råstoffet som brukes i fôr importert. I rapporten Råvareløftet vises det til at fôrindustriens og havbruksnæringens bruk av fôrråvarer som villfisk og soya må ned, og at en del av svaret vil være overgang til høsting av nye marine råstoff, dyrking av fôrkomponenter, og utnyttelse av biprodukter (Bjordal m.fl. 2022). Det vises til at det er et behov for en større satsing på forskning på nye og bærekraftige fôrråvarer, samt støtteordninger til oppskalering og industrialisering. Potensialet for nye fôrråvarer ligger i insektsmel, encelleprotein, og mikroalger der restråstoff, CO<sub>2</sub> og avfallsstrømmer kan brukes som innsatsfaktor (Almås m. fl. 2023). Dette er fôrråvarer som kun utgjør 0,4 % av fôringredienser i norsk lakseproduksjon i dag (Aas m.fl. 2022). Det er behov for mer kunnskap om hvordan bruk av restråstoff i fôr vil påvirke klimagassutslipp og hvilken innvirkning bruk av slike ingredienser har på fôrfaktor og på dyrevelferd. Albrektsen m. fl. (2022) viser også til at det er muligheter og utfordringer knyttet til oppskaleringmuligheter for produksjon av fôr samt i forhold til bruk av ny teknologi for utvikling av nye fôringredienser. Ifølge Balsells m.fl. (2022) vil en økning i sirkularitet innen fôrproduksjon være et avgjørende bidrag for å øke sirkularitet innen lakseoppdrett. Her er det en rekke tekniske utfordringer knyttet til fôrutnyttelse, tilpasning av energiinnhold, utvikling av metoder for oppsamling av overskuddsfôr som også må løses. I tillegg er det regulatoriske utfordringer som blir viktig å belyse i kontekst av norsk sjømatproduksjon knyttet til biosikkerhet.

**Oppsamling av slam og gjenbruk av fosfor og nitrogen fra havbruk:** Lakseoppdrett (eller fiskeoppdrett) skaper og slipper ut slam fra fôrspill og faeces i smoltproduksjon og sjøfasen. I 2019 utgjorde utslippene totalt 227 219 tonn karbon, 66 925 tonn nitrogen og 14 149 tonn fosfor

(Hilmarsen m.fl. 2021). Dette utgjør det største utslippet av løste næringsalter i Norge i dag, og har mulig lokale negative miljøpåvirkninger (Hilmarsen m.fl. 2021). Oppsamlet slam brukes blant annet i landbruk som gjødsel (Aas og Åsgård 2017), biogass og jordforbedring (Hilmarsen m.fl. 2021). Potensialet for økt utnyttelse av slam er stort, men vil variere med produksjonsform. For semi-lukkede anlegg i sjø vil det være begrensninger knyttet til hvor mye som kan samles opp (mellom 15-18 % av totalt organisk karbon) på grunn av at det består av løste næringsalter og små partikler. For store landbaserte resirkulerende akvakultursystem (RAS) vil mulighetene være bedre for oppsamling av slam og fôrrester samt for å etablere renseanlegg som fanger opp nitrogen og fosfor. I tillegg er det spørsmål knyttet til kjemikalier, giftstoffer og patogener ved utnyttelse av slam til terrestrisk og marin fôrproduksjon som må besvares (SINTEF 2022). Hilmarsen m.fl. (2021) peker på kunnskapshull knyttet til økt utnyttelse av slam, samt regulatoriske barrierer.

**Plastbruk og resirkulering av teknisk utstyr fra fiskeri og havbruk:** I 2021 ble regjeringens plaststrategi lansert med ambisiøse mål knyttet til verdikjeden for plast (Klima- og miljødepartementet 2021). Verdikjeden skal bli mer bærekraftig og det skal utvikles plastprodukter uten helse- og miljøfarlige kjemikalier som enklere kan gjenvinnes. Det er et mål å utnytte nedbrytbare råvarer i nye plastprodukt. Plast finnes i mange materialer og i forskjellige sammensetninger. Det beste systemet i Norge for resirkulering av plast er av emballasje som poser, folie, begre, bokser og flasker av plast, og i 2021 ble 28 % av all plastemballasje resirkulert, mens resten ble sendt til forbrenning eller deponert (ved for eksempel på åpen fylling eller nedgravd) (miljostatus.miljodirektoratet.no). Det totale forbruket av plast i Norge var i 2021 på omtrent 900 tonn hvor emballasje utgjør den største kategorien (omtrent 242 000 tonn) (Systemiq m.fl. 2023).

Tall for sjømatproduksjon viser at det i 2021 ble brukt 44 tonn plast med lang levetid (40 tonn innen akvakultur og 4 tonn innen fiskeri) (Systemiq m.fl. 2023), i tillegg er det også et forbruk av plast som faller inn under kategorien plastemballasje (plast med kort levetid). Innen sjømatproduksjon finnes det i dag ikke gode tall på årlig forbruk og behandling av avfall fra plastprodukter til marin sektor (Syversen m.fl. 2023), og det antas at utstyr blir sendt til materialgjenvinning, men også forbrenning, og deponi. En global avtale mot plastavfall er forventet i 2024, og vil bli et historisk skille i det globale arbeidet mot plastforurensning som Norge er en sterk pådriver for.

En studie av Milios m.fl. (2018) om resirkulering av plast i de nordiske landene påpekte at det er et sterkt behov for verdikjedekoordinerings, etterfulgt av behov for økte investeringer i innovasjon og teknologiutvikling innen for eksempel sorteringskapasitet og økt mekanisk samt kjemisk gjenvinning (Systemiq m.fl. 2023). Milios m.fl. identifiserte at barrierer inkluderer mangel på både tilbud og etterspørsel av resirkulert plast, samt et fragmentert marked for gjenbruksmaterialer. Dette indikerer et behov for supplerende tiltak som offentlige anskaffelser for ressurseffektivitet, forbud mot forbrenning av resirkulerbare materialer, og spesifikasjoner av plastprodukter for å ikke repressere for mange ulike polymere stoffer.

**Overgang til fornybare energikilder (biodrivstoff) og elektrifisering av havgående fartøy:** Regjeringen stiller krav om lav- og nullutslippsløsninger for skipsfart, inkludert fôringsflåter (Nærings- og fiskeridepartementet 2020, Jacobsen m.fl. 2020, Thompson m.fl. 2022). For å utvikle bærekraftige løsninger for lavutslippsteknologi vil det være krav til bruk av fornybare ressurser knyttet til utvikling av vindkraft og andre nye energisystemer. Økonomiske og tekniske barrierer

knyttet til en slik utvikling bør belyses. Videre er det et stort søkelys på bruk av slam fra fiskeri og havbruk til nasjonal biogassproduksjon. Kun 26 % av eksportert substrat fra fiskeri og havbruk brukes til biogassproduksjon. Det er tekniske utfordringer knyttet til oppsamling og saltinnhold i slam, samt spørsmål knyttet til bærekraft som er sentrale problemstillinger knyttet til biogassproduksjon og sirkularitet.

**Driftsformer som RAS (resirkulerende akvakultursystemer) og IMTA (integrrert multitrofisk akvakultur):** I tråd med sirkulære prinsipper og for å redusere det miljømessige fotavtrykket til havbruksnæringen er det hensiktsmessig med gjenbruk av utslipp, og da til produksjon av høyverdiprodukter som for eksempel mat. IMTA er en produksjonsform med samproduksjon av to eller flere arter fra ulike trofisknivå. I norsk sammenheng vil dette primært være laks, der organiske strømmen er næring til skjell og uorganiske utslipp utgjør næring til tare (Chopin m.fl. 2012).

Det fremstår som sentralt å vurdere muligheter knyttet til ulike arter i norsk sammenheng, muligheter knyttet til IMTA i RAS-anlegg og muligheter knyttet til muliggjørende teknologi for å dokumentere næringsstrømmer samt om dette kan bidra til reduksjon av akkumulering av uønskede utslipp. Oppsamling og gjenbruk av organisk utslipp forutsetter en primærproduksjon der en unngår utslipp av medisinrester, uønskede kjemikalier og giftstoffer, som mulig vil kunne oppkonsentreres i alger eller skjell.

RAS-basert oppdrett i lukkede landanlegg der vann gjenbrukes fremstilles som en effektiv måte å produsere smolt, da særlig postsmolt med lav ressursbruk. Lukkede produksjonssystemer gir generelt en god mulighet for å redusere bruk av kjemikalier, medisiner, miljøgifter, og vil hindre luseangrep, samt er en unik mulighet for å samle slam til videreforedling (Ytrestøyl m.fl. 2020). Likevel er det også problematiske sider med lukkede anlegg som arealbehov på land, tilgang på vann av god kvalitet, og energibehov, som har ført til at en også undersøker bruk av semi-lukkede anlegg i sjøen. For sirkulære verdikjeder er det utfordringer i forhold til tekniske, biologiske og økonomiske barrierer i lukket produksjon. Samtidig er dette produksjonssystemer som fremmer samlokalisering av oppdrett med næring som kan nyttiggjøre seg av avfallsstrømmer, og hvor energi til lukket produksjon kan være basert på fornybare ressurser.

**Bruk av muliggjørende teknologier som digitalisering, maskinlæring, og genredigering:** Digitalisering vil kunne bidra til å øke effektivitet og daglig drift innen sjømatnæringen. Dette gjelder generelt da digitalisering av ulike verdikjeder vil være viktig for å muliggjøre datainnsamling slik at informasjon kan samles og deles. Digitalisering vil være viktig for eksempel for bildeanalyse innen akvakulturnæringen som kan brukes for å si noe om fôrutnyttelse, dyrevelferd osv. Digitalisering og maskinlæring vil også være nødvendig for oppskalering og optimalisering av andre prosesser innen næringen, som for eksempel fôrproduksjon.

En annen muliggjørende teknologi er genteknologi. Nye genteknologiske verktøy som CRISPR åpner for å gjøre mer målrettede og raske endringer i nye fôrklær, samt i avlsarbeidet. Norske prosjekter jobber med steril laks for å hindre innblanding i villaksbestandene ved rømming (Güralp m.fl. 2020), og laks som er resistent mot lus og virale sykdommer (Nofima 2021 a,b), og hvordan produksjon av omega-3 i laksen er påvirket av arv og fôr (Datsomor m.fl. 2019). Mattilsynet godkjente i 2023 en genmodifisert rapsplante (Aquaterra) som produserer langkjedete omega-3 fettsyrer som ellers

vanligvis utvinnes av marine organismer (Mattilsynet 2023). Genredigering og genmodifisering er også teknologier som kan brukes innen fermenteringsprosesser for å fremme mikrobiell produksjon av spesifikke fôrråvarer (presisjonsfermentering). I 2023 la et offentlig utvalg ut rapport om genteknologi hvor et flertall ønsker å unnta bruk av genredigering fra regulering i de tilfeller der det ikke tilføres eksterne gener, mens et mindretall ønsker en mer modernisert lov (NOU 2023:18). Denne utredningen skal ut på høring og vil behandles av regjeringen i 2024. Dette betyr at det er dagens genteknologilov som gjelder og denne tilsier at produktet må merkes som GMO, som for eksempel genredigert laks eller genmodifisert fôr. Dyr som har fått slikt fôr ikke trenger ikke å merkes. Denne typen muligjgjørende teknologi åpner spørsmål knyttet til etisk forsvarlig husdyrhold, aksept i samfunnet og markedet, og hva som er bærekraftig.

**Bevaring av biologisk mangfold:** Tap av biologisk mangfold anses som en naturkrise på lik linje med klimakrisen. En overgang til sirkulærøkonomi lanseres som en farbar vei for å håndtere de fem driverne for tap av mangfold (Ellen MacArthur Foundation 2021). Naturpanelets svar på de fem hoved drivere for tap av natur i havet er (IPBES 2019) (1) forvaltning av naturressurser og arter på for å unngå overhøsting (fiske), (2) bedre forvaltning av arealbruk for å unngå tap av natur, (3) reduksjon av klimagassutslipp for å sinke klimaendringen, (4) design uten miljøgifter/utslipp for å unngå forurensning, og (5) håndtering av invaderende arter og deres vektorer. I fremtiden vil de negative effektene av klimaendringene mest sannsynlig få større betydning for tap av biologisk mangfold. Hvordan sjømatnæringen skal jobbe aktivt for å reversere tap av natur og biologisk mangfold er et sentralt spørsmål som bør besvares.

Natur-positivitet ble nylig foreslått som ledende konsept for multi-laterale miljøavtaler, bærekraftsmålene og næringsliv (Locke m.fl. 2020). I 2022 ble FNs Naturavtale inngått og per juli 2023 er det 193 land som har sluttet seg til denne avtalen som handler om å redde og bevare natur- og biomangfoldet i verden. Norge vil utarbeide en nasjonal handlingsplan innen første halvdel av 2024 med hensyn på hvordan en skal nå målene i naturavtalen (BirdLife-Norge m.fl. n.d.). Norsk sjømatproduksjon vil direkte bli påvirket av dette ved at 30 % av havområder skal bevares og vernes.

Naturpositivitet henger godt sammen med sirkulærøkonomi og viser at en må arbeide mot redusert forbruk, at det må tas strengere miljøhensyn, vern av mer natur, samt etablering av nye forretningsmodeller og former for næringsaktivitet. En omlegging til sirkulærøkonomi kan føre til nye forretningsmodeller og markedsmuligheter samt bidra til å redusere eksponeringen for naturrisiko (Deloitte 2022). Dette er særlig relevant for sjømatnæringens fôrproduksjon, multitrofisk produksjon og tareoppdrett (Ellen MacArthur Foundation 2021). En forståelse av sirkularitet i et natur-positivt rammeverk er at matproduksjonen skal være positivt for naturen. I en sirkulær økonomi bør målet være at matproduksjon skal basere seg på fornybare ressurser, og at matprodukter designes ved å bruke oppsirkulerte og naturbyggende (regenerative) ingredienser. Den positive effekten produksjon og industri har på naturen skal øke over tid, hvor sirkulærøkonomi handler om å oppsirkulere produkter, slik at alle verdikjeder er lukkede og forgrenede (Braungart m.fl. 2007).

**Insentiver og regulering:** Myndighetene kan både øke og redusere økonomisk risiko og investeringsattraktivitet. Det er derfor viktig å forstå hvilke roller myndighetenes politikk spiller. Det er ønskelig å forstå hvilke effekter eksisterende politiske rammebetingelser har, og hvordan myndighetene kan redusere «markedssvikt» og øke effektiviteten i verdikjeden gjennom endringer

i skatter/avgifter/subsidier, standarder, forsknings- og innovasjonsvirkemidler, incentiver og andre reguleringer.

Ifølge rapporten *Circularity GAP report Norway* var kun 2,4 av norsk økonomi sirkulær i 2020 mens gjennomsnittet er 8,8 % på verdensbasis (de Wit 2020). Samme rapport viser til at materialfotavtrykket må ned og at med innstas og virkemidler kan sirkularitet generelt økes til 46 %. Selv om rapporten ikke ser spesifikt på sjømatproduksjon så viser den til behov for bærekraftig fôr, sertifiseringssystem for fisk, lengre levetid og resirkulering av materialer (de Wit 2020). En av anbefalingene fra BioDigSirk-prosjektet som ble gjennomført etter oppdrag fra Klima- og miljødepartementet, Nærings- og fiskeridepartementet og Landbruks- og matdepartementet er at det er behov for en bedre oversikt i Norge over råvareflyt, raffineringsteknologi, hvor stor andel som faktisk kan anses å være sirkulær, og hvilken miljøpåvirkning sjømat har (Nærings- og fiskeridepartementet m.fl. 2023). Dette arbeidet har primært sett på bioøkonomien og viser til at det bør videre utvikles og iverksettes standarder for bærekraft og miljøpåvirkninger som skal gi bedre data om grad av sirkularitet, ressursstrømdiagram for råvarer, råstoff-foredling og behandling på ulike nivå (som kommune, fylke, region og nasjonalt nivå).

Anbefalingene fra BioDigSirk-prosjektet viser til at det er behov for stimulerende tiltak (som piloter) og økt pris på restråstoff for å styrke verdiskapingen spesielt innen bionæringene. Økonomiske incentiver løftes frem som et behov, for eksempel at skatte- og avgiftsmessige tiltak kan være med på å fremme etterspørselen og konkurransevnen til bruk av restråstoff. For å bygge et velfungerende markedssystem så vises det til at myndigheter og næringene må samarbeide, og at dette systemet må inkludere rammebetingelser, standarder og verktøy som stimulerer til verdiskapning. Mest sannsynlig må sjømatnæringen også forholde seg til EUs taksonomi og dens seks definerte mål.

### 1.3 EUs Grønn giv strategi, taksonomi og indikatorer for sirkularitet

EUs vekststrategi Grønn giv («The European Green Deal», EC 2019) er høyst relevant for norsk sjømatindustri. EUs plan ligger i front internasjonalt; den er en sektorovergripende og viktig del av EUs implementering av FNs Agenda 2030 og de 17 bærekraftsmålene, særlig mål 12 Ansvarlig forbruk og produksjon. Hovedmålsettingene med jord-til-bord (Farm-to-Fork) strategien som del av Grønn giv er å gjøre matproduksjonssystemene rettferdige, sunne, og miljøvennlige. Blant de spesifikke målsettingene er prioritering av matproduksjonssystemer som har nøytral eller positiv påvirkning på miljøet, og er tilpasset endringer i klimaet. Jord-til-bord strategien legger dermed premisset for en bredere implementering av sirkulærøkonomi. I Norges posisjonsnotat til EUs Grønn giv fremheves ambisjonen om å redusere klimagassutslipp fra shipping og fiskeri med 50 % innen 2030 (Utenriksdepartementet, 2021), og til strategien for Matnasjonen Norge (Landbruks- og matdepartementet m.fl. 2021), hvor mål er å sikre matvaresikkerhet, ernæring og folkehelse og øke produksjon av trygg og sunn sjømat. Nærings- og fiskeridepartementet (2021, 2022) har en ambisjon om å gjøre sjømatnæringen grønnere bl.a. gjennom økt lokal bearbeiding, og bedre utnyttelse av restråstoff.

EUs taksonomiforordning har til hensikt å legge til rette for finansiering av aktiviteter som er grønne i tråd med Agenda 2030, og har et klassifiseringssystem med objektive kriterier for hva som



defineres som en bærekraftig økonomisk aktivitet og virksomhet (EC 2023). Taksonomien skal gi Europa en felles forståelse av hvilke aktiviteter som kan defineres som miljømessig bærekraftige. Forordningen vil bli lovgivende i EU og regjeringen arbeider med opptak i EØS-avtalen. Taksonomiforordningen har seks definerte miljømål: 1) Begrensning av klimaendringene, 2) Tilpasning til klimaendringene, 3) Vann og marine ressurser skal beskyttes og brukes på en bærekraftig måte, 4) Økonomien skal omstilles til en sirkulær økonomi, 5) Forebygging og kontrollering av forurensning, og 6) Biologisk mangfold og økosystemer skal beskyttes og gjenopprettes

Foreløpig er ikke sjømatnæringen dekket av EUs taksonomi, men antas å bli klassifisert i løpet av de neste årene. Det vil bli sentralt for næringen å kunne dokumentere at den opererer slik at den har positiv innvirkning på minst et av målene og ikke har negativ påvirkning på resterende mål.

I forbindelse med EUs Grønne Giv forpliktet EU-kommisjonen seg til å legge frem en handlingsplan som skal fremme sirkulær økonomi. For å måle klimanøytralitet, bevaring av naturressurser, og null forurensning har EU utviklet indikatorer om sirkulær økonomi (Miljødirektoratet 2023). Disse indikatorene sorterer under fem hovedgrupper: 1) Produksjon og forbruk, 2) Avfallshåndtering, 3) Sekundære råvarer, 4) konkurranseevne og innovasjon, og 5) Global bærekraft og motstandsdyktighet. Hvordan disse skal iverksettes for sjømat næringen må utarbeides.

## 1.4 Strategisk satsing hos FHF

Sirkulærøkonomi er en strategisk satsing hos FHF, og de viser til at sirkulærøkonomien er et prinsipp for økonomisk virksomhet som har som mål at ressurser forblir i økonomien lengst mulig (FHF 2022). Dette ønskes oppnådd ved å redusere råvarebruk, avfall, utslipp og energiforbruk til et minimum. Operasjonaliseringen av sirkulærøkonomi vil påvirke hvordan samfunnet og forbrukerne vurderer produkter og tjenester og hvilke rammebetingelser og muligheter for utvikling en sektor har. Et eksempel på dette er sirkulærøkonomi som miljømål nummer 5 i EUs taksonomi (EC 2023). Dette er relevant for norsk sjømatnæring, og for næringen har det dermed stor betydning å sikre at virksomheten og produktene tilfredsstillt kravene til sirkulærøkonomi.

FHF har i dag prioriteringer og aktiviteter på flere delområder som er direkte bidrag til sirkulærøkonomi i næringen, det gjelder ikke minst marint restråstoff i villfisknæringen og arbeidet med registrering av matsvinn i sjømatindustrien. Det gjelder også sirkulærøkonomi innen havbruk ved identifisering, oppsamling og utnyttelse av biologisk materiale fra utslipp. Bakgrunn for at FHF ønsket å sette i gang dette prosjektet var et behov for en kunnskapsstatus i forhold til sirkulærøkonomi innenfor sjømatnæringen. Det var et ønske å fremskaffe en status og hvilke krav som stilles, samt hvordan næringen kan tilpasse seg for å nå forventninger om sirkulærøkonomi.

## 1.5 Prosjektets omfang

Prosjektet har vært gjennomført i perioden høsten 2022 til høsten 2023 innenfor en totalramme på NOK 4,7 millioner. Hovedmål med prosjektet har vært å utrede norsk sjømatnærings posisjon innen den sirkulære økonomien, vurdere potensialet for større verdiskaping og bedre ressursutnyttelse

gjennom tilpasning til sirkulærøkonomien, samt identifisere fremtidig utfordringer for næringen knyttet til sirkulærøkonomien. Prosjektet inkluderer fem separate arbeidspakker:

1. Kartlegging av kunnskapsstatus og identifisere pågående FoU innen sirkulærøkonomi i sjømatnæringen (ledet av NORCE),
2. Avklare krav knyttet til sirkulærøkonomi (ledet av Proactima AS),
3. Beskrive status i dag og behov for tilpasninger or å nå den sirkulære økonomien innen sjømatnæringen (ledet av NORCE),
4. Kartlegge kunnskapsbehov knyttet til den sirkulære økonomien i sjømatnæringene (ledet av NORCE),
5. Utarbeide et veikart (ledet av NORCE), samt formidling.

## 1.6 Prosjektorganisering

Prosjektet har vært ledet av NORCE i tett dialog med FHF og referansegruppen, og utført sammen med samarbeidspartnerne Proactima, BioTechNorth, Land møter Hav, og BluePlanet. Ansvarlig prosjektleder hos NORCE har vært Anne Ingeborg Myhr som har ledet prosjektet sammen med Fiona Provan. Prosjekteier og partnere har bidratt med et godt kvalifisert og bredt sammensatt team i prosjektet. Se tabell 1 for oversikt over prosjektgruppen, samt tabell 2 for oversikt over referansegruppen. Prosjektleder har hatt fire møter med referansegruppen for å få innspill og tilbakemelding på prosjekttilnærming, resultater og fremstilling av resultater inkludert veikartet. Eirik Ruud Sigstadstø har vært prosjektansvarlig fra FHF.

**Tabell 1.** Prosjektgruppe

Navn	Institusjon og tittel
Jülide Ceren Ahi	NORCE-Norwegian Research Centre, Helse og Samfunn, forsker II
Renée Katrin Bechmann	NORCE-Norwegian Research Centre, Klima og miljø, forsker II
Torill Blix	NORCE-Norwegian Research Centre, Klima og miljø, forsker III
Ursula Landazuri-Tveterås	NORCE-Norwegian Research Centre, Helse og Samfunn, forsker II
Ragnar Tveterås	NORCE-Norwegian Research Centre, Helse og Samfunn, forsker I
Fiona Provan	NORCE-Norwegian Research Centre, Klima og miljø, avd.leder
Anne Ingeborg Myhr	NORCE-Norwegian Research Centre, Klima og miljø, avd.leder
Elisa Sæle Dahle	Land møter hav / BioTech North, prosjektleder
Line Kjelstrup	BioTech North, klyngeleder
Christian Herheim	Proactima, konsulent Bærekraft og omstilling
Eivind Opsahl	Proactima, konsulent Bærekraft og omstilling
Eivind Helland	BluePlanet, CEO

**Tabell 2.** Referansegruppen

Navn	Selskap/organisasjon
Ina Kvalsvik Jakobsen	Næringshagen Midt-Troms AS, forretningsutvikler
Jostein Iversen	Grieg Seafood, Global Sustainability Advisor
Jørgen Mjønes	SalMar Aker Ocean forretningsanalytiker
Kay Ove Hafsås	Fiskebåt, rådgiver
Linda Beate Jensen	Skretting Aquaculture Research Centre, seniorforsker
Maria Pettersvik Arvnes	Norges Fiskarlag, seniorrådgiver

## 2 Problemstilling og formål

Hovedmålet med prosjektet har vært å utrede status for sirkulærøkonomi i den norske sjømatnæringen, potensialet for større verdiskapning og bedre ressursutnyttelse gjennom tilpasning til sirkulærøkonomien, samt identifisere mulige fremtidig utfordringer for næringen knyttet til sirkulærøkonomien.

### 2.1 Prosjektets effektmål

Utredningens hensikt var å fremskaffe et bredt kunnskapsgrunnlag for videre arbeid innen sirkulærøkonomi i sjømatnæringen. Formålet var å identifisere status, kunnskapsbehov, muligheter og utfordringer for at næringen skal nå forventningene om sirkulærøkonomi. Fremtidig næringsnytte er viktig for utvikling av mer sirkulære verdikjeder. Prosjektet har derfor hatt nær kontakt med industriklynger og representanter fra ulike aktører innen sjømatindustrien da disse bidrar med viktig innsikt og kunnskap om ulike sektorer. Med prosjektet ønskes det å frembringe en større forståelse av næringsmulighetene og barrierer/hindringer i sjømatnæringen og om potensialet for økt sirkularitet i norsk sjømatproduksjon. En bedre utnyttelse av ressurser innen sjømatnæringen, inkludert redusert tap av sjømat og restråstoffer og økt resirkulering av plast og andre materialer, kan føre til flere arbeidsplasser innen næringen selv og tilhørende næringer som landbruk gjennom industriell symbiose, samt nye verdikjeder. Det kan dessuten føre til lavere miljø- og klima-avtrykk samt økt nasjonal mat- og førsikkerhet.

Prosjektet viser til kunnskapsbehov og leverer forslag til forbedringer i virkemiddelapparatet for økt sirkularitet i næringen, og har også utviklet et veikart for å gi en strategisk retning for videreutvikling av den sirkulære økonomien i sjømatnæringene. Dette kan være med å hjelpe næringen med å tilpasse seg FN's bærekraftsmål 9: Innovasjon og infrastruktur, 12: Ansvarlig forbruk og produksjon, 13: Stoppe klimaendringene og 14: Liv under vann.

### 2.2 Prosjektets resultatmål

Det har gjennom SIRKSJØ vært et mål å bidra med følgende overordnede resultater (se tabell 3 for resultatmål):

- Oppdatert kunnskapsstatus og identifikasjon av pågående norsk FoU knyttet til sirkulærøkonomi i sjømatnæringen
- Beskrivelse av tilpasninger som må gjøres for å oppnå større grad av sirkulærøkonomi i sjømatnæringen
- Å kartlegge kunnskapsbehov knyttet til den sirkulære økonomien i sjømatnæringen
- Forslag til veikart for økt sirkularitet i sjømatnæringen

**Tabell 3.** Detaljert oversikt over resultatmål for de enkelte arbeidspakkene

AP	Resultatmål	Beskrivelse
<b>AP1</b>	1.1	Analyse av kunnskapsstatus, prosjekter og krav for sirkulærøkonomien i norsk sjømatnæring
	1.2	Oversikt over norske aktører innen sirkulær økonomi og deres FoU aktiviteter
<b>AP2</b>	2.1	Gjennomføre intervjuer med klynger og aktører
	2.2	Analyse av intervjuer
<b>AP3</b>	3.1	Analyse av funn i AP 1 og 2 med hensyn på om det finnes økonomiske barrierer som kan hindre deres realisering
	3.2	Analyse av rammebetingelser og virkemidler for å stimulere sirkulærøkonomien ved bruk av eksempel (slam) og intervjuer
<b>AP4</b>	4.1	Workshop avholdt i Stavanger, Bergen og Tromsø med aktører i sjømatnæringen for tilbakemelding på funn AP1-3 og for å identifisere fremtidsmuligheter
	4.2	Rapporter fra workshops
<b>AP5</b>	5.1	Vitenskapelig artikkel innsendt til tidsskrift og fagrapport til FHF basert på resultater fra AP1-AP4.
	5.2	Veikart ferdigstilt og overlevert til FHF, næring og forvaltning

## 3 Prosjektgjennomføring

### 3.1 Metoder

Prosjektet er utført av en tverrfaglig prosjektgruppe og inkluderte sterk involvering av aktører fra klynger og sjømatnæringen.

Følgende metoder ble brukt i gjennomføringen av prosjektet:

- Litteraturgjennomgang
- Analyse av litteratur (kvantitativ), herunder utarbeiding av kriterier for analyse av prosjekter
- Kvalitative intervjuer og koding av disse
- Dialog med aktører
- Workshops med relevante aktører

Ovennevnte metoder er valgt for å gi et bredest mulig kunnskapsgrunnlag som utgangspunkt for å beskrive status i dag, samt for å identifisere muligheter og hindringer for den sirkulære økonomien innen fiskeri og havbruk. Intervjuutvalg og -guider, samtykkeskjema, samt lagring av data i prosjektet er innmeldt til SIKT.

### 3.2 Gjennomføring av prosjektet

Prosjektet ble utført i fem arbeidspakker (AP-er):

#### ***AP 1: Kunnskapsstatus for sirkulær økonomi*** (ledet og utført av NORCE)

*Leveranser:*

- a) Analyse av kunnskapsstatus og krav for den sirkulære økonomien i sjømatnæringen, for både forskning og utvikling, og
- b) Oversikt over norske aktører innen den sirkulære økonomien og deres FoU-aktiviteter.

*Metode:* Litteraturgjennomgang basert på anbefalinger fra PRISMA (Page m.fl. 2021). Hovedvekt i denne arbeidspakken ble lagt på å kartlegge status for forskning og innovasjon i perioden 2017-2023 og for å forstå hvilke aktiviteter som i dag anses bidra til sirkulærøkonomi innen FoU. Et systematisk søk ble gjennomført på nettsidene til 34 ulike institusjoner/organisasjoner, med ulike søkeord for sjømatproduksjon (e.g., fiskeri, akvakultur) kombinert med varianter av ordene sirkularitet/gjenbruk/resirkulering. Ulike kombinasjoner ble benyttet da ikke alle søkemotorene gav treff på enkeltord.

Alle søketreff (totalt 667) ble gjennomgått basert på tittel ev. sammendrag i første runde. I andre runde ble fulltekst analysert for relevans, og resultatene redusert til 163. I denne runden ble en liste med eksklusjons- og inklusjonskriterier benyttet, der eksklusjonskriteriene var ikke norsk-finansiert, ikke sirkularitet som tema, ikke havbruk eller fiskeri i fokus (kun nevnt) og duplikater, mens

inkluskjonskriteriene var sjømatproduksjon (havbruk og fiskeri), norsk fokus/finansiering, samt sirkularitet som overordnet mål/hensikt med studie.

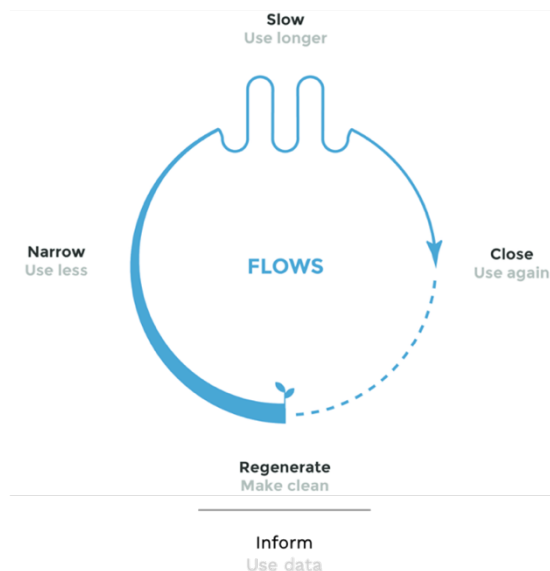
Funn fra det systematiske søket ble kategorisert i forhold til tema: a) biologiske materialer og produksjonsstrømmer, og b) tekniske materialer og produksjonsstrømmer, og analysert i et rammeverk oppdelt i R-er.

### **Rammeverk med 9R-er + Restaurering**

Prosjektet har fulgt definisjonen av sirkulærøkonomi fra Ellen MacArthur Foundation: «Eliminer avfall og forurensning, sirkuler produkter og materialer, regenerer natur» (Ellen MacArthur Foundation (2021)). Innenfor disse rammene har vi anvendt et rammeverk for å kategorisere FoU-aktivitetens grad av sirkularitet. Det er laget flere ulike rammeverk som forklarer ulike strategier for å gå fra lineærøkonomi til sirkulærøkonomi (se e.g. Reike m.fl. 2018, Morseletto 2020). Rammeverkene har mellom tre og ti strategier (R'er) og hensikten er å vise hvilke sirkulære strategier som passer best for å redusere forbruk av ressurser og materialer og å redusere mengden avfall.

I SIRKSJØ-prosjektet har vi valgt å bruke et rammeverk med ti ulike strategier (R0-R9) for å organisere resultatene fra det strukturerte litteratursøket i arbeidspakke 1 (Kirchherr m.fl. 2017, Potting m.fl. 2017). Rammeverket er en inndeling av grader sirkularitet, fra lineært til sirkulært (Kirchherr m.fl. 2017), se figur 1. Videre har vi inkludert en ekstra strategi kalt R+ (Restore) i rammeverket. Dette er en strategi for å restaurere natur som direkte eller indirekte er skadet på som følge av høsting eller produksjon av sjømat.

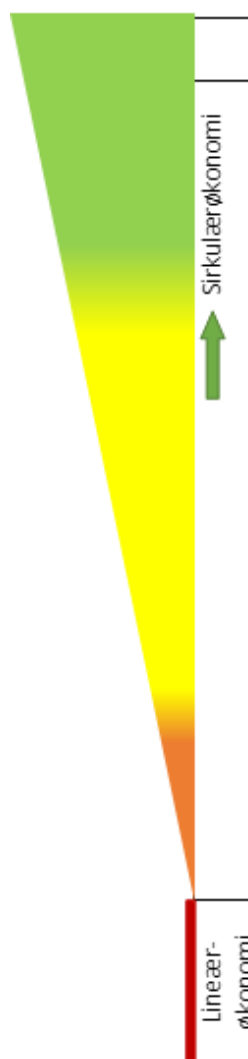
**Figur 1.** Illustrasjon fra Konietzko m.fl. (2020) som viser sirkulærøkonomi gjennom begrepene senke, slanke, lukke, og regenerere.



I tillegg har vi hensyn tatt begrepene Konietzko m.fl. (2020) bruker for å forklare sirkulæreøkonomi; a) Slanke – bruke mindre, b) Senke – få ressursene til å vare lengre, c) Lukke – ikke la avfall gå til spille, og d) Regenerere – gjenoppbygge ressursgrunnlaget. Gjenoppbygging er nøkkelen til å oppnå sirkularitet, dersom ressursgrunnlaget gjenoppbygges kan man høste ressurser i et

evighetsperspektiv. Begrepet e) Informere – bruke data, handler om digitaliseringens rolle i å akselerere sirkulærøkonomien. Transparens, sporbarhet og datadeling på tvers av sektor og verdikjeder kan være avgjørende for overgangen til sirkulære verdikjeder.

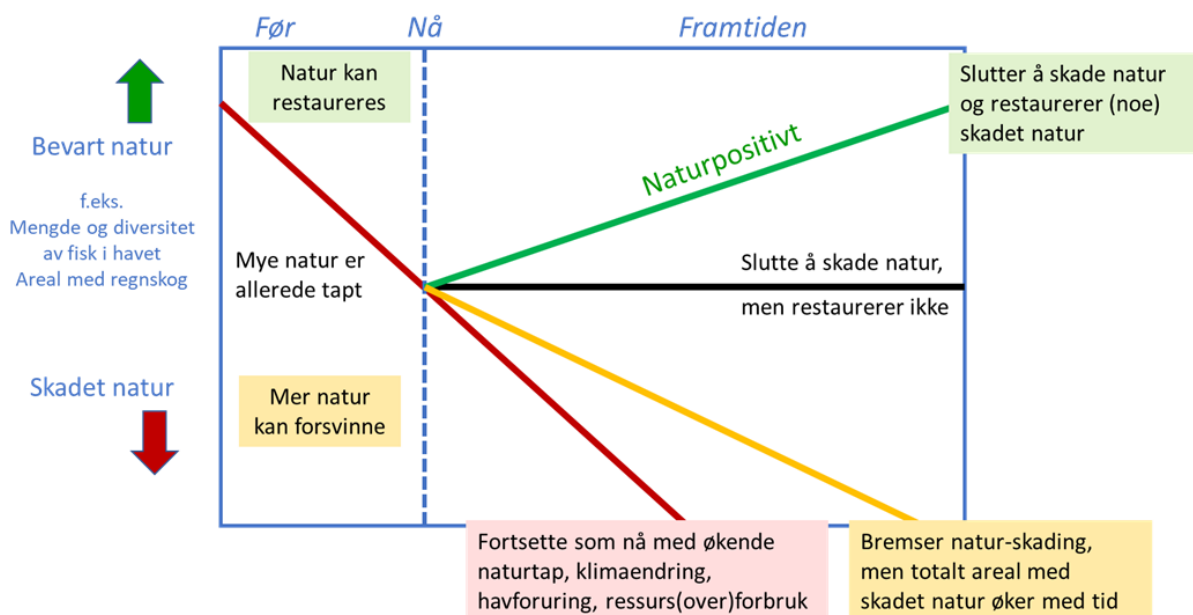
**Tabell 4.** Prioritert rekkefølge av de sirkulære strategiene (R0-R9; Kirchherr m.fl. (2017), Potting m.fl. (2017)). I SIRKSJØ har vi lagt til en ekstra R+ (Restore) som er relevant for den nye Naturavtalen og for naturpositivitet.



	Forenklet strategi	Strategi (R)		Detaljert strategi (forklaring av R-ene)
Sirkulærøkonomi	Smartere produksjon og bruk av produktet	<b>Restore</b>	R+	Restaurere natur som har blitt skadet pga produksjon og bruk av produktet
		<b>Refuse</b> Klare seg uten	R0	Gjøre produktet overflødig
		<b>Rethink</b> Tenke på nytt	R1	Gjøre produktbruken mer intensiv, f.eks. ved å dele produktet
		<b>Reduce</b> Redusere	R2	Økt effektivitet i produksjon eller bruk av produktet ved å forbruke færre naturressurser og materialer
	Forlenge levetiden til produktet og delene det består av	<b>Reuse</b> Gjenbruke	R3	Gjenbruk av en annen forbruker av kassert produkt som fortsatt er i god stand og oppfyller sin opprinnelige funksjon
		<b>Repair</b> Reparere	R4	Reparasjon og vedlikehold av defekt produkt slik at det kan brukes med sin opprinnelige funksjon
		<b>Refurbish</b> Pusse opp	R5	Pusse opp og fornye et gammelt produkt
		<b>Remanufacture</b>	R6	Bruke deler av kassert produkt i et nytt produkt med samme funksjon
	Nyttig bruk av materialer	<b>Repurpose</b>	R7	Bruke kassert produkt eller deler av det i et nytt produkt med en annen funksjon
		<b>Recycle</b> Resirkulere	R8	Bearbeide materialer i avfallet for å oppnå produkter med høy kvalitet (oppsirkulering) eller lavere kvalitet (resirkulering)
<b>Recover</b> Gjenvinne		R9	Forbrenning av materiale med energigjenvinning	
Lineærøkonomi	Avfalls-håndtering	<b>Forbrenning</b>		Forbrenning av avfall uten gjenvinning av energi
		<b>Deponering</b>		Legge avfall på deponi
	Ingen avfalls-håndtering	<b>Forurensning</b>		Slippe avfall rett ut i havet

Den foreslåtte R+ er relevant i forhold til FNs Naturavtale (Klima- og miljødepartementet 2023), og sentral for å kunne oppnå naturpositivitet i en næring. R-ene peker på at i en sirkulær økonomi er målet at matproduksjon skal basere seg på fornybare ressurser. Siden økt sirkularitet skal ha redusert negativ effekt på naturen, kan en mulig forståelse og kategorisering av sirkularitet være basert på et natur-positivt rammeverk. En slik forståelse innebærer at matproduksjon skal være positivt for naturen. Natur-positivitet ble nylig foreslått som veiledende konsept for multi-laterale miljøavtaler, FNs bærekraftsmål og næringsliv (DeLoitte 2022, Locke m.fl. 2020). Figur 2 illustrerer hva naturpositivitet er.





**Figur 2.** Naturpositivitet – «Restore» i Tabell 4. Illustrasjon av hva naturpositivt betyr. På x-aksen er det tid. Den stiplede vertikale linjen viser hvor vi er i dag og til høyre er ulike scenarier for framtiden. Mye natur er allerede tapt, og mer kan forsvinne i årene som kommer, men det er mulig å bremse naturtap og det er mulig å restaurere noe av naturen som er skadet. Hvis forurensning og overforbruk av ikke-fornybare og fornybare ressurser fortsetter vil mer natur forsvinne med negative effekter på naturen og økosystemtjenestene mennesker er avhengige av. Et eksempel er nedhugging av Amazonas. Det å bremse hogsten gjør at det tar litt lenger tid før skogen forsvinner, men det går fremdeles feil vei. Det er positivt at hogsten bremses, men for å være naturpositivt må man både stoppe hogst og restaurere deler av skogen.

Norsk-finansierte prosjekter, rapporter og artikler om sirkulærøkonomi og sjømat fra de siste fem årene ble sortert etter hvilken sirkulærøkonomi-strategi (R) de setter søkelys på som beskrevet i Tabell 4 og utdypet i Tabell 5 og 6. Tabell 5 og 6 viser eksempler på aktiviteter som ble brukt som veiledende under analyse av resultatene, altså representerer ikke disse funn i prosjektet. Tabell 4 viser den prioriterte rekkefølgen av de sirkulære strategiene R0-R9. Smartere produksjon og bruk av produkter, samt reduksjon av forbruk (R0-R2) er viktigere for å oppnå sirkularitet enn å forlenge levetiden til produktet og delene det består av (R3-R7). Resirkulering av materialer og energigjenvinning fra forbrenning (R8-R9) har lavest prioritet (Potting m.fl. 2017).

### Den biologiske syklusen

I den biologiske syklusen er smartere produksjon og bruk av produktet (R0-R2) det viktigste, selv om resirkulering og gjenvinning av energi også er positivt (tabell 5). I dette prosjektet har vi definert at forlenget levetid (R3-R7) er ikke relevant for den biologiske syklusen, fordi denne syklusen først og fremst inkluderer organiske produkter som skal konsumeres som mat, fôr, og andre høyverdi produkter eller som gjødsel eller forbrenningsressurser. Organiske innsatsfaktorer til produksjon av sjømat dreier seg hovedsakelig om fôr til oppdrettsfisk. Organisk avfall fra høsting/produksjon av sjømat inkluderer følgende: restråstoff fra fiskeri og havbruk; fiskeslam (feces og fôr) fra akvakultur; matavfall fra lagring, transport, butikker, restauranter, forbrukere; død laks og rensfisk (ensilering, en slags matavfall); og bifangst og spøkelsesfiske (en slags matavfall/tapt liv).

**Tabell 5.** Tabellen viser hvordan vi har scoret R for prosjekter og litteratur som setter søkelys på sirkulærøkonomi for selve sjømaten, de organiske innsatsfaktorene og organisk avfall fra høsting og produksjon av sjømat.

Strategi: <b>R</b>		<b>+</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>		
Organiske innsatsfaktorer <b>Sjømat</b> Organisk avfall	Restore													
	Refuse													
	Rethink													
	Reduce													
	Reuse													
	Repair													
	Refurbish													
	Remanufacture													
	Repurpose													
	Recycle													
	Recover													
	Deposit													
	Discharge													
<b>Sirkulærøkonomi</b>														
<b>Selve sjømaten og organiske innsatsfaktorer (fôr til laks)</b>														
→ Restaurere havområder som er påvirket av bunntåling/fiskeri/akvakultur	x													
→ Restaurere områder på land brukt til å produsere fôr-ingredienser (f.eks. Amazonas)	x													
→ Restaurere overfiskede bestander	x													
→ Restaurere arter som er påvirket av lakseoppdrett (f.eks. villaks)	x													
→ Slutte å produsere sjømat (ikke relevant)		x												
→ Høste/produsere sjømat/fôr-ingredienser med lavere klima- og miljø-fotavtrykk			x											
→ Tenke nytt for å redusere matsvinn			x	x										
→ Bruke ny teknologi for å redusere behovet for fôr til laks			x	x										
→ Redusere høsting/produksjon av sjømat/fôr-ingredienser (f.eks. bytte laks med blåskjell)			x	x										
<b>Organisk avfall fra sjømatindustrien *</b>														
→ Bruke til mat			x	x										
→ Bruke som fôr											x			
→ Dyrke fôr-ingredienser på avfall											x			
→ Bruke til gjødning											x			
→ Dyrke fôr-ingredienser <i>in situ</i> : IMTA											x			x
→ Produsere biogass (energigjenvinning)												x		
→ Deponere på land (avfallshåndtering)													x	
→ Avfall dumpes i havet/naturen (feces, fôr, restråstoff, patogener, rømt laks, kjemikalier, makro-/mikro-plast, GHG) = forurensning														x

### Den tekniske syklusen

Ting eller tekniske innsatsfaktorer kan gjenbrukes og resirkuleres på en annen måte enn mat, fôr og organisk avfall (Tabell 6). For disse produktene er det viktig å ha som mål å oppnå forlenget levetid for produktet og delene det består av (strategi R3-R7) selv om smartere produksjon og bruk av produktet, samt (R0-R2) er det viktigste også i den tekniske syklusen. Tekniske innsatsfaktorer som trengs for å få sjømaten fra havet til forbrukeren inkluderer: fiskebåter og servicebåter for oppdrett, transport av sjømat: lastebil, båt, tog, og/eller fly, utstyr: fiskeredskaper, infrastruktur for akvakultur, infrastruktur for laks (RAS, semi-lukkede, åpne merder, fôringsrør, bøyer, etc.), bygninger: kontorer, fiskemottak, slakteri for laks, prosessanlegg, lager, butikk, arbeidsklær, redningsvester og overlevelsedrakter. Fiskeredskap og nøter i plast er eksempler på tekniske innsatsfaktorer som trengs for å produsere/høste sjømat (se skåring i Tabell 6).

**Tabell 6.** Tabellen viser hvordan vi har skåret R for prosjekter og litteratur som setter søkelys på sirkulærøkonomi for tekniske innsatsfaktorer og avfall fra disse. I tabellen brukes fiskeredskap og merder til fiskeoppdrett (nett) som et eksempel på tekniske innsatsfaktorer til sjømatnæringen.

Strategi: R	+	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Sjømatnæringen	Restore	Refuse	Rethink	Reduce	Reuse	Repair	Refurbish	Remanufacture	Repurpose	Recycle	Recover	Deposit	Discharge
Tekniske innsatsfaktor og avfall fra disse	Sirkulærøkonomi												
Eksempel: Fiskeredskap og merder (nett)	Sirkulærøkonomi												
→ Fjerne tapte fiskeredskap og nett for å stoppe spøkelsesfiske og forurensning	x												
→ Slutte å produsere nett		x											
→ Produsere nett med redusert klima- og miljøfotavtrykk, f.eks. med nedbrytbar plast			x										
→ Lage færre nett eller bruke mindre ressurser for å produserer dem				x									
→ Gjenbruk av nett som de er					x								
→ Reparere nettene og bruke dem lenger						x							
→ Pusse opp og fornye gamle nett for å bruke dem lenger							x						
→ Bruke deler av gammelt nett i nytt nett med samme funksjon								x					
→ Bruke deler av gammelt nett i nytt nett med annen funksjon									x				
→ Bearbeide platen fra nett og lage noe nytt (resirkulere og oppsirkulere)										x			
→ Brenne nettene og bruke energien											x		
→ Legge nett på avfallsdeponi												x	
→ Miste eller kaste nett i havet. Fører til spøkelsesfiske og forurensning.													x

**AP 2: Intervju** (Ledet av Proactima AS og utført av Proactima AS med bidrag fra NORCE og Biotech North)

**Leveranser:**

- Oppsett for intervju av aktører, og
- En analyse av funn fra intervju i henhold til 1) kunnskapsstatus, 2) pågående FoU, og 3) krav og forventinger fra interessenter.

**Metode:** Etablert metode for spørreundersøkelse og intervju hos Proactima med sjekklister som bearbeides for å reflektere de sektorspesifikke utfordringene som gjelder for sjømatnæringen. Dette inkluderer semi-strukturerte intervju, hvor metoden er slik at spørsmålene er forhåndsbestemt og følger et gitt oppsett for alle de som er invitert til intervju. Hensikten var å samle inn ulike svar og perspektiver fra forskjellige personer. Samtidig gir metoden rom for

oppfølgingsspørsmål utfra hva som kommer frem under intervjuet. Dette gir en form som ligner mer på en samtale, men profesjonelt ved at den er basert på en intervjuguide.

### **AP 3: Økonomisk bærekraft** (ledet og utført av NORCE)

*Leveranser:*

- a) Analyse av de økonomiske barrierene i sirkulære verdikjeder, og
- b) Oversikt over effektene av politiske rammebetingelser, og hvordan myndighetenes virkemidler kan korrigere for markedssvikt og skape finansiell attraktivitet.

*Metode:* Denne delen tar for seg en sirkulærøkonomisk verdikjede med havbrukslam som eksempel. Den norske havbruksindustrien har tilgang til betydelige mengder fiskeslam skapt av intenst oppdrett av laks, noe som spiller en vital rolle i å fremme sirkularitet i havbruksindustrien, da det kan resirkuleres og gjenbrukes i et lukket system. Fiskeslam er en rik kilde til organisk materiale og næringsstoffer, og tilbyr ulike sirkulære muligheter, for eksempel produksjon av biogass gjennom anaerob fordøyelse eller bruk av næringsstoffene til gjødselproduksjon. Disse sirkulære praksisene kan bidra til å redusere behovet for fossilt brensel og syntetisk gjødsel, samtidig som de fremmer sirkulasjonen av fosfor og nitrogen og bidrar til et mer bærekraftig og effektivt system. På grunn av disse viktige egenskapene har det vært betydelige forskningsinnsatser og prosjekter dedikert til fiskeslam.

I denne arbeidspakken fokuserte vi på de økonomiske forutsetningene som må være til stede for at en sirkulær økonomisk verdikjede skal oppstå og bli lønnsom. Metodisk tilnærming inkluderte intervjuer med aktører innen sjømatnæringen og forskning, samt analyser av dokumenter og litteratur, i tillegg til datainnsamling fra AP 1 og AP 2.

### **AP 4: Fremtidsscenarioer** (ledet av NORCE og utføres av NORCE med bidrag fra Proactima AS og Biotech North)

*Leveranser:* Rapporter fra tre arbeidsmøter (workshops).

*Metode:* Arbeidsmøter (workshops) med aktører innen sjømatnæringen for å få tilbakemelding på funn i arbeidspakke 1–3 og for sammen å identifisere fremtidens muligheter. I alt ble det arrangert tre arbeidsmøter med 12-15 deltagere i hver. Tema for de tre workshopene var som følger:

- Workshop 1 i Tromsø med tema: Hvordan oppnår vi økt resirkulering og oppsirkulering av restråstoff? Vi diskuterte hva som skal til for å oppnå økt bruk av restråstoff, behov for insentiver og nye forretningsmodeller, samt hva som skal til for at vi får til industrielle symbioser.
- Workshop 2 i Bergen med tema: Hvordan lukker vi plast-sirkelen? I denne workshopen dykker vi ned i problematikken rundt plast og sirkularitet. Vi så hva som skal til for å redusere plastlekkasjene, hvordan plasten kan gjenbrukes lengst mulig, hvordan sikre bedre gjenvinning, samt hva som skal til for å sirkulere plasten i tilnærmet evige sirkler

- Workshop 3 i Stavanger med tema: Hvordan øker vi sirkularitet innen fôrproduksjon? Hva gjør næringen i dag og hvilket initiativ har vi i regionen i dag? Hva er drivere og barrierer for økt sirkularitet?

Workshopene ble innledet av ansvarlige moderatorer fra partner og NORCE med presentasjon av agenda og SIRKSJØ-prosjektet - bakgrunn, mål og status for hver arbeidspakke. Deltakerne signerte samtykkeerklæring fra Sikt. Deretter arbeidet deltakerne i mindre grupper som inkluderte én moderator fra Biotech North/NCE Heidner Biocluster/Proactima/NORCE.

Gruppene fikk presentert fire tema:

- Sirkulærøkonomi som konsept
- Muligheter
- Utfordringer
- Rammer for økt sirkularitet (behov for insentiver, EUs taksonomi etc.)

For hvert tema hadde gruppene ca. 30 minutter til å diskutere oppgitte spørsmål knyttet til temaet. Hvert tema ble innledet med en kort presentasjon av bakgrunn og forslag til rammer for diskusjon, etterfulgt av individuell refleksjon. Post-it-lapper og store ark ble brukt slik at deltakerne kunne skrive ned tanker før og under diskusjonen. Notater fra moderatorer og deltakere ble kombinert til én rapport for hver workshop, som igjen ble analysert tematisk.

**AP 5: Øke sirkulariteten i sjømatnæringen** (Ledet av NORCE og utført av NORCE med bidrag fra Proactima AS og Biotech North)

*Leveranser:*

- a) Fagrapport som ble utarbeidet i tråd med rapport mal fra FHF. Denne rapporten er publisert på FHF og NORCE sin hjemmeside.
- b) Veikart for sjømatnæringen mot sirkulærøkonomi er publisert som egen rapport samt lagt ved i denne rapporten som vedlegg.
- c) To artikler for publisering i internasjonale tidsskrift med fagfelleevaluering.

*Metode:* Analyse av materiale fra arbeidspakke 1–4, samt annen tilgjengelig litteratur.

## 4 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

### 4.1 Detaljert oversikt over oppnådde resultater

#### 4.1.1 Funn og resultater fra arbeidspakke 1

I denne arbeidspakken har det blitt gjennomført et systematisk litteratursøk for å identifisere FoU-aktiviteter og -dokumenter i form av:

- Prosjekter og publikasjoner (heretter *studier*) via prosjektbasen til FHF, prosjektbanken til NFR, RFF, og på hjemmesiden til institutter, universitet og høyskoler
- Publikasjoner/presentasjon av forskning (Brage, Munin, Open (vitenarkiv), og Web of Science)

I alt ble det funnet 102 studier som omhandler biologiske materialer og produksjonsstrømmer, og 61 studier for tekniske materialer og produksjonsstrømmer (se tabell 7). Under følger en oppsummering av prosjekter og studier innenfor hvert tema. En detaljert oversikt over prosjekter og aktørene som ble funnet er publisert i et faktaark: Oversikt norske aktører innen den sirkulære økonomien og deres FoU-aktiviteter. I de tilfeller der det var mulig å spore ansvarlig prosjekt for en artikkel eller rapport, og dette prosjektet falt innenfor seleksjonskriteriene nevnt i metode har vi oppgitt prosjektet i stedet for artikkel/rapport. Institusjonell tilknytning til hvert prosjekt/studie er basert på følgene i prioritert rekkefølge: førsteforfatter, prosjektleder, norsk tilknytning (i de tilfeller der publikasjon ikke eies av en norsk institusjon, men delfinansiert av norsk finansør). I de tilfeller der flere norske institusjoner er involvert er kun institusjon med hovedansvar i samsvar med foregående faktaark nevnt. I seksjonen under gjennomgår vi funnene i generelle trekk og viser til eksempler.

#### Eksempler på prosjekter biologiske strømmer:

**Restråstoff: Bearbeiding av produkter fra sjømat før transport og bedre utnyttelse av marint restråstoff.** De fleste prosjektene innen den biologiske sirkulærøkonomien faller inn under kategorien restråstoff, med hovedvekt av prosjekter og studier som ser på hvordan en kan forbedre metoder for uthenting av næringsstoffer fra rester etter ulike produksjonslinjer. Innenfor denne gruppen finner vi oversiktsartikler og årsrapporter som beskriver tilgjengelighet, bruk og muligheter for bruk av marint restråstoff (Pleym m.fl. 2019, Myhre 2020-2022, Richardsen 2016-2017). Andre prosjekter er eksperimentelle slik som SMELL (Lindberg 2019-2021) som har studert mulighetene for å produsere smaksnøytrale protein fra makrellolje (Aspevik m.fl. 2021, Haugen 2018), eller HEADS UP og PRIMAPROTEIN (SINTEF) som har sett på potensialet i å utnytte restråstoff fra torsk (Remme 2016-2017, 2018-2020a, 2020-2021), mens andre prosjekter har sett på laks (Broli m.fl. 2021), regnbueørret (Kvangarsnes m.fl. 2021), sei (Hjellnes m.fl. 2021), sild (Oterhals 2018-2022), restråstoff av pelagisk fiske (Gaarder 2021-2024, Flesland 2021-2024), og snøkrabbe (Lindberg m.fl. 2021). Det samme gjelder prosessert fisk som salt-og klippfisk, der nakker, buker og spordstykker utgjør en betydelig mengde avskjær (30 %) i prosesseringen og bør utnyttes bedre enn i dag ifølge prosjektet FORREST (Bjørkevoll 2020-2023). En annen retning er å bruke restråstoff til å føre

lavtrofiske arter som kan gå til nye marine ingredienser (BIOCYCLES, Standal 2019-2023) eller som agn til fiskeri (Siikavuopio m.fl. 2021, Utne-Palm m.fl. 2020). Andre aspekter studert er helseeffekter og biosikkerhet for mennesker og dyr (e.g., Gudbrandsen 2022-2024, Sanden m.fl. 2019), samt forbruker aksept for bruk av restråstoff til humant konsum (Whitaker 2018-2020).

**Slam: Oppsamling av slam og gjenbruk av fosfor og nitrogen fra havbruk:** Overordnet ser de fleste prosjektene og studiene som omhandler slam på hvordan dette kan brukes til enten gjødsel eller for brenning av biogass/kull. Flere av disse vektlegger fordelene med å koble havbruksnæring til jordbruksnæring ved å utnytte alt fosfor og nitrogen som er tilgjengelig i slam til dyrking av korn og andre avlinger på land (Brod 2021). Også biogass og kull av fiskeslam har potensiale for positive effekter på ulike deler av landbruket, men særlig nyttig i kompostering og for reduksjon av klimagassutslipp ved komposteringsprosesser (litteraturgjennomgang av O'Toole m.fl. 2022). I tillegg kan slam inngå i produksjon av biogass og kull for forbrenning til varme, der for eksempel Cabell m.fl. (2018) har sett på sambehandling av fiskeslam med husdyrgjødsel og myse. Andre alternative bruksområder for slam utforskes også aktivt. I prosjektet SLAM-DUNK (Kleinegris 2021-2024) tas det utgangspunkt i at mengden slam fra fiskeoppdrett vil øke i de kommende årene som følge av økt produksjon, og de ser på potensialet i å bruke ulike behandlingsmetoder som tilgjengeliggjør slammet for produkter til konstruksjoner (bygninger osv.), konsumentvarer og tekstiler. Videre er det også noen prosjekter som studerer bruk av næringsstoffer fra slam som fôr slik som SecureFeed ved Sintef (Hagemann 2022-2024).

**Fôr (feed) - Klimaavtrykk og bruk av fornybare ressurser:** Prosjekter som er direkte knyttet til fôr og sirkulærøkonomi handler hovedsakelig om å ta i bruk nye, fornybare fôringredienser. Ifølge Råvareløftet, som også inngår i datasettet, er majoriteten av dagens fôringredienser importerte, men ved å utforske og utvikle norske fôrråvarer vil andelen av disse kunne dominere med 64 % innen 2040. Foreslåtte råvarer fra Råvareløftet er dyrkede (blåskjell, tunikater, insekter, makroalger, planter o.l.), høstede fra havet (lavtrofiske arter som krill, mesopelagiske fisk), og biprodukter fra produksjon og høsting på land og til havs (Råvareløftet 2022). Riktignok er flere av disse forslagene allerede under forskning og utvikling, slik som insekter (Liland m.fl. 2021, Lock 2014-2018), bakterier (Haugen 2021-2025), restråstoff fra planter, dyr og fisk (Albrektsen m.fl. 2022), samt lavtrofiske-organismer (Malzahn 2018-2022).

**Avfall/matsvinn eksempler på prosjekt:** Matsvinn (spiselig materiale) i sjømatnæringen har vært kartlagt gjennom FHF-midler tildelt SINTEF Ocean AS fra 2017 til pågående prosjekt i dag (Carvajal 2017-2020, 2020-2021, 2022-2026). Ifølge den avsluttede kartleggingen fra 2021 var samlet mengde matsvinn i sjømatnæringen 12 400 tonn, med en pris på rundt 550 millioner, og et klimagassutslipp på 30 600 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Hovedårsaken til svinn er fisk som havner på gulvet under prosessering (Carvajal 2020-2021).

Flere andre prosjekter arbeider med å forbedre prosesseringsteknologi, sløyning og filetering. Motivasjonen for disse prosjektene er, i tillegg til å øke utnyttelsen av fisken og automatisere prosesser, å sørge for at prosessering foregår ombord i båt, og i alle fall i Norge, slik at avskjær og restråstoff også kan tilkomme norsk foredling (se feks. Hård 2016-2021). Et annet aspekt av matsvinn er de prosesser som påvirker holdbarheten til sluttproduktet, slik som innfrysing, lagring, emballering, og tining (Stormo 2018-2020, Rotabakk 2020-2023, Larssen 2019-2022).



**Salt-eksempler på prosjekt:** I tillegg til å øke utnyttelse av ressursene som høstes og produseres, kan et bidrag til sirkulærøkonomi være å ta vare på de ressursene som tas inn i prosessering av sjømatprodukter. Salt er et slikt materiale som brukes i store mengder i produksjon av salt- og klippfisk tilsvarende rundt 120 millioner kroner årlig (Indergård 2015-2017). Tre FHF-prosjekter ved SINTEF Ocean AS og Nofima AS har så langt sett på kunnskapsstatus om og mulighetene for å gjenbruke salt (Indergård 2015-2017, Lorentzen 2018-2019, Remme 2019-2020). Dette kan gjøres gjennom rensing av både ikke-løst salt og saltlake.

#### **Eksempler på prosjekter teknologiske strømmer:**

**Produksjonssystemer:** Driftsformene RAS, IMTA, akvaponi og hydroponi har alle som formål å redusere ressursforbruket i produksjon av fisk og planter under vann. De fleste studiene identifisert omhandler RAS, og fokuserer både på fiskehelse (Tørud 2016-2020, Noble 2015-2020), ernæring (Berge 2016-2019), filtrering og mikrobiota (Østvik 2019-2023, Bakke 2020-2023). De aller fleste av disse prosjektene omhandler laks, men reke er også foreslått som art for RAS (Øvrebø 2019-2020). Studier på alternative produksjonsmetoder som IMTA, akvaponi og hydroponi har også mottatt norsk finansiering de siste fem årene. Bellona gjorde en miljøkonsekvensanalyse av IMTA på oppdrag fra Nærings og fiskeridepartementet og FHF i 2017, og konkluderte med at selv om teknologiske løsninger fortsatt manglet, har særlig makroalger stort potensiale for å redusere konsekvensene av utslipp fra fiskeoppdrett (Karlsson-Dragholt 2015-2017). Overordnet er laks foreslått som hovedorganisme, med makroalger, bunndyr som børstemark og sjøpølse, samt blåskjell som sekundærarter for opptak av næringsstoffer (Fossberg m.fl. 2018, Jansen m.fl. 2019, Torrisen m.fl. 2018). Et alternativ til IMTA for oppsamling og nyttegjøring av næringsstoffer er å koble fiskeoppdrett med produksjon av planter, som i hydroponi og akvaponi. Disse virker være mindre utforsket i norsk sammenheng, men Ezzidine m.fl. (2021) har vist at næringsstoffer hentet fra akvakulturslam kan brukes i hydroponi salat produksjon, NIVA har demonstrert muligheter for integrert produksjon av fisk og planter ved Akvariet i Bergen (Hess-Erga m.fl. 2018), mens oppdrettselskapet Ecofishcircle AS utforsker dyrking av mikroalger i avfallsvann fra fiskeproduksjon (Divjak 2022-2025).

**Teknisk avfall:** Ikke-organisk avfall i havet, både plast, men også andre materialer utgjør et stort problem for bevaring av havets økosystemer. Uavhengig av om avfallet stammer fra akvakultur eller fiskeri (som spøkelsesfiske), kan disse delta i reduksjon og oppsamling av teknisk avfall i havet. Studiene identifisert her har satt søkelys på fiskeri. Nordisk ministerråd opprettet i 2017 et nettverk for dette arbeidet med søkelys på tapt fiskeutstyr (Langedal m.fl. 2020), og skriver i sin hovedrapport fra 2020 at de nordiske landene har dårlig oversikt over hvilke mengder avfall som finnes i nordiske havregioner, at det gjøres lite for å fjerne tapt utstyr fra fiskeri, og at noen typer utstyr mistes oftere enn andre, slik som «passive» verktøy som garn og feller, og at det mangler initiativer for å samle opp og resirkulere utstyr. Av norske prosjekter som tar tak i disse og lignende utfordringer slik som prøveordninger for innsamling av avfall i havner (Havas m.fl. 2017), vederlagsfri levering av marint avfall i havn (Johnsen 2016-2017), samt sosiale studier som har studert holdninger, løsninger og undervisning med fiskere (Vangelsten m.fl. 2019, Olsen m.fl. 2020). I tillegg er det flere studier som fokuserer direkte på resirkulering av plast (Walnum 2021-2025, Havas m.fl. 2022, Deshpande m.fl.

2020), fiskeutstyr (Deshpande m.fl. 2021), og avfallshåndtering i havbruksindustrien (Hognes 2017-2017).

**Maskineri:** En måte å øke produksjonen på uten å øke ressurser er å forbedre prosessering, på land og ombord. Flere FHF-finansierte prosjekter har tatt for seg utvikling av teknologi og maskineri for forbedret, og noen automatisk, slaktning på land (Ögmundsson 2019-2020, Spurkland 2020-2024, Toldnes (2023-2024) og ombord i skip (Krogsæter 2021-2024, Gudmundsen 2017-2018). Til forskjell fra de andre kategoriene beskrevet her er majoriteten av disse prosjektene ledet av industrien selv.

**Plast:** De prosjektene som kategoriserer under plast er hovedsakelig kartleggingsstudier av mikroplast som stammer fra slitasje eller nedbrytning av utstyr fra havbruksindustri (Johnsen 2018-2019, Gomiero 2018-2020, Lusher 2021), samt plastmyknere i marine ingredienser (Remme 2018-2020b). I prosjektet TrackPlast ledet av NORCE fant man at mikroplastpartikler kunne påvises i fôr, sjøvann, sedimenter og på fiskegjeller, og at dette delvis stammer fra fôremballasjen (Gomiero 2018-2020), og prosjektet HAVPLAST ledet av SALT Lofoten AS estimerte at årlig utslipp mikroplast fra fôrslanger ligger på 10-100 tonn (Johnsen 2018-2019).

**Emballasje:** For å bidra til å løse problemene med plast er resirkulerbare, biobaserte eller bionedbrytbare emballasjer et alternativ. Prosjektet Remsjø ledet av SINTEF ser på varianter av dagens «supersekk» som brukes som innpakking av ombord-produksjon av fossen HG-fisk og rekeblokker (Schulte 2022-2023). Målet er å finne et alternativ som møter krav til fullstendig resirkulering. Nilsen-Nygaard m.fl. (2021) ved Nofima har gjort en litteraturgjennomgang av eksisterende og mulige nedbrytbare biofilmer. De konkluderer med at dagens bruk av biofilm er lav sammenlignet med vanlig plast, og selv om potensialet er stort for utvikling av nye materialer, vil det fortsatt være behov for oppsamling av disse materialene for å fullføre resirkulering eller kompostering.

### **Kategorisering av grad av sirkularitet**

I kapittel 3.2 er rammeverket som ble brukt til å kategorisere graden av sirkularitet i studer og prosjekter fra litteratursøket beskrevet.

Det er krevende å gå fra lineærøkonomi til sirkulærøkonomi. Det trengs et hierarki av sirkulære strategier for å nå målet om sirkularitet. For å vise hvor hovedinnsatsen i norsk-finansiert forskning på sirkulærøkonomi i sjømatnæringen har vært de siste fem årene var det derfor nyttig å bruke R9 rammeverket (Kirchherr m.fl. 2017). I Sirksjø har vi brukt Ellen MacArthur Foundations definisjon av sirkulærøkonomi som gir en kort liste over hva som skal til for å nå sirkularitet: 1) eliminere avfall og forurensning, 2) sirkulere produkter og materialer og 3) regenerere natur. For å få med det siste punktet ble det lagt til en ekstra R+ (Restaurere natur) på toppen av 9R-rammeverket. R+ er relevant for den nye Naturavtalen og for naturpositivitet (Tabell 4 og Figur 2).



**Figur 2.** Det vil bli utfordrende å produsere nok mat til alle i framtiden. En mulig løsning er at vi spiser mye mer plantekost, litt mer sjømat og mye mindre kjøtt (EAT-Lancet-Commission 2019, Willett m.fl. 2019, Blomhoff m.fl. 2023).

Når produktet er sjømat, betyr R0 - Refuse å gjøre sjømat overflødig. Det er ikke aktuelt å slutte å fiske eller å slutte med havbruk eller fiskeri, og det er derfor ingen tema som er kategorisert som R0 i tabell 7 bortsett fra marint avfall som en ønsker å redusere mest mulig (overflødig). Det er anbefalt at vi skal spise mer plantekost og sjømat samtidig som at forbruk av kjøtt skal ned. Norge har et ambisiøst mål om å produsere mer sjømat i årene som kommer (Nærings-og fiskeridepartementet 2015, 2021) (SjømatNorge 2018). Sjømat har lavere klimaavtrykk enn rødt kjøtt (Winther et al. 2020), men det er stor forskjell på ulike typer sjømat, for eksempel ressursbruken og klima avtrykket er forskjellig for oppdrettslaks, blåskjell, makrell, sild og bunntålet hvitfisk. Ocean panel (Costello m.fl. 2020) mener det er mulig med en seksdobling i produksjon av mat fra havet, men presiserer at veksten i oppdrett hovedsakelig skal skje for arter som ikke trenger fôr (f.eks. blåskjell og tare). Forutsetningen for vekst i oppdrett av arter som trenger fôr er at man utvikler fôr som har lavt nivå eller ikke inneholder fisk. Både politikere (Hurdalsplattformen) og næringen selv jobber for å utvikle bærekraftig fôr til oppdrettsfisk og spesielt i forhold til laks, men det er langt igjen til dette målet er nådd (Bjordal m.fl. 2022). Et mål om økt nivå av produksjon av sjømat tilsier at havbruk av andre arter enn oppdrettsfisk må også utvikles.

**Tabell 7.** Tema og subtema for identifiserte studier og prosjekter fra systematisk litteratursøk, kategorisert etter biologisk og teknisk produksjonssyklus. Antall treff per tema og subtema er angitt. Hvert tema er angitt en score etter 9R+-rammeverket som viser om tema bidrar til sirkulær forbedring, sirkulært gjenbruk eller lineært gjenbruk.

PROSJEKTER/STUDIER					Sirkulær forbedring				Sirkulært gjenbruk					Lineært gjenbruk			
	Tema	#	Subtema	#	R+	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9		
BIOLOGISK	Restråstoff	55	Biomasse mål- og tilgang	35			(x)	(x)						x			
			Menneskehelse	7			x	x							x		
			Agn	2												x	
			Bioøkonomi	2												x	
			Konsumer og marked	2												x	
			Tørrfiskproduksjon	2												x	
			Gjødsel	2												x	
			Dyrehelse	1												x	
			Biosikkerhet	1												x	
			Fôr	1												x	
	Slam	16	Gjødsel	6											x		
			Biogass/kull	5												x	
			Biomasse mål- og tilgang	4												x	
			Fôr	1												x	
	Slam/ restråstoff	2	Gjødsel	1											x		
			Biogass	1												x	
	Matsvinn	14	Prosessering	8											x		
Biomasse mål- og tilgang			3												x		
Holdbarhet			3													x	
Fôr	12	Alternative ingredienser	12			x	x										
Salt	3	Salt	3											x			
TEKNISK	Produksjonssystem	30	RAS	22											x		
			IMTA	5												x	
			Akvaponi	3			x	x									
			Hydroponi	1			x	x									
	Teknisk avfall	15	Resirkulering av utstyr	11						x	x	x	x	x			
			Marint avfall	4	x	x		x									
	Maskineri	8	Prosessering	5												x	
			Prosessering ombord	3													x
	Plast	5	Mikroplast	4				x									
			Alternative materialer	1		x											
Emballasje	2	Nedbrytbart	2			x											

## Oppsummering av funn fra litteratursøk

Tabell 7 viser at de fleste av FoU-aktivitetene er knyttet til den biologiske sirkelen og der utnyttelsen av restråstoff. De fleste FoU-aktivitetene innen den tekniske sirkelen er utviklingsprosjekter av nye produksjonssystemer. Det meste av den norsk-finansierte forskningen på sirkulærøkonomi i sjømatnæringen de siste fem årene har fokusert på resirkulering (R8). Kun 34 av de totalt 163 studiene passer under «sirkulær forbedring» (R+, R0, R1, R2). For restråstoff har vi i tillegg satt skår i parentes på *biomasse mål/tilgang* da dette gjelder i de tilfellene der restråstoff anvendes til mat. Dette tyder på at det er nødvendig med en bevisstgjøring av hvor viktig det er å redusere forbruk av ressurser og utvikle smarte løsninger for å øke grad av sirkularitet i tillegg til å resirkulere og gjenbruke avfall fra sjømatnæringen på en bedre måte.

### 4.1.2 Funn og resultater fra arbeidspakke 2

Hovedmålet i denne arbeidspakken var å utrede de enkelte deler av norsk sjømatnærings posisjon i sirkulærøkonomien. Følgende spørsmål ble stilt:

- Hvordan jobbes det med sirkulærøkonomi i bedriften/klyngen? (hva som er strategiske føringer, internt ansvar og motivasjon)
- Hvordan jobber bedriften/ulike bedrifter i klyngen med innovasjon og utvikling innen sirkulærøkonomi?
- Hvilke krav stilles det til sirkulærøkonomi? (myndigheter/andre interessenter)
- Er det noen barrierer som hindrer sirkulærøkonomi?

For å sikre en grundig forståelse av næringen, ble det gjennomført semi-strukturerte intervjuer med ni klyngeorganisasjoner og aktører fra forskjellige deler av verdikjeden. Hovedfokus for intervjuene var på klyngeorganisasjonene, som fungerer som representanter for medlemsorganisasjonene og gir et bredt bilde av næringens aktiviteter. Intervjuobjektene representerer et bredt mangfold av organisasjoner innenfor marin sektor og relaterte fagområder. Dette inkluderer blant annet forskning og innovasjon, teknologiutvikling, gjenvinning, salg, fagforeninger og næringspolitikk. Den varierte sammensetningen reflekterer bredden av arbeidsområder og interesser innen havbruk, fiskeindustri og bærekraftig utnyttelse av marine ressurser, som vil gi et grunnlag for å vurdere status og barrierer for sirkularitet.

Alle intervjuene ble gjennomført via Teams og transkribert ved bruk av Teams transkriberingsfunksjon. Transkriberingene ble gjennomgått, og feil og mistolkinger ble rettet manuelt i teksten. Transkribert tekst ble "kodet" basert på gjennomgående tema. Kodene som ble brukt, representerte generelle nøkkelord som er relevante for forskningsspørsmålet. Disse kodene hjelper med å danne et bilde av interessentenes meninger, holdninger eller opplevelser knyttet opp mot sirkularitet. Ved å bruke kodene kan man lage en systematisk struktur på datamaterialet som gjør det mulig å identifisere og sammenligne koblinger og mønstre. De forskjellige kodene ble kategorisert etter gjennomgående tema, og kategoriene er oppført i Tabell 8.

I intervjuene ble det avdekket at overgangen til sirkulærøkonomi i fiske- og havbruksnæringen er en utfordring, og at begrepene knyttet til sirkularitet er vanskelig å skille fra generelle bærekraftbegrep.

Likevel ble det identifisert et betydelig potensial for økt sirkularitet gjennom bedre håndtering av restråstoffer, biprodukter og materiell/utstyr.

Respondentene understreket imidlertid at manglende lønnsomhet, begrensede regelverk og et større behov for tverrsektorielt samarbeid og nye verdikjeder er av de største hindringene for næringen. For å tiltrekke investorer og realisere sirkulærøkonomi, ble det påpekt behovet for økt kunnskap rundt nye løsninger og verdikjeder, regelverksendringer og økt statlig støtte, og økt innovasjon for å finne nye måter å utnytte ressursene på. Funnene peker mot at en mer effektiv bruk av ressursene i fiske- og havbrukssektoren kan oppnås gjennom en helhetlig tilnærming som involverer både private og offentlige initiativ.

**Tabell 8. Tema identifisert i intervju**

Tema	Antall
Biologisk sirkularitet	26
Teknisk sirkularitet	27
Motivasjon	24
Definisjon	20
Samarbeid	13
Konkurranseskraft	26
Myndighetskrav	21
Finansielle påvirkninger	7
Innovasjon og forskning	30
Barrierer - Lønnsomhet og marked	19
Barrierer - Trygghet for mennesker og dyr	7
Barrierer - Lover og regler	12
Barrierer - Forskning, innovasjon og utvikling	7

### **Oppsummering av resultater fra intervjurunde.**

#### **Definisjon av sirkularitet**

Det er enighet om de generelle linjene innen sirkulærøkonomi, som bedre bruk, mindre avfall, gjenbruk og gjenvinning. Det ble påpekt at begrepet er vanskelig å skille fra bærekraft og generelle uttrykk rundt bærekraft. Det ble også trukket frem at det er stort sprik i begrepsforståelsen innad i medlemsorganisasjoner i klyngene og hos aktørene at sirkularitet som et begrep ikke ligger langt fremme verken i forvaltningen eller hos næringsaktørene.

#### *Funn fra intervju:*

- *Bærekraftstematikken går igjen, men sirkularitetsbegrepet brukes lite. Begrepet sirkulær økonomi ligger ikke veldig langt framme verken i forvaltningen eller hos næringsaktørene.*
- *Ofte så blir sirkulærøkonomi til på grunn av at man skal løse en utfordring man har. Det kan ofte enten være en mangel på en råvare eller fremtidig mangel på en råvare. Alternativt er at du har et restråstoff som man har verdier, men som ikke har en verdikjede.*

- *Det å finne bedre anvendelser av råstoffet, inklusiv sidestrømmer og restråstoff, er en måte å definere sirkulærøkonomi på. At vi kan utnytte ikke bare hovedproduktet, men det er som kommer som en konsekvens av å produsere et hovedprodukt.*

### **Biologisk sirkularitet**

Restråstoff kan benyttes til flere formål, men bruksområdet differensieres mellom ulike type restråstoff. Det påpekes at fiskenæringen er umoden på bruk av restråstoffer, og at restene i flere tilfeller fortsatt blir håndtert som et avfallsproblem, ettersom at en ennå ikke har sett på mulighetene innen bransjen. Innen fiskerinæringen er det de langtreckende fartøyene med større plass som blir bygget om for å ta vare på de ressursene som blir fisket opp. Enten blir restproduktene foredlet videre på selve fartøyet eller tatt med til mottak på land. De skipsnære fartøyene har ennå ikke og avventer at eierne av mottakene ved havnene vil utvikle denne muligheten.

Havbruk opererer i mer kontrollerte system, og har deretter bedre kontroll på avfall og rester. Likevel forsvinner store mengder med næringssalter til omgivelsene, uten at det bidrar til verdiskapning for næringen. Slo fra havbruk og fiskeri benyttes til produksjon av dyrefôr og produkter til mennesker. Fiskeekskrement har et mer begrenset bruksområde, ettersom at det finnes lovverk som begrenser bruk utenom biogassproduksjon. Det ble påpekt at fiskeproduktene og marine ingredienser er globale produkter med godt etablerte markeder og verdikjeder, mens sidestrømmene har begrensede markeder og etterspørsel. Det ble også nevnt at det er større behov med markedsavklaringen og midler til skalering, enn flere midler til FoU.

*Funn fra intervju:*

- *Næringen er nok umoden. Vi ser fortsatt på håndtering av restene som et avfallsproblem. Vi har ikke kommet på det trinnet i trappa hvor man begynner å snakke om at det er en ressurs som skal videreutvikle til noe enda mer verdifullt.*

### **Teknisk sirkularitet**

Det er flere kommende initiativer innen sirkularitet for tekniske innsatsfaktorer. Blant annet kommer plastdirektivet, som legger mer ansvar på produsentene, og skipsavfallsdirektivet, som legger til rette for sortering av avfall på alle havner. Regelverket rundt utstyr er knyttet opp mot kvalitet og sikkerhet, og legger mindre vekt på sirkularitet. Det gjør at næringen følger et all-in og all-out prinsipp, basert på levetidsfastsettelse fra produsenten. Store deler av plastproduktene som blir brukt i fiske- og havbruksindustrien blir importert fra Kina. Norsk og europeisk industri har ikke utbredt kapasitet og kunnskap på plastproduksjon, og kan derfor ikke konkurrere med asiatiske land på kvalitet og pris. For å kunne opprette verdikjeder i Europa for økt sirkularitet, trenger industrien et betydelig kunnskapsløft. Produsentene må ta ansvar for sine verdikjeder, slik at innholdet i plastproduktene gir mulighet for resirkulering eller gjenbruk.

*Funn fra intervju:*

- *Skal plast resirkuleres må den ha en verdikjede å bli ført tilbake til. Når en god del av plasten hentes som nesten ferdige produkter fra Asia, så blir det lite støpning i Norge. Da må vi i prinsippet sende resirkulert plast tilbake til Asia, før det kan komme tilbake til Norge igjen som et produkt.*



### **Samarbeid**

Det er etablert flere klynger som jobber på tvers av initiativ, og som inkluderer fag- og forskningsorganisasjoner. Her er det initiativ for å fremskaffe ny kunnskap og koble forskjellige partnere fra forskjellige industriområder.

### **Myndighetskrav**

Myndighetene har i stor grad forstått det globale utfordringsbildet med tanke på å optimalisere ressursene og redusere skadene på naturen, samtidig som det er et økende behov for mer matproduksjon. Imidlertid blir det påpekt at dagens regelverk ikke følger med i utviklingen. Dagens regelverk er ikke tilrettelagt for sirkulærøkonomi, men følger de tradisjonelle lineære verdikjedene. Dette er begrensende for utviklingen, men det er samtidig ikke ønsket et frislipp i regelverket som kan gå på bekostning av mattryggheten. Det understrekes at EU spiller en viktig rolle i utformingen av det norske regelverket, og det er ulike meninger om hvem som er ledende når det gjelder regulering for bærekraftig utvikling - Norge eller EU. Det påpekes at EU ofte er ledende innenfor mange områder av regelverksutvikling, mens Norge har et sterkere rammeverk for forvaltning av naturressurser.

Det er flere som jobber med myndighetspåvirkning, spesielt med å fremskaffe data som kan gi grunnlag til regelverksendring. Flere klynger jobber opp mot EU, for å sikre at norske interesser blir hørt og ivaretatt.

*Funn fra intervju:*

- *Dagens regelverk er satt opp til at verdikjedene våre skal være lineære. Regelverket i Norge og Europa er formulert rundt den eksisterende verdikjedetankegangen og den måten næringene våre er bygd opp på i dag. Dette kan være begrensende. Et eksempel på dette er når det kommer til biologisk materiale, så er regelverket for mattrygghet begrensende, men mener selvfølgelig ikke at regelverket for mattrygghet skal fjernes.*

### **Drivere for sirkularitet**

Sirkulærøkonomi oppstår ofte ved en nåværende eller kommende mangel på en råvare, eller at det er restråstoff i verdikjeden som kan skape økonomisk gevinst. Interessen for å investere i sirkulære verdikjeder er begrenset når det ikke finnes bevis for at det kan være lønnsomt. Det påpekes at man ikke nødvendigvis ikke blir straffet for å gjøre tiltak som gir økt sirkularitet, men det er heller ikke noen ordninger som belønner det. Initiativene som blir iverksatt er primært drevet av aktører med tilgang til risikokapital. Det påpekes at markedsutviklingen krever mer målrettet innsats, som blant annet flere midler fra Innovasjon Norge og andre støtteordninger. Finansielle institusjoner og innkjøpere i dagligvarekjedene stiller stadig mer krav om dokumentasjon av bærekraft og miljømerking av produkter. Plast- og skipsavfall direktivet løftes frem som en driver for videre produktutvikling på den tekniske siden.

*Funn fra intervju:*

- *Ofte så blir sirkulærøkonomi til på grunn av at man skal løse en utfordring man har. Det kan ofte enten være en mangel på en råvare eller fremtidig mangel på en råvare. Alternativt er at du har et restråstoff som man har verdier, men som ikke har en verdikjede. Det vil si at man står med et produkt som man ønsker å få utnyttet på en bedre måte enn det som blir gjort i dag.*

- *Vi har lang tradisjon for at innkjøpssjefene i varekjeden har stilt krav om dette med miljømessig bærekraft. Altså miljømerkene. Det dreier seg i stor grad om at de ønsker ryggdekning i forhold til sine konsumenter og sine kunder. De ønsker å være sikker på at de produktene de får ut i hyllene er forsvarlig høstet fra bærekraftige bestander, så innkjøpssjefen i markedene betyr nok mye i forhold til det å sette premissene.*

### **Finansielle påvirkninger**

Det er lite interesse for å investere i verdikjeden så lenge det er dårlig økonomi i det. Likevel er det en økende interesse for grønne prosjekter.

### **Innovasjon og forskning**

Det er flere pågående forskningsprosjekter, men mye av forskningen drives av privat kapital. Det påpekes at det er få programmer fra norske myndigheter som bidrar til å redusere risiko i investeringene. Det er begrenset tilgang på kapital, ettersom at investorer ikke ønsker å investere i umodne prosjekter med stort kapitalbehov. Det er derfor behov for flere verifiserte/testede prosjekter som kan tiltrekke investorer.

*Funn fra intervju:*

- *Fiskeindustrien er ikke direkte dekket av taksonomien, men siden finansbransjen ligger under EU-taksonomien, så stiller de krav til alle sine låntakere. Vi ser at taksonomien drypper ned på de andre aktørene etter hvert.*

### **Barriere – lønnsomhet og marked**

Det blir påpekt at overgangen fra en lineær til en sirkulær økonomi ikke skjer i tilstrekkelig hastighet. Sirkulære verdikjeder er ikke tilstrekkelig etablert i dagens marked. For at nye produkter fra biprodukter skal kunne tas i bruk eller utstyr skal kunne gjenbrukes/gjenvinnes, er det nødvendig med eksisterende verdikjeder som kan håndtere disse produktene på en bærekraftig måte. Dagens råvaremarked er meget konkurransedyktig på pris. Verdikjedene er globale og har tatt mye tid og ressurser å bygge opp. For at nye produkter skal kunne bli introdusert på markedet må det være tydelige fordeler med produktet.

Landbaserte oppdrettsanlegg pekes på som en mulighet for å øke sirkulariteten i industrien. Likevel er sirkularitet ikke en stor driver for å bygge anlegg på land. Det refereres til økt fiskevelferd, bedre utnyttelse av tillatelser, økt effektivitet og mindre svinn. Økt sirkularitet med bedre kontroll på næringsssalter vil komme som en sideeffekt, men vil ikke være en driver for utviklingen.

*Funn fra intervju:*

- *Det er ikke interesse og insentiver for næringen for å investere i verdikjeden så lenge det er relativt lite økonomisk lønnsomt å gjøre det. Det finnes likevel mange gode og spennende initiativer, men for råvarer eller for fôrprodusentene, så er det sånn at volumene ofte er for små.*
- *For selskapene ligger det bare kostnader. Den nåværende verdikjeden gjør ikke at reststoffene blir etterspurt. Det øyeblikket fiskerestene blir etterspurt, så kan de få betalt for dette avfallet. Da allokeres det som ville vært avfall og reduserer miljøregnskapet på hovedproduktet.*

### **Barrierer – sikkerhet for mennesker og dyr**

Det stilles strenge sikkerhetskrav til bruk av biologisk avfall, inkludert fôr og andre produkter som inneholder biologiske ingredienser. Spesielt er begrensningene rettet mot bruk av fiskeekskremer og blod fra fiske og oppdrett. Regelverket for biosikkerhet er av stor betydning i denne sammenhengen. Det blir påpekt at ytterligere forskning og økt dokumentasjon innen biosikkerhet er nødvendig for å muliggjøre en mer effektiv utnyttelse av restavfallet.

*Funn fra intervju:*

- *Det må jobbes mot å ha dokumentasjon i bunnen, sånn at det skal vinne fram regulatorisk. Om det er unntak man søker eller om det er endringer i regelverket, så er det ved å fremskaffe god dokumentasjon på det. Og det er alt prosesser på det i gang. Det er solide akkrediterte miljøer som står bak denne typen dokumentasjon som vi trenger for å kunne komme videre med utnyttelse av en av våre viktigste sidestrømmer, som vi i dag ikke har en optimal avhending av.*

### **Barrierer – Lover og regler**

Dagens regelverk følger EU, som er basert på føre-var-prinsippet. Det er strenge krav til dokumentasjon for biosikkerhet. Det blir påpekt at regelverket utgjør en barriere på flere områder. Spesielt nevnes det at det ikke er en tydelig skillelinje mellom insekter og større husdyr. Dette betyr at matavfall fra husholdninger ikke kan benyttes til produksjon av insekter til dyrefôr på grunn av regelverket. Det er begrensninger knyttet til bruk av nitrogenrikt slam som gjødsel. Noen påpeker at dagens regelverk hindrer bruk av både nitrogenrikt og fosforrikt slam i ny bioproduksjon, mens andre påpeker at det finnes grenseverdier som regulerer hvilke typer slam som kan benyttes i Europa.

*Funn fra intervju:*

- *Regelverket er basert på føre var prinsippet. Det europeiske regelverket regulerer hvordan og hva man får lov å bruke sidestrømmer som en avfallsstrøm til i Norge.*

### **Barrierer – Forskning og innovasjon**

Det er behov for dokumentasjon av biosikkerhet ved bruk av slam fra havbruk. Etter dagens regelverk er dette ikke tillatt og det kreves derfor mer dokumentasjon på feltet for å få til regelendringer. Det er behov for å kartlegge behov for nye verdikjeder. Introduksjon av nye produkter eller tilbakeføring av sidestrømmer krever verdikjeder som er tilrettelagt for produktet. Det er behov for risikoreduksjon i investeringsprosjekter. Det påpekes at det drives mye god forskning på mange felt, men at kunnskapsutvikling (praktisk) og dokumentasjon ikke er tilstrekkelig for å tiltrekke privat kapital. Det er stor satsning på CCS i Norge, mens potensialet for CCU ikke blir forsket på i samme grad.

*Funn fra intervju:*

- *For sikkerhet er det mange krav. Det skal dekke ernæringsbehov, det skal ikke kludre til smaken, og skal ikke inneholde uønskede stoffer. Alle mikroorganismer produserer stoffer som du må vurdere om du kan putte inn i fisk. Så er det optimalisering av foret. Den biten tar tid. Det må balansere det ernæringsmessige for fisken.*

- *Den største begrensingen ligger i risikoreduksjon for industrien. Det vil si i skaleringen. Mulig det er større behov for Innovasjon Norge enn Forskningsrådet. Men det er ingen enten eller. Men for oppskaleringen fra pilot til fullskala trenger vi kunnskapsutvikling, og det koster noe. Problemet er at vi ikke vet om det er et marked. Vi har ingen som kan ta risikoen når markedet ikke er økonomisk bærekraftig. Ingen satser på et produkt når usikkerheten er så stor.*

### **Sammendrag av funn fra intervju**

For å fremme overgangen til sirkulærøkonomi i fiske- og havbruksnæringen er det nødvendig med en helhetlig tilnærming som involverer næringsaktører, myndigheter, forskningsinstitusjoner og andre interessenter. Det er viktig å utvikle og iverksette virkemidler som stimulerer til investeringer i sirkulære løsninger, inkludert økonomiske insentiver, støtte til forskning og utvikling, samt kapasitetsbygging og kunnskapsdeling.

Videre legges det vekt på å styrke samarbeidet mellom ulike aktører i verdikjeden, slik at ressurser kan utnyttes på en mer effektiv måte. Dette kan omfatte etablering av partnerskap og klynger, utveksling av beste praksis, og felles innovasjonsprosjekter.

Samlet sett viser intervjuene at overgangen til sirkulærøkonomi i fiske- og havbruksnæringen er en kompleks og flerdimensjonal prosess. Det er behov for økt bevissthet, kunnskap og samarbeid for å realisere potensialet for sirkulærøkonomi i sektoren. Med riktige insentiver, teknologisk innovasjon og tverrsektorielt samarbeid kan fiske- og havbruksnæringen bevege seg mot en mer bærekraftig og ressurseffektiv fremtid.

#### **4.1.3 Funn og resultater fra arbeidspakke 3**

De fleste verdikjeder og regelverk er innrettet mot en tradisjonell lineær økonomisk modell. Det er flere utfordringer med å bygge en lønnsom verdikjede basert på prinsippene i sirkulærøkonomi. Disse utfordringene omfatter usikkerhet om kostnader og lønnsomhet, risikoen knyttet til investeringer pga. tynne/monopolistiske markeder og forhandlingsmakt til motparter, realisering av skalaøkonomi og lave enhetskostnader, innovasjonsbehov osv. I denne arbeidspakken bruker vi fiskeslam fra akvakultur på sjø og land som et eksempel, og undersøker hvert ledd i verdikjeden med et økonomisk perspektiv og vurderer hvordan disse utfordringene manifesterer seg i praksis.

Den norske akvakulturindustrien har tilgang til betydelige mengder av fiskeslam frembrakt av lakseoppdrett, noe som kan spille en viktig rolle i å øke sirkularitet i akvakulturindustrien ettersom det kan resirkuleres og gjenbrukes i et lukket system. Slam inneholder verdifulle organiske materialer og næringsstoffer, som åpner opp for ulike sirkulære muligheter, for eksempel produksjon av biogass gjennom anaerob nedbrytning eller ved bruk av næringsstoffene til gjødselproduksjon. Disse sirkulære praksisene bidrar til å redusere behovet for fossile brensler og syntetiske gjødsel, samtidig som de fremmer sirkulasjonen av fosfor og nitrogen, og dermed skaper et mer bærekraftig og effektivt system.

Det anslås at sjøanlegg i Norge slipper ut omtrent 600 000 tonn fiskeslam årlig (Råvareløftet, 2022). Dessverre blir kun en liten andel av dette samlet inn for videre bearbeiding, til tross for potensialet for å etablere sirkulære verdikjeder. Med den raske utviklingen innen lukkede og semi-lukkede oppdrettsanlegg forventes det imidlertid at det vil være større tilgang til fiskeslam for innsamling og videre bearbeiding i fremtiden.

Samtidig er det usikkerhet hvor veksten i lakseoppdrett vil komme. Det er høye investeringskostnader for lukkede løsninger, og realisering av lønnsom drift er dertil mer krevende. RAS-anlegg på land har også høyt energi-forbruk sammenlignet med åpne sjøanlegg. Det har vært krevende for mange å oppnå høy biologisk og økonomisk produktivitet, og bare 0,17 % av laksen ble produsert på land i 2021 (basert på data i Skullerud m.fl. (2022)). Utviklingen for RAS fremover vil avhenge av de rammevilkårene myndighetene legger for denne typen investeringer. Med den foreslåtte grunnrenteskatten vil veksten i RAS antakeligvis bli betydeligere lavere enn antatt. Det er dermed ikke opplagt at veksten i lukkede anlegg på land blir så stor som tidligere antatt og det vil også begrense veksten i mengden av tilgjengelig slam.

Semi-lukkede anlegg i sjø er også en type teknologi som har utviklet seg mye de siste årene, med en rekke pilotprosjekter langs kysten. Disse anleggene gir mulighet for å samle opp mer slam og næringsalter. Samtidig vil noen hevde at utslipp av organisk stoff direkte i sjøen ikke trenger være en dårlig løsning så lenge økosystemene i fjordene kan håndtere det, og de organiske stoffene bidrar til økt produktivitet i fjordene.

Metodikken i denne arbeidspakken involverer analysen av data fra AP1 og AP2, i tillegg til bruk av intervjuer for å undersøke økonomiske barrierer i fiskeslam verdikjede. Diskusjonen om verdikjeden er oppsummering av funn basert på seks semi-strukturerte intervjuer med aktører knyttet til lakseoppdrett: to produsenter av semi-lukkede anlegg, en representant for lakseoppdrett med konvensjonell merdteknologi, en fiskefôrprodusent, en ekspert på rensing av vann særlig i forbindelse med fiskeoppdrett, og en fra biogass anlegg.

For å karakterisere utfordringer med å samle opp og håndtere slammet, deles slamhåndtering inn i fire elementer eller steg i prosessen: 1) oppsamling, 2) lagring, 3) transport og 4) prosessering. I hvilken rekkefølge disse stegene organiseres kan variere i praksis, men alle fire elementene vil være til stede. Basert på semi-strukturerte intervjuer gjennomført med industriaktører, vil nåværende utfordringer med de fire stegene bli skissert i det følgende.

### **Oppsamling**

Ved fiskeoppdrett dannes det store mengder organisk avfall på grunn av avføring og fôr som ikke blir spist. I tradisjonelle åpne oppdrettsanlegg synker organisk materiale ned eller blir dratt av gårde med sjøstrømmene. På enkelte lokaliteter hvor det ikke er mye strøm, kan mye av det organiske materialet hoppe seg opp lokalt og by på utfordringer. I disse lokalitetene må man legge brakk oppdrettsproduksjonen oftere enn i lokaliteter med gode forhold for vannutskiftning og spredning av organisk materiale. Å samle opp slam er utfordrende siden feces og uspisst fôr befinner seg i vann hvor det går i gradvis oppløsning til mindre partikler og blir til næringsalter i sjøen som ikke kan oppsamles. Svevepartikler vil gå med strømmen, mens noe av det organiske materialet synker ned på sjøbunnen. Man kan oppnå bedre binding av de organiske partiklene dersom fiskefôret

inneholder flere bindingsstoffer. Imidlertid kan dette påvirke fordøyeligheten av næringsstoffer hos fisken i negativ retning (Aas, 2021).

Nye semi-lukkede sjøbaserte anlegg er designet for å samle opp slam, og tilsvarende mulighet finnes også i landbaserte oppdrettsanlegg (RAS-anlegg). En av respondentene kommenterte at det er mye villfisk rundt semi-lukkede anlegg. Respondenten er usikker på om dette skyldes organisk materiale som slippes ut, det vil si det som ikke blir fanget opp av filtreringsprosessen, eller om det er fordi fisken betrakter anlegget som et rev.

Av partikkelmateriale er det kun de største partiklene som vil kunne samles inn. Det å kunne samle inn 10-20 % av det organiske materialet er hva man realistisk kan håpe på med nåværende løsninger. I tillegg til at partikler oppløser seg i vann, utgjør vannet i seg selv en stor utfordring ved oppsamling av slam siden volumet og vekten øker når det organiske materialet samles opp sammen med vann. En respondent pekte på at dersom man for eksempel sammenligner med rensing av kloakk i Oslo, er det enorme mengder vann som er i omløp i oppdrettsanlegg. På grunn av de store volumene er det ikke mulig å filtrere alt vannet med finmaskede filtre.

I denne studien ser vi to ulike typer semilukkede oppdrettsanlegg som benytter ulike tilnærminger for å samle slam. En av dem samler organisk materiale gjennom en filtreringsprosess. Den andre benytter ingen filtreringsprosess, men samler det organiske materialet opp i bunnet av anlegget. Her fanger man opp slammet ved å slippe ut bunnvannet med det organiske materialet. Dette bunnvannet utgjør 1 % av den totale vannmengden inne i anlegget.

Selv om man kun fanger opp en mindre andel av de totale utslippene av organisk materiale utgjør dette allikevel store volumer med slam. Det skyldes blant annet det høye innholdet av vann i slammet. Tørrstoffandelen er normalt under 20 % og kanskje mer realistisk mellom 5-10 %. Dette forklarer hvordan 1 kg fôr tilført til laksen blir konvertert til ca. 3-4 liter med slam. De store volumene av oppsamlet slam skaper dernest en utfordring med hensyn på hvordan det kan lagres.

### **Lagring**

En av respondentene som driver med oppdrett og benytter semi-lukket anlegg forklarte at de benyttet et mellomlagringssystem for slammet. Etter at slammet blir sugd ut og filtrert fra anlegget havner det i flytende container. Nåværende container som benyttes rommer 600 liter med slam. Siden det samles opp større mengder slam enn man opprinnelig hadde beregnet, blir containeren fylt opp allerede i løpet av tre dager. Dette skaper logistikkutfordringer. Slammet blir fraktet til land og tatt med landtransport i tankbiler og kjørt til biogassanlegg.

Ideelt sett, forklarer produsenten, burde man ha flere semilukkede anlegg i samme lokasjon som kan benytte et felles flytende system for oppsamling av slammet. Da hadde det blitt stordriftsfordeler som hadde redusert enhetskostnadene for oppsamling og håndtering av slammet. I en slik situasjon vil det være mer rasjonelt å bygge en separat stor flyteenhet for slammet koblet til de ulike produksjonsenhetene. Da kunne man utviklet et system der båter hentet slammet og førte dette videre til et anlegg for videre logistikk eller prosessering.

Den andre lakseprodusenten som benytter semi-lukket produksjonsanlegg har mindre krevende logistikk på grunn av nærhet til interkommunalt renovasjonsanlegg som benytter slammet til biogass.

### Transport

Alle som ble intervjuet var enige om at logistikken rundt slam er kritisk for å få til en lønnsom verdikjede. Den ene produsenten som benytter semi-lukket betaler for å levere slammet til et biogassanlegg. I tillegg må de betale for transporten av slammet. Prisen på transporten er en kombinasjon av kilopris for slammet pluss kostnader til ferjer, bompenger, og avstand. Det betyr at kostnaden blir høyere om man ikke utnytter kapasiteten til landtransporten fullt ut siden det da blir flere turer. I en slik situasjon hvor det kun er kostnader knyttet til levering av slam og ingen inntekter, skapes ingen lønnsomhet.

En produsent av slam fra landbasert anlegg forklarte at de må betale 30 øre i transport per liter med slam de leverer (som blir kjørt 100 km til biogassanlegg), og til det interkommunale biogassanlegget må de betale 20 øre. Produsenten må altså betale 50 øre liter per slam de leverer. Leveransene hentes av en tankbil som tar ca. 30 tonn, og det kjøres ca. 100 turer i året. Dette er kostnader de håndterer greit. Det er kanskje snakk om 2-3 millioner kroner per år. Rundt regnet tilsvarer produksjon av 1000 tonn fisk ca. 1000 liter med slam. Produsenten fra semilukket anlegg har derimot høyere kostnader per kilo slam avlevert.

Den ene produsenten som i dag leverer slam til interkommunalt biogassanlegg, nevnte også Danmark som et alternativt leveringspunkt. Det skyldes at i Danmark har man et biogassanlegg som er lokalisert ved et kaianlegg, slik at slammet kan fraktes med båt direkte til biogassanlegg. Han poengterte at slike løsninger bør man også vurdere å få til i Norge. I tillegg ble det nevnt at Danmark subsidierer sin biogassnæring og at dette nok øker deres betalingssevne for mottak av slam.

Det ble også nevnt at man burde vurdere å få til et hub-system for oppsamling og prosessering av slam langs kysten. Dette handler delvis om å få bedre skalaøkonomi. Spørsmålet er da hva som vil være en effektiv geografisk struktur for hub'er, også når man tar hensyn til at det vil etableres nye lukkede og semi-lukkede anlegg langs kysten de neste årene.

Bedre utnyttelse av fartøyer er også en kilde til økt effektivitet. F.eks. båter som frakter fôr kjører tomme tilbake fra fiskeoppdrettsanlegg til fôrprodusent. Disse kunne benyttes til å frakte slam tilbake igjen. Imidlertid krever det at slammet hygieniseres for eksempel gjennom varmebehandling. Dette gjøres i Finnmark. Her tørkes slammet slik at det i praksis ender opp som et tørrmateriale som blir fraktet med fôrbåter sørover i landet. Dette reduserer transportkostnader betydelig, men siden tørkeprosessen er energikrevende og kostbar er det per i dag ikke lønnsomt. Lakseprodusenten med landbasert anlegg planlegger å skalere opp produksjonen som vil øke mengden av slam betydelig, og utreder derfor muligheter for å bygge et biogassanlegg lokalt i et samarbeidsprosjekt mellom de ulike aktører i verdikjedene for havbruk og landbruk. Dette vil redusere transportkostnader og kan utløse synergier mellom bedrifter og bønder som utnytter råstoff og energi i et samarbeidsnettverk.

Det var enighet blant alle respondentene om at å transportere vått slam med mye vann ikke er økonomisk effektivt. Det bør derfor jobbes med å få redusert vanninnhold i slammet (avvanning). Ideelt sett bør slammet konverteres til et tørt produkt før det fraktes fra oppdrettsanlegget.

Respondenten med bakgrunn i vannrensing og med erfaring fra landbruk brukte som sammenligning behandling av kumøkk som blir skuflet ned i møkkakjeller og ligger der til tørk. Ideelt sett bør det være noe tilsvarende i oppdrett, at slammet blir tørket ved selve anlegget i kostnadseffektive og energisparende former. Energisparende former vil nok typisk være arealkrevende. Slik sett er det nok vanskelig å kopiere løsningen fra husdyrhold i landbruk. Tørking er energikrevende og en overgang til mer arealbesparende, og intensive former for tørking vil medføre betydelige investeringer samt operasjonelle kostnader for driften. Tørkingen kan foretas med ulike prosesser som filtrering eller varmebehandling. En større grad av tørking ved oppdrettsanlegget avhenger også av investerings- og driftskostnader til teknologier for tørking, og spesielt om produksjonsskalaen på oppdrettsanlegget gir mulighet tilstrekkelig lave enhetskostnader.

### Prosessering

Det finnes flere måter å bearbeide slammet til ulike sluttprodukter. Figur 3 peker på de mest relevante anvendelsene av slammet som er til produksjon av biogass, biokull og gjødsel. Anvendelse til børstemark og alger er i dag begrenset på grunn av begrensninger i lovverk, men det forskes og utvikles kunnskap og ny teknologi for denne typen anvendelse av slammet som mulig for kilde, for eksempel mikro- alger og børstemark (se for eksempel Kleinegris 2023-2027, Malzahn 2018-2022). Her oppsummeres også en del av utfordringene for å skape slike verdikjeder.

Per i dag benyttes slam fra fiskeoppdrett hovedsakelig til produksjon av biogass. Det finnes eksempler på at slam fra land- og ferskvannsbasert oppdrett av yngel og smolt benyttes til gjødsel, men det er allikevel biogass som er den dominerende bruken. Å lage biogass har vært en metode å håndtere slammet uten at det skaper ytterligere komplikasjoner. Bioresten som er igjen etter at slammet har blitt prosessert til biogass lukter ikke mye, det er enkelt å lagre, og det er enkelt å håndtere. I tillegg til å stabilisere slammet, skaper prosessen fornybar energi. Dersom man raffinerer biogassen ytterligere ender man opp med ren metangass, altså et tilsvarende produkt som naturgass fra norsk sokkel. I tillegg får man flere biprodukter. CO<sub>2</sub> gass, varme som benyttes i selve prosessen gir en restvarme som kan benyttes til andre formål, og bioresten kan benyttes som jordforbedringsmiddel. Bruk som jordforbedring har begrensninger dersom slam fra kloakk også er innblandet.

Tidligere var det like vanlig å kompostere slam som å benytte det til biogass. I en kompost har man høyere bevaring av næringsstoffer enn man får av bioresten som blir igjen etter å ha prosessert slammet i et biogassanlegg. Altså når man frigjør gasser fra slammet taper man næringsstoffer i tørrstoffet som blir igjen. Det vil allikevel være nitrogen og fosfor igjen slik at det kan egne seg som et gjødsel- eller jordforbedringsmiddel. Det utredes også kommersielle muligheter som bruk til fôr og som kilde til fosfor og nitrogen til bruk i organisk gjødsel.

Industrielle biogassanlegg er teknisk kompliserte og har kapasiteter som betyr at det bør være et visst volum før man investerer, slik at man oppnår tilstrekkelig lave enhetskostnader. På gårdsbruk kan det være små enkle biogassanlegg, men dersom man skal ha industriell skala på anlegget krever det mye større volumer av organisk materiale. For eksempel har man beregnet at et renseanlegg som behandler kloakk for minst 100 000 personer gir den nødvendige skalaen for et biogassanlegg. Grunnen til at slike volumer påkreves er også fordi det er mange tekniske krav knyttet til



prosesseringen. I tillegg til store kapitalinvesteringer kreves det derfor et kompetent fagmiljø knyttet til anlegget.

Der er andre utfordringer enn logistikk ved å benytte slam fra sjøoppdrett i biogassproduksjon. Slammet inneholder salt som binder fosfat og det skaper hydrogensulfidgass, som kan hvis det er store mengder drepe prosessen. Dette betyr at en bør benytte metoder for å separere ut mest mulig av saltvannet fra slammet før man kjører det inn i en biogassprosess.

#### *Annen bruk av slam*

Det anslås at det havner omtrent 27 000 tonn nitrogen og 9 000 tonn fosfor i sjøen i form av fiskeslam (NIBIO, 2021). Slammet kan utvinnes for å skille ut **fosfor (P)** og **nitrogen (N)**, uavhengig av bruksformål og derfor er en næringsrik ressurs. For eksempel, hvis ren fosfor blir utvunnet, kan det brukes til produksjon av kunstgjødsel, også kjent som mineralgjødsel. Alternativt kan disse næringsstoffene brukes til å produsere naturgjødsel, også kjent som organisk gjødsel.

Nitrogen (N) og fosfor (P) er essensielle næringsstoffer for alle levende organismer og utgjør en avgjørende komponent i gjødsel som brukes for å øke avlinger og sikre mattrygghet. Imidlertid er fosfor en begrenset ressurs, da det meste av det ikke er lett tilgjengelig eller økonomisk utvinnbart. Et begrenset antall land som Marokko, Kina, Russland og USA innehar de fleste av verdens reserver. Marokko kontrollerer for eksempel 75% av verdens fosfatsteinforeskomster (Mnthambala m. fl. 2021). Tidligere prognoser indikerer at med dagens nivå av fosforresirkulering kan fosforressursene bli uttømt innen 50-100 år, med en markant nedgang i tilgjengelighet mot knapphet rundt 2050 (Sverdrup m. fl. 2013).

I tillegg til å være et viktig næringsstoff, har fosfor en tendens til å konsentrere seg i jord og vann. Høye nivåer av fosforkonsentrasjon kan føre til eutrofiering og algeblomstringer som truer menneskers og dyrs helse på grunn av algegiftstoffene som dannes. Derfor, gitt dets knapphet og miljøpåvirkninger, er de avgjørende å studere mulighetene for å resirkulere fosfor og bygge opp en sirkulær fosforverdikjede. Tidligere forskning gjennomført i Norge indikerer at kostnadene i verdikjeden var høyere enn markedsværdien av fosfor, og dermed ikke økonomisk bærekraftig (Hilmarsen m.fl. 2021). Imidlertid pekte forskerne på at denne situasjonen kan endre seg hvis prisen på fosfat øker, slik vi har observert i de siste årene.

Foruten å bli brukt som gjødsel i jordbruket, kan fosfor også gjenbrukes som en essensiell ingrediens i fôrproduksjon. Likevel er bruk av animalske biprodukter, som fiskeslam, ikke tillatt i gjeldende EU-regelverk. Følgelig kom det ikke frem som et relevant tema under intervjuene.

**Biokull** seiler opp til å bli et nytt relevant alternativ til biogass og gjødsel. Det er i dag under planlegging og bygging økt kapasitet på biokullproduksjon i Norge (Ånensen, 2023). Biokull blir produsert gjennom en prosess som kalles pyrolyse. Pyrolyse innebærer å varmebehandle organisk materiale uten oksygen slik at det ikke blir noe forbrenning. Innholdet av rent karbon kan utgjøre mer enn 90% av biokullet. I tillegg til biokullet, som er hovedproduktet, resulterer prosessen også i væske, aske og pyrolysegass. Pyrolysegassen består av størst andel metan, deretter karbonmonoksid, karbondioksid og en mindre andel etan.

En av grunnene til at biokull betraktes som interessant er et gryende marked i metallurgiindustrien i Europa (Ånensen, 2023). Biokull kan erstatte fossilt kull som behøves i oppvarming og smelting av metall. Biokull har ikke noen kvalitative fordeler sammenlignet med fossilt kull. Men det som gjør biokull attraktivt er at EU arbeider med et system for 'karbonkreditt' ved bruk av biokull. En respondent som representerer en konvensjonell lakseprodusent, trakk frem at biokull rettet mot metallurgi og et fremtidig system med karbonkreditt er to faktorer som gjør det høyst interessant å utforske biokull som en bruk av slammet.

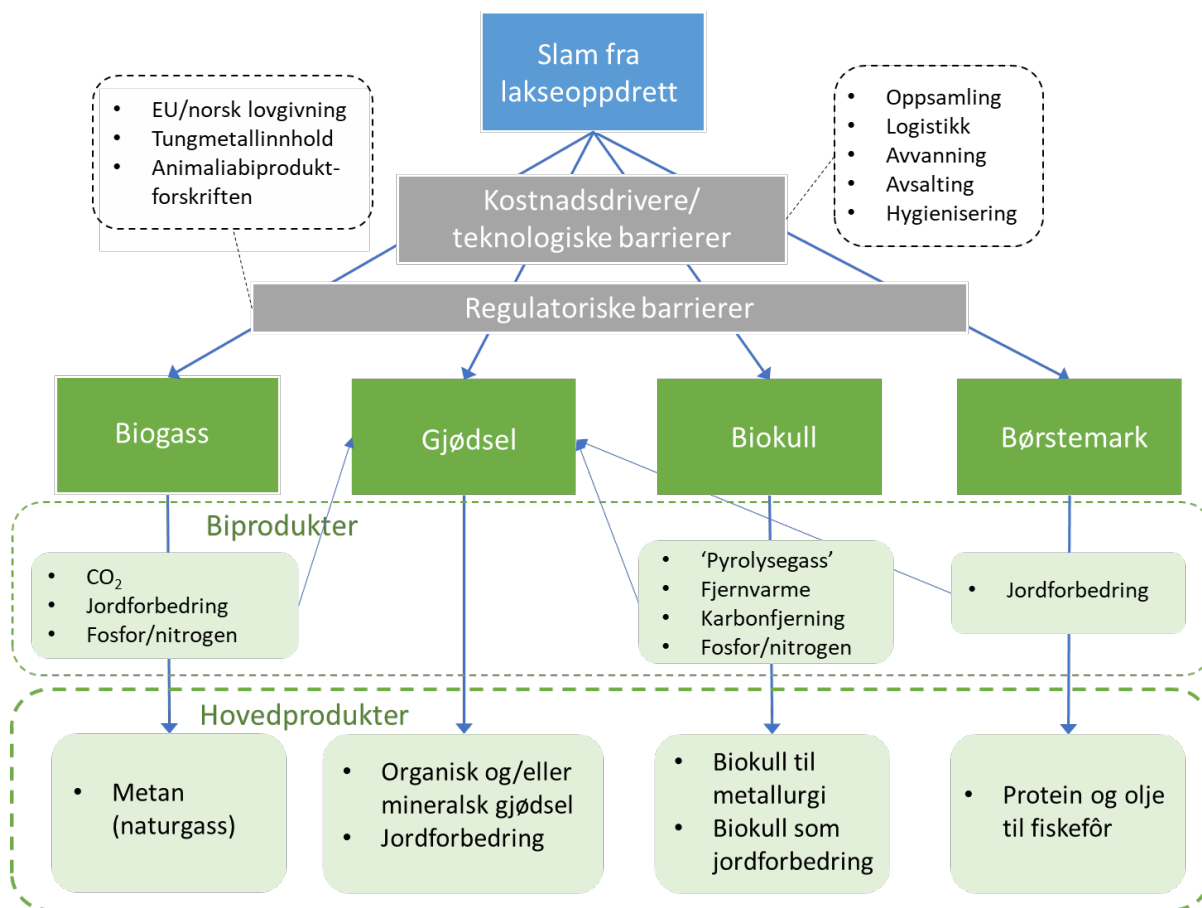
Siden biokull i metallurgisk produksjon benyttes til oppvarming krever det høyt energiinnhold. Normalt er det rester fra trevirke som benyttes til å produsere denne typen biokull. I hvilken grad slam fra oppdrett kan benyttes til denne typen biokull avhenger av hvor mye uspist fiskefôr det er i slammet og hva slags andre organisk materiale som benyttes (som for eksempel trevirke).

Den andre typen bruk av biokull er som jordforbedringsmiddel. Biokull kan blandes ned i jorden og bidrar til bedret kvalitet på jordsmonnet. Det er imidlertid her utfordringer knyttet til pyrolyse av fiskeslam. Ifølge forskere fra NIBIO vil det meste av nitrogenet forsvinne ut i pyrolysegassen, mens fosfor som blir igjen i biokullet blir vanskelig tilgjengelig for jordsmonnet (Bioretur, n.d.). I tillegg medfører pyrolyseprosessen en oppkonsentrering av tungmetaller i slammet. Slammet gir også et biokull med lav porøsitet som ikke er gunstig i forhold til biokull som jordforbedring. Slik sett kan det nok være mer aktuelt å sikte oppdrettslam inn mot biokull som erstatning til fossilt kull i metallproduksjon. Forskerne fra NIBIO mener at en mer hensiktsmessig bruk av slammet til gjødsel og jordforbedring vil være gjennom å benytte slammet minst mulig prosessert, bortsett fra å tørke det. Da vil man ta vare på og tilgjengeliggjøre mye mer av næringsstoffer som er relevant for jordsmonnet.

En annen mulig bruk av slam er til produksjon av børstemark. Dette er en bruk som bortsett fra gjennom forskningsprosjekter enda ikke er tatt i bruk. Bruk som fôr til børstemark skiller seg ut ved at det innebærer mindre grad av prosessering av slammet. Slammet blir biologisk prosessert ved at børstemarken fôrer seg opp ved å spise slammet. Slammet må imidlertid hygieniseres før det kan benyttes som fôr til børstemark. Børstemarken har et høyt innhold av protein og viktige aminosyrer som kan anvendes til fiskefôr. Per i dag er det ikke utviklet kommersielle løsninger for produksjon av børstemark i storskala og med bruk av slam. Dette alternativet må utvikles videre om det skal bli et kommersielt interessant alternativ.

### **Økonomisk analyse av fiskeslamverdikjeden**

Intervjuene gjennomført med industriaktører har identifisert ulike hindringer og muligheter for å etablere en velfungerende og lønnsom verdikjede for fiskeslam. Figur 4 presenterer en oppsummering av kostnadsdrivere, teknologiske og regulatoriske barrierer og peker på de mest relevante anvendelsene av slammet som er til produksjon av biogass, biokull og gjødsel.



**Figur 3.** Eksisterende og potensielle verdikjeder og tilhørende sluttprodukter basert på slam fra fiskeoppdrett.

For å utvikle nye sirkulære verdikjeder er det avgjørende å identifisere økonomiske barrierer i ulike stadier av verdikjeden. Disse barrierene kan være: (1) Eksternaliteter som ikke internaliseres på grunn av fravær av reguleringer eller økonomiske incentiver fra myndighetene, (2) reguleringer eller annen politikk som hindrer investeringer fordi de er kostnadsdrivende eller skaper økt risiko, (3) stordriftsfordeler som ikke utnyttes, (4) økonomisk risiko på grunn av tynne markeder, leverandør- eller kjøpermarkedsrett (f.eks. monopol), spesifikke investeringer med ingen eller svært få alternative bruksområder, og (5) behov for teknologiske innovasjoner som krever betydelige og risikofylte investeringer. I sirkulære verdikjeder for akvakulturslam kan alle disse barrierene være til stede.

Et tiltak som kan muliggjøre en sirkulær verdikjede er at myndighetene gjennom regulering incentiverer bedrifter i til å gjennomføre avfallsinnsamling og/eller behandlingsaktiviteter for å redusere utslipp. Utforming av slike reguleringer er imidlertid krevende, da de fordrer kunnskap om biologiske, tekniske og økonomiske forhold i verdikjeden. Reguleringer bør bl.a. være basert på kunnskap om negative eksternaliteter som bedrifter ikke internaliserer i sine investerings- og produksjonsaktiviteter.

For at en verdikjede skal oppstå, må det være tilstrekkelig lønnsomt for bedriftene i hvert ledd i kjeden til å utføre sine aktiviteter. Dersom det er investeringer knyttet til aktiviteten, må risikostjustert avkastning på disse investeringene være tilstrekkelig høy for kapitaltilbydere.

Alternativt kan aktiviteten utføres av bedriften fordi andre produksjonsaktiviteter i bedriften som er tilstrekkelig lønnsomme er avhengig av denne aktiviteten, for eksempel ved at lakseproduksjon i et lukket oppdrettsanlegg er tilstrekkelig lønnsomt til at det kan betale kostnadene ved innsamling, lagring og transport av slam.

Når forsyningskostnaden - de kumulative kostnadene gjennom alle leddene i verdikjeden - er for høye i forhold til salgsverdien til sluttproduktet, er det naturlig å spørre om det er mulig å redusere denne. Alternative kilder til kostnadsreduksjon (dvs. produktivitsvekst) er: Utnyttelse av stordriftsfordeler, investering i mer produktive eksisterende teknologier og innovasjon i nye teknologier.

### *Eksternaliteter*

Akvakulturloven §11 om miljøovervåking fastsetter krav om dokumentasjon innenfor lokalitetens påvirkningsområde ved etablering, drift og avvikling av akvakulturanlegg. I henhold til gjeldende regelverk er det ingen pålagte krav om oppsamling av fiskeslam fra sjøanlegg. Imidlertid er landbaserte oppdrettere pålagt å lede prosessavløpsvann gjennom et renseanlegg og å samle opp fiskeslam før avløpsvannet slippes ut i sjøen, for å sikre at kystområder med lav bæreevne ikke blir overbelastet (NIBIO, 2021). Både landbaserte og sjøbaserte akvakulturanlegg har ansvar for å dekke kostnadene knyttet til innsamling av fiskeslam, som er en frivillig kostnad for sjøanleggene, gjennom samarbeid med tredjeparts tjenesteleverandører.

Når man vurderer en verdikjede der det innsamlede fiskeslammet transporteres til et biogassanlegg for energiutvinning og utvinning av næringsstoffer til gjødselproduksjon, oppstår spørsmålet om hvorvidt fiskeslammet skal betraktes som en miljøforurensning eller en ressurs som skaper samfunnsmessige fordeler, samt hvem som skal dekke kostnadene for innsamlingen. En tydelig avklaring fra myndighetene vil gi aktørene i industrien trygghet, stimulere investeringer og fremme bærekraftige løsninger i håndteringen av fiskeslam, og dermed adressere negative eksternaliteter som oppstår både grunnet fravær av insentiver eller manglende reguleringer.

I denne sammenhengen er det avgjørende å finne balansen mellom å minimere negative eksternaliteter og fremme bærekraftig og sirkulær praksis. Når det gjelder sirkulærøkonomi prinsipper, kan det være mer hensiktsmessig å betrakte fiskeslammet som en ressurs. Respondentene nevnte imidlertid mangelen på klare økonomiske insentiver knyttet til fiskeslam. Å skape insentiver, for eksempel gjennom subsidieringer eller skattelettelser, kan i prinsippet være et virkemiddel for å oppmuntre aktørene i verdikjeden til å bidra til økt sirkularitet i slam verdikjeden. I tillegg til de økonomiske insentivene som ble nevnt i intervjuene, ble det påpekt i tidligere studier at lokaliteter der vannkvaliteten blir forbedret ved slamoppsamling, kan tildeles høyere maksimal tillatt biomasse (MTB) for å oppmuntre til ansvarlig behandling av slam (PwC 2023). Omvendt, hvis fiskeslam i noen prosesser og/eller geografiske områder/økosystemer blir vurdert å være en miljøforurensning kan myndighetene vurdere mer krevende og klarere reguleringer for å oppnå en mer balansert og miljøvennlig behandling av fiskeslammet.

### *Regelverk*

I tillegg til fravær av incentiver og strenge reguleringer, er en annen barriere i verdikjeden de gjeldende reguleringene angående bruk av fiskeslam i gjødsel. I henhold til EU-rammeverket og tilsvarende Mattilsynet-reguleringen er slam foreløpig ikke tillatt som råvare i gjødsel verken i EU-landene eller i Norge. Men dersom man tørker og hygieniserer slammet (dreper smittestoffer) kan det inngå direkte i produksjon av naturgjødsel uten å kreve kostbare prosesser for å ekstrahere enkelte næringsstoffer som fosfor eller nitrogen. På grunn av regulatoriske og politiske endringer i EU sikter man seg inn på å redusere bruken av kunstgjødsel og øke bruken av naturgjødsel (Oger, 2022). Endringer i EU sin jordbrukspolitikken hvor man nå ønsker økt andel økologisk jordbruk, økt fokus på forbedring av jordsmonn og økt selvforsyningsgrad av gjødsel i EU gjør at det fremover kan bli mer økonomisk attraktivt å anvende slam til gjødsel og jordforbedring.

### *Stordriftsfordeler og økosystem av industrier*

En viktig faktor som industriaktørene har fremhevet, er det uutnyttede potensialet for å realisere stordriftsfordeler. Intervjuene peker på at en økning i produksjonen av oppdrettsfisk i lukkede og semi-lukkede oppdrettsanlegg vil øke det totale volumet av tilgjengelig slam, og dermed legge til rette for utnyttelse av stordriftsfordeler.

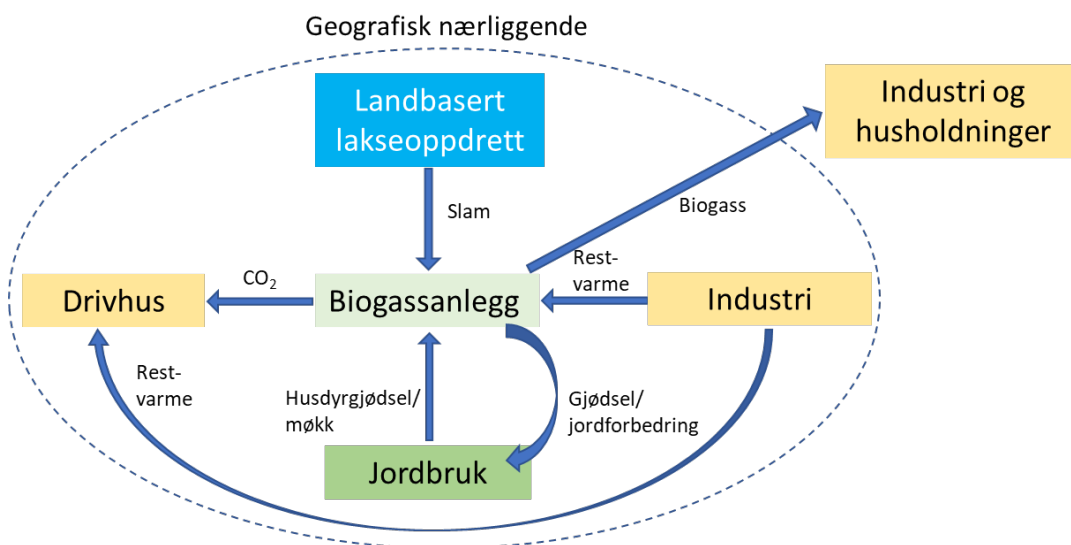
Det er stordriftsfordeler innen slamoppsamling, transport og prosessering. Med andre ord, med høyere volum faller enhetskostnadene. Problemet kan være at produksjonsskalaen for mange bedrifter ikke er stor nok til å utnytte stordriftsfordeler. Dermed kan det være lav kapasitetsutnyttelse av kapitalutstyr – f.eks. lagrings-, transport- og prosessutstyr – noe som fører til høyere enhetskostnader enn om kapitalutstyret var fullt utnyttet. Alternativt finnes det teknologier med lavere enhetskostnader, men disse er avhengige av større volumer enn det som er tilgjengelig på tidlige stadier av den sirkulære verdikjedens utvikling. En økning i produksjonen av oppdrettsfisk i lukkede og semi-lukkede oppdrettsanlegg vil øke det totale volumet av tilgjengelig slam, og dermed legge til rette for utnyttelse av stordriftsfordeler. Men hvis stordriftsfordelene er på anleggsnivå, og tilgjengelig slam fra individuelle oppdrettsanlegg forblir relativt lave, kan det være at stordriftsfordelene ikke realiseres fullt ut.

For å unngå slik tap, foreslår de intervjuete produsentene et hub-system der flere semi-lukkede anlegg organiseres i en hensiktsmessig geografisk struktur for å utnytte et felles flytende system for slamoppsamling. Dette kan innebære samlokalisering, men en samlokalisering vil måtte være resultat av en totalvurdering fra selskaper og myndigheter som omfatter hensyn til biosikkerhet med mer. I et slikt system kan det være en sentral flyteenhet dedikert til slammet som er tilknyttet flere produksjonsheter. Gjennom dette systemet kan båter enkelt hente slammet fra de ulike produksjonsstedene og deretter transportere det til et felles anlegg for videre logistikk eller prosessering. Ved å iverksette denne løsningen vil man kunne optimalisere slamhåndteringen, redusere tap av potensiell økonomisk verdi og samtidig effektivisere ressursbruk og kostnader.

Et lignende hub-system ble også nevnt for å utnytte de tomme fôrbåtene som returnerer til fôrprodusentene. Respondentene foreslo at de tomme båtene kunne benyttes til å frakte slam, men ettersom dette krever hygienisering og tørking av slammet, som er en kostbar prosess, er dette systemet ikke tilstrekkelig utviklet.

Imidlertid har slike hub-systemer som kan gi stordriftsfordeler ennå ikke naturlig oppstått gjennom markedsmekanismer. Semi-lukkede anlegg i sjø er på et utviklingstrinn hvor det fremdeles er få anlegg og man har fokus på å lykkes med andre forhold enn slambehandling i produksjonen, hvor det er spesielt fokus på tilvekst og dødelighet til fisken. Men på sikt kan man spør om det er en mangel på insentiver eller det finnes regulatoriske barrierer som hindrer utvikling av en økonomisk effektiv verdikjede. Dette utgjør en interessant utfordring når det gjelder statens involvering i å skape slike hub-systemer, og hvilken rolle staten bør ta for å oppnå en balanse mellom å oppmuntre til sirkulær slamhåndtering og samtidig la markedet fungere effektivt på egen hånd.

På samme måte som opprettelsen av hub-systemer som forbinder aktører i verdikjeden, ble opprettelsen av økosystemer av forskjellige industriaktører (dvs. industriell symbioses) fremhevet som en betydelig mulighet for fiskeslam verdikjede. Et slikt økosystem kan samle både blå og grønne sektorer, samt andre industriaktører. For eksempel kan en bedrift som produserer overskuddsvarme levere denne til et biogassanlegg som helst skal opprettholde en temperatur på rundt 38 grader. Dette samarbeid muliggjør energisparing for biogassanlegget ved å utnytte den tilgjengelige overskuddsvarmen. Videre, hvis man også etablerer en drivhusproduksjon, kan denne ta imot CO<sub>2</sub> fra biogassanlegget i tillegg til en del av overskuddsvarmen fra den første bedriften. Dette resulterer i svært lave driftskostnader for drivhusanlegget, da det nyttiggjør seg av ressursene som allerede er tilgjengelige i det økosystemet av økonomiske aktiviteter. Figur 5 illustrerer dette økosystemet og dets potensiale for samarbeid og ressurseffektivitet.



**Figur 4.** Eksempel på et planlagt 'økosystem' av næringsvirksomhet tilknyttet biogassanlegg

Slike økosystemer gir muligheter for å styrke samarbeidet mellom grønne og blå sektorer på en måte som gir økonomiske gevinster for begge. Figuren viser at lokale bønder leverer husdyrgjødsel og får tilbake en mer balansert gjødsel med mindre fosforinnhold. Dette er et verdifullt produkt for bøndene siden landbruksarealene deres allerede har høyt fosforinnhold. Denne gjødselen er basert på bioresten fra biogassproduksjonen, som i tillegg kan utvikles til et jordforbedringsmiddel. Når det gjelder fiskeoppdrettere, gjør de sin produksjon mer sirkulær og bærekraftig ved å levere fiskeslam i næringslivets økosystem. Respondentene imidlertid pekte på at det er noen regulatoriske utfordringer som må løses før slike systemer kan operere effektivt. For eksempel får ikke

biogassprodusenten en positiv vurdering i klimaregnskapet sitt hvis de tilfører drivhuset CO<sub>2</sub>, men de får derimot en positiv vurdering hvis de lagrer det under bakken. Videre får bøndene støtte for mengden husdyrgjødsel de leverer, mens for fiskeoppdrettere er det ikke offentlige virkemidler som gir slike insentiver.

### *Økonomisk risiko*

For at en verdikjede skal oppstå, må det være tilstrekkelig lønnsomt for bedriftene på hvert ledd i kjeden til å utføre sine aktiviteter. Dersom det er investeringer knyttet til aktiviteten, må risikojustert avkastning på disse investeringene være tilstrekkelig høy for kapitaltilbydere. Alternativt kan aktiviteten utføres av bedriften fordi andre produksjonsaktiviteter i bedriften som er tilstrekkelig lønnsomme er avhengig av denne aktiviteten, for eksempel ved at lakseproduksjon i et lukket oppdrettsanlegg er tilstrekkelig lønnsomt til at det kan betale kostnadene ved innsamling, lagring og transport av slam.

Med tanke på at fiskeslamverdikjeden ikke er fullt utviklet, er det fortsatt økonomiske risikoer knyttet til behandling av fiskeslam. Per dags dato har oppsamling av slam negativ eller lav lønnsomhet for fiskeoppdrettere på grunn av de tidligere nevnte høye kostnadene, uutnyttet stordriftsfordel potensial og tekniske utfordringer.

Kostnadene knyttet til innsamling, transport og prosessering av fiskeslam kan variere, og uforutsette utgifter kan føre til kostnadsoverskridelser som påvirker den totale økonomiske levedyktigheten i verdikjeden. Videre opplever aktørene langs verdikjeden ulike kostnader, der semi-lukkede produsenter har høyere kostnader. Kostnadene endres også med hensyn til transport- og logistikkbehov. I tillegg krever innsamling og behandling av slam betydelige oppstartsinvesteringer, noe som kan føre til tynne markeder med inngangshindringer. For å takle utfordringen med et tynt marked for fiskeslam, kan det være nødvendig å vurdere tiltak som stimulerer investeringer, reduserer kostnader eller fremmer samarbeid blant interessegrupper. Støtte fra myndighetene, økonomiske insentiver og politiske tiltak kan spille en viktig rolle i å stimulere investeringer og oppmuntre flere aktører til å delta i fiskeslam verdikjeden.

Nå er det hovedsakelig industriaktører med tilgang til risikokapital som engasjerer seg i store sirkulære initiativer. Imidlertid er det økende interesse for sirkulære aktiviteter i havbruksnæringen i det siste, og flere prosjekter som fokuserer på fiskeslam verdikjeden og dens sluttprodukter. Det gjenstår også å se hvordan disse investeringene og innsatsen vil bli påvirket av den nye grunnrenteskatten.

### *Innovasjon og tekniske utfordringer*

Intervjuene pekte på at det er mange tekniske utfordringer knyttet til hvert ledd i verdikjeden, fra innsamling til prosessering av fiskeslam. Som figur 4 viser, er det store kostnader knyttet til fiskeslamoppsamling, logistikk, avvanning, avsalting, og hygienisering. For øyeblikket finnes det ikke billigere tekniske løsninger å håndtere disse utfordringene. Siden innovasjonsbehovet og tekniske barrierer ofte krever betydelige investeringer med betydelig finansiell risiko, er det vanskelig å løse disse utfordringene raskt. Videre nevner noen respondenter at mens forskningsmidler er relativt enklere å skaffe, er finansiering for pilot – og oppskaleringprosjekter ikke like tilgjengelig.

## **Koordinering av etablering og oppskalering av nye sirkulære verdikjeder**

Etablering av en ny sirkulær verdikjede krever at flere aktører foretar investeringer og tar risiko. For den enkelte bedrift kan den økonomiske risikoen bli vesentlig påvirket av andre bedrifter sine valg når det gjelder timing, lokalisering, kapasitet, teknologi, kontrakter, prissetting, etc. Den totale produktiviteten og enhetskostnaden til verdikjeden bestemmes av valg gjort av bedriftene i de ulike ledd. Spesielt for populasjonen av små og mellomstore bedrifter med begrenset tilgang til kapital og begrensede menneskelige ressurser kan dette bli krevende, og føre til at disse ikke blir med i en omstilling mot sirkulær økonomi i tilstrekkelig grad.

Om den enkelte bedrift faktisk velger å foreta investeringer som kan øke sirkulariteten kan være helt avhengig av koordinering med andre aktører. Denne koordineringen kan omfatte utforming av hele eller deler av verdikjeden, hvilke roller ulike bedrifter tar, utforming av kontrakter etc.

For å redusere bedriftenes risiko og øke sannsynlighet og omfang av investeringer i sirkulære verdikjeder vil det være nødvendig med tiltak som øker koordineringen av bedrifter i ulike faser i etablering, investeringer og oppskalering. Koordineringstiltak vil kreve ressurser i form av kompetanse på flere områder, ledelse og administrasjon, mm. Et koordineringsprosjekt kan omfatte kunnskapsbygging og innovasjonsaktiviteter på flere områder. Det forventes å være en markedssvikt i koordineringstiltak, altså at private aktører ikke vil investere tilstrekkelig i disse kostbare aktivitetene, grunnet bl.a. manglende individuell avkastning og høy risiko. Derfor er det nødvendig at myndighetene subsidierer koordineringsaktiviteter gjennom det offentlige virkemiddelapparatet.

Et prosjekt som skal bidra til etablering og oppskalering av en sirkulær verdikjede kan omfatte følgende:

- Analyse av ulike verdikjede strukturer med hensyn til geografisk lokalisering, teknologi, skala/kapasitetsutnyttelse/antall transportenheter, lagerenheter, prosessenheter, mm. Formålet er å få kunnskap om hvordan ulike strukturer påvirker skalaøkonomi og enhetskostnader i verdikjeden. Det kan være aktuelt å utvikle modeller som gir mulighet for optimering av verdikjeden med hensyn på enhetskostnader, nåverdi/avkastning av investeringer, miljø- og klimaavtrykk (LCA), m.m.
- Analyse av fremtidige markedsmekanismer, prisdannelse og prisnivåer for ressursen, samt rollen til myndighetenes reguleringer og virkemidler for prisdannelse, og hvordan dette påvirker lønnsomhet og finansiell risiko.
- Analyse av hvilke innovasjoner og innovasjonsprosjekter som er påkrevet for å sikre bærekraft i flere dimensjoner, også økonomisk bærekraft. Dette omfatter også analyse av finansieringsbehov, organisering mm for innovasjonsprosjekter.
- Analyse av hvordan tidspunkt, lokalisering, teknologivalg, skala mm påvirker lønnsomhet og risiko til den enkelte bedrift som skal foreta investeringsbeslutninger. Selskaper skal foreta spesifikke investeringer, dvs. investeringer i lokasjoner og infrastruktur som har lav avkastning i alternative anvendelser, og dermed gjør selskapene sårbare for «opportunistisk» adferd (f.eks. kontraktsbrudd) til leverandører og/eller kunder i verdikjeden. Dersom det er nødvendig med teknologiske innovasjoner vil dette øke risikoen.



- Analysere hvordan ulike risiko kan reduseres gjennom forskjellige koordineringsmekanismer, f.eks. kontrakter, langsiktig samarbeid, joint ventures, etc. Dette omfatter også en forståelse av om det er naturlige monopoler eller andre forhold som gir opphav til forhandlingsmakt før og etter spesifikke investeringer er foretatt. Det er generelt nødvendig å få kunnskap om det er ulike former for markedssvikt før og etter investeringer i verdikjeden som impliserer at det er nødvendig med reguleringer eller andre virkemidler fra myndighetene.

## Oppsummering

Selv om oppsamling av slam for øyeblikket er forbundet med lav eller negativ lønnsomhet, tas det likevel initiativer for å utvikle løsninger for å samle opp og håndtere slam. Dette skyldes en kombinasjon av signaler fra myndigheter samt fiskeoppdretters egne forventninger om endringer i fremtidige rammebetingelser. Aktørene erkjenner behovet for å tilpasse seg mer bærekraftige praksiser, og det er et voksende ønske om å utvikle teknologiske løsninger og få en bedre organisering av slamverdikjeden. Gjennom samarbeid og engasjement fra både myndigheter og industrien, kan det skapes en mer robust og effektiv slamverdikjede som bidrar til å redusere miljøpåvirkningen og fremme bærekraftige praksiser i akvakulturindustrien.

Analysen peker også på noen generelle utfordringer i utvikling av sirkulære verdikjeder. Mange bedrifter har i utgangspunktet mer konvensjonelle forretningsmodeller, hvor sirkulærøkonomi i liten grad er inkludert. Omstilling til en sirkulærøkonomisk forretningsmodell kan stille store krav til ledelsen i bedriften, og kan medføre behov for rekruttering av ny kompetanse, investeringer i nytt kapitalutstyr og lokaliteter, og investeringer i nye leverandør- og kunde-relasjoner. Det kan være betydelig mer krevende for en bedrift å begynne en omstilling mot sirkulærøkonomi etter at alle investeringer i lokalitet og kapitalutstyr er foretatt. Utvikling av en sirkulær verdikjede vil også ofte kreve at flere bedrifter foretar strategiske beslutninger og investeringer samtidig, og forplikter seg i forhold til hverandre. Her er det utfordringer med å koordinere bedrifter, samt at bedrifter pådrar seg risiko gjennom å gjøre spesifikke investeringer som gjør dem avhengig av andre aktører i verdikjeden. Det kan derfor hevdes at utvikling av sirkulære verdikjeder har et større behov for koordinering og kollektive handlinger enn konvensjonelle lineære verdikjeder. Spesielt når det i utgangspunktet er begrensede volum og det må foretas viktige grunnlagsinvesteringer er det et spørsmål om markedet løser dette på egenhånd, eller om det her kan være en markedssvikt. Det kan være en rolle for myndighetene når det gjelder å stimulere til etablering av sirkulære verdikjeder. For eksempel kan et virkemiddel være støtte til klyngeorganisasjoner som kan bidra til å koordinere og bygge tillit mellom bedrifter i utvikling av nye verdikjeder.

## Hovedutfordringer

- Lønnsomhet. Stort sett alle alternative anvendelser av slammet har i dag et negativt regnskap. Tilbud og konkurranse av ulike teknologiske løsninger for slamhåndtering, logistikk, og prosessering er begrenset.
- Logistikken representerer kanskje den største utfordringen. Høyt vanninnhold og lav kilopris gjør det lite lønnsomt å frakte slam.
- Det blir viktig med samlokalisering og utvikling av klynger og felles transportsystem som kan øke skala, redusere avstander, og intensivere fortgang i teknologiutvikling.

- Energieffektive tørkeprosesser er også et viktig moment for å skape nye verdikjeder.
- Det er viktig å utvikle et forretnings-økosystem for å skape lønnsomhet rundt slam. Dette øker imidlertid kompleksitet og koordineringskostnader.
- Det kan være markedssvikt knyttet til etablering av nye sirkulære verdikjeder, da det krever at flere bedrifter foretar samtidige strategiske beslutninger og investeringer. Koordinering av bedrifter kan være svært krevende, og bedriftene kan pådra seg betydelig risiko ved å gjøre spesifikke investeringer i forhold til leverandører og kunder i en sirkulær verdikjede.

#### 4.1.4 Funn og resultater fra arbeidspakke 4

I denne arbeidspakken har det blitt gjennomført tre workshops:

- Tema «resirkulering og oppsirkulering av restråstoff», i Tromsø 20. april med deltagere fra foredling av restråstoff, virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning restråstoff/sjømat, og biogassproduksjon.
- Tema «plast» i Bergen 26. april med deltagere samt to observatører fra EY. Funn fra denne workshopen vil også gå inn i NCE Seafood sitt arbeid om plast i akvakultur. Deltagerne inkluderte representanter fra virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning på plast og sirkulærøkonomi, leverandørkjeden, emballasje og avfallsbransjen.
- Tema «fôr til akvakultur» i Stavanger 27. april med deltagere fra fôrindustri, virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning på nye fôrråvarer, og lokale politikere.

Se vedlegg 1 for rapporter fra workshopene, her presenteres generelle funn og spesifikke funn i forhold til de ulike temaene for workshopene.

#### Sirkulærøkonomi innen sjømatproduksjon

Havet er stort og inneholder enorme fornybare biomasser – mange muligheter for ny kunnskap og nye produkter. Alle deltakerne viste til at det er et stort potensial for mere sirkulære verdikjeder, at sjømatnæringen kan bli 100 % sirkulær, men at dette betinger fornybar ressursutnyttelse. Næringen bør utarbeide gjennomtenkte kvalitetskrav i lys av sirkularitet, det må arbeides med å lukke kretsløp, og en bør produsere produkter på en slik måte at sidestrømmer/ biprodukter/ ko-produkter kan brukes med så lite avfall som mulig. Det foreslås også å fokusere mer på landbaserte løsninger eller nær landbasert for å gi bedre logistikk og øke kvaliteten av restråstoff for videre behandling.

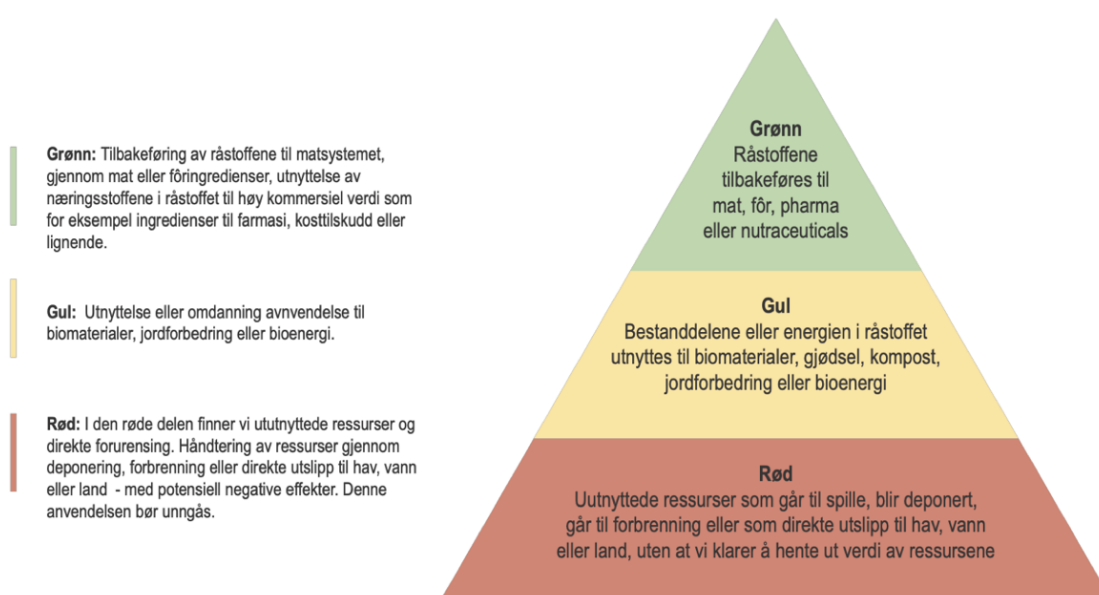
Det var flere som tok opp at verdikjedene ikke er økonomiske bærekraftig per dags dato og poengter viktighet av å maksimere verdi av det en skaper, og at dette innebærer å identifisere relevante markeder og designe verdikjeder som åpner for lokalt samarbeid og full utnyttelse av ressursene med mer effektiv energi bruk. Det er ikke den enkelte bedrift som blir sirkulær, man må koble seg på andre aktører både oppstrøms og nedstrøms. Dette innebærer både industrisymbiose og forskningssymbiose, og inkluderer både FoU, TTO, leverandørkjeden og industri. Det ble også diskutert om sirkulærøkonomi kan innebære et felles verdigrunnlag for næringen og at dette handler om hvordan en forholder seg til kombinasjonen av økonomi, bærekraft og arbeidsplasser.

Spesifikke tema som ble tatt opp i forhold den biologiske og tekniske sirkelen var:

## Den biologiske sirkelen

Restråstoff;

- Det er store muligheter for å utvikle både lavverdi- og høyverdiprodukter lokalt, framfor å sende restråstoff ut av landet. For eksempel mer videreforedling av fisk vil gi mer tilgjengelig råstoff som igjen kan gi nye produkter. Bedre logistikk, behandling av råstoffet (som temperatur under lagring) for å fremme kvalitet, og ved å tenke portefølje kan øke mulighetene for videreforedling av restråstoff.
- Restråstoff må brukes smartere – et restråstoff kan ha flere bruksområder. Behov for mer søkelys på høyverdiprodukter og at dette er mer en farmasøytiske produkter; eksempler inkluderer enzymer (kilde for enzymer som senere brukes via rekombinerte mikroorganismer), kosttilskudd, proteiner, essensielle fettsyrer, og fôr til kjæledyr, se figur 5.
- Forslag for økt utnyttelse inkluderte forbedret sortering av avskjær/restråstoff, slik at enkeltkomponenter kan brukes separat, slik som svømmeblære (et populært produkt i Asia). Restråstoff fra villfisk kan brukes til mer enn ensilasje (proteinproduksjon eller substrat til insekter/alger/fermentering), det bør også sees på alternativ bruk av fiskemel som i dag går til fiskefôr.
- Utnyttet potensiale i store mengder restråstoff fra skalldyr (spesielt reker og snøkrabbe), dette gjelder særlig kitin og mineraler til gjødsel, plantevernmidler, og sårbehandlings midler.
- Restråstoff av restråstoffet: Rest fra annen produksjon som Omega-3 bør også utnyttes bedre, og eksempler på dette er grønn energi.
- Spesifikke samarbeid/symbioser som ble foreslått: Oppdrett/postsmolt/fiskemottak – råstoff/bioteknologi FoU partnere, tang- og tare dyrking der tang brukes som substrat til fermentering, og restråstoff som substrat for proteinproduksjon.



**Figur 5.** Hierarki for bruk av restråstoff (Kilde: Nærings- og fiskeridepartementet, m.fl. 2023).

**Slam:**

- Slam må behandles som en ressurs. Det meste av slam som samles inn går til biogass produksjon, resten går til gjødsel. Per i dag så kan ikke gjødsel produsert basert på slam brukes i Norge på grunn av strengt regelverk. Noe av slammet eksporteres og brukes i Vietnam som gjødsel.
- Det kreves at det utvikle nye prosesser for gjenvinning av nitrogen og fosfor fra slam samt utvikling av nye prosesser som ikke binder fosfor slik at det kan brukes videre. I disse prosessene må en også se på forbedringer i energibruk og på kostnadsnivå.

**Fôr:**

- Nye forråvarer trengs, og disse må være mer lønnsomme og mer bærekraftige enn de en benyttes i dag. Det ble vist til at det er et behov for å stimulere til utvikling av forråvare som ikke er arealkrevende og ikke human konkurrerende (kan brukes til humant konsum).
- Det finnes mange andre muligheter for fôr enn restråstoff fra fiskeri og landbruk, som bruk av alger, bakterier, sopp, insekter og blåskjell. Men disse kildene er ikke tilstrekkelig for å produsere alt fôr som behøves i dagens akvakulturproduksjon.
- Det er optimistisk med Råvareløftrapporten (Bjordal m.fl. 2022), men det er mest sannsynligvis umulig å produsere så mye som de hevder i rapporten. Det vil kreve en oppskalering av produksjon med store fabrikker for at det skal kunne produseres nok fôr-ingredienser.
- Produksjon av bærekraftig fôr i lakseindustrien vil ha positive spredningseffekter i andre typer oppdrett.
- Industrien er i gang med et samarbeide for å teste de nye fôrråvarene.

**Den tekniske sirkelen**

Sirkulære løsninger i den tekniske sirkelen krever er bedre håndtering av brukt utstyr og system for leie/leasing av utstyr fremfor å eie, samt en overgang til mer bestandige materialer i utstyr og materialer som kan brytes ned eller resirkuleres. Det ble vist til at det må på plass bedre mottaksløsninger, henteløsninger og gjenvinningsløsninger i Norge.

System for digital sporing av produkter (i alle slags materialer) må også tas i bruk. Det ble vist til behov for godkjenning av forlenget levetid basert på reell kvalitet, og spørsmål til om dagens standarder stiller for høye krav til kvalitet (for eksempel NS9415 i akvakulturnæringen), da mye av dagens utstyr kan benyttes utover dagens godkjenningstid. Registreringsløsninger under produsentansvarsordningen, produktsertifikat, samt levetid og resertifisering er viktig. I utviklingen av sirkulære løsninger bør de største komponentene prioriteres (eksempler på dette innen havbruk er merd, not, fôrslanger osv.).

**Energi:**

- Overgang til mer miljøvennlig drivstoff som fra bio-kilder hos fiskebåter og i havbruk.
- Kjernekraft er vanskelig på grunn av dårlig omdømme.

**Plast:**

- Plast – et globalt problem som krever felles løsninger, lokalt, nasjonalt og internasjonalt. Bransjen er i varierende grad klar over næringenes bidrag til marin plast i havet. Deler av næringen jobber med tiltak for å redusere lekkasjen av plast til sjøen, mens andre deler ikke er klar over hvor mye av avfallet som kommer fra sjømatnæringen. Der er fremdeles behov for informasjon om dette.
- Overgangen til en sirkulærutnyttelse av plast vil kreve at det brukes mindre jomfruelig plast samt en stor omlegging med nye logistikk-løsninger for ombruk, behandling, gjenvinning, gjenbruk og resirkulering av plast. Disse løsningene bør være i Norge.
- Mer kunnskap trengs for å ha kontroll på sammensetning av materiale, da giftstoff kan både forekomme og utvikles i resirkulert plast.
- Der bør innføres mer avgift og pant for å fremme redusert bruk av plast.
- Produsentene bør ha et større ansvar, slik at man sikrer renere fraksjoner og insentiv til å bygge lukkede sirkler. Der er for mange plasttyper i omløp i dag.
- Plast bør der det kan byttes ut med nye materialer basert på andre råvarer som tare, cellulose osv. Det foregår innovasjon i produksjonsteknologi av nye materialer, for eksempel ved bruk av bioteknologi, enzymbehandling, og fermentering ved hjelp av bakterier og sopp.
- Bionedbrytbar plast har ikke egenskaper som er gode nok til å brukes i store installasjoner som f.eks. nøter, men bør kunne brukes i mindre deler som slites mye og hvor det er stor lekkasje av mikroplast, et eksempel på dette er fôrslanger.

**Hvordan påvirker regenerering og restaurering av miljøet sjømatnæringen?**

Her ble det vist til at vi må tenke hele verdikjeden, eksempel soya, hvordan påvirkes fotavtrykket og miljøpåvirkningen i hele produktets livssyklus. Tråling er et eksempel på en praksis som er effektiv, men negativt for miljøet. Restaurering kan innebære at man verner et havområde der det er mye fisk. For fiskeri vil dette kunne føre til at man må gå lengre avstander for å fangste, som igjen vil øke utslipp og kostnader på kort sikt, men på lang sikt vil dette sikre fiskebestander. For havbruk vil restaurering av natur kunne føre til at lokaliteter legges brakk. Revitalisering av lokasjoner vil påvirke samlet produksjon positivt. Vi må bruke de ressursene vi har tilgjengelig godt og fullt ut, og sørge for sirkularitet i produksjon. Det bør være samspill mellom bærekrafts dimensjonene, litt avhengig av tidshorisont. Bruk av vann, gass og energi må også optimaliseres.

Under dette tema ble også ilandføring av fangst fra fiske tatt opp. Norge har andre regler enn i EU for ilandføring av fangst, det antas at man vil se endringer hos selskaper i EU etter hvert som slike regler innføres. I Norge har workshopdeltakere erfaring med at fiskere ser på det som negativt å ikke føre restene tilbake til havet, for å «gjødsle» havet. Men det kastes mye ressurser på havet som kunne vært brukt.

**Samarbeid for økt sirkularitet**

Det må bli bedre samarbeid mellom høsting og foredling og aktører både oppstrøms og nedstrøms. Samarbeid er avhengig av et økosystem av aktører og åpenhet. Få store aktører reduserer åpenhet

(om data fra pågående prosjekter, erfaringer som i forhold til utfordringer og om fremtidige planer), og lukker systemet inne. Det ble vist til at deling av data er i dag hindret av vertikal integrasjon, hvor noen aktører ofte ikke deler sin informasjon om prosesser og ideer.

Det kreves mer samhandling mellom partene i verdikjeden, og med aktører som ikke er en del av verdikjeden i dag. Eksempel som kom frem i workshopene var å bygge næringsbygg og boligbygg med glassvegger med rør for mikroalgeproduksjon, annet eksempel var å etablere dyrking av alger i basseng til settefiskanlegg. For å få til samarbeid bør man få på plass pilotordning, koordinering, og initiativ for nye forretningsmodeller og industriell symbiose. Avfallshåndtering og biogassanlegg må være en del av samarbeidet. Man må samkjøre smarte forretningsmodeller, med sirkulær design gjennom verdikjedene, med mål om å skape vinn-vinn for alle parter. Dette kan gjøres ved at etablert industri kartlegges, ved for eksempel at en definerer 100 km omkrets for å etablere industriell symbiose innenfor dette området. Dette vil få positive effekter på logistikk og føre til en effektivisering i energiforbruk.

Økt samarbeid på tvers av verdikjedene kan sikre volum og skalering, og gi uutnyttede muligheter med hensyn til sesong der én produsent har ledige fasiliteter i perioder der en annen produsent mangler utstyr. Økt samarbeid vil også bidra til at rest av restråstoff brukes -det finnes alltid en kunde, selv om aktør 1 ikke ser verdien i for eksempel et uløselig sediment fraksjon. Økonomisk er det kanskje ikke realistisk å få til, samtidig ble det vist til at det å operere alene uten partnere også en hindring for å få til sirkularitet.

Kompetanse må hentes inn og aktører fra FoU må være med via finansieringsordninger som både legger til rette for FoU og industri interesser. Det ble også foreslått å tilpasse samarbeid med aktører/områder som er like for å styrke regionalt samarbeid, og arbeide med symbioser som en strategisk satsning. Regionale symbioser kan gi drastiske reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp. Andre virkemidler er samlokalisering/sentralisering og lokalisering nær viktig infrastruktur.

### **Lover, reguleringer og standarder**

Innen den sirkulære økonomien er det nødvendig å undersøke om en bør tilpasse eller endre lover, reguleringer, og standarder da disse ikke er oppdatert i forhold til produkt- og teknologiutvikling. Lokale regelverk er heller ikke tilpasset nye forretningsmodeller som bygger på samlokalisering og industriell symbiose. Internasjonale rammeverk er også relevant og gjør det enda mer komplisert – sjømatnæringen er internasjonal i motsetning til landbruk. Videre nevnes det at dagens regelverk er for stramt med hensyn til hva som er mulig å bruke restråstoff til, slik som for høye grenseverdier for sporstoffer i produkter basert på restråstoff, og i forhold til hva som kan brukes som føringredienser.

Det ble i workshopene vist at myndighetene kan bruke regulatoriske endringer som både pisk og gulrot. Regulering fungerer best sammen med belønning, kvotebonuser o.l. Det ble også vist til regelverket må justeres ellers kan det skje at næringen flytter til de landene med minst strenge regler og best økonomiske rammebetingelser så lenge det er mulig å dyrke fôr og/eller oppdrette laks der. Handlekraft og samarbeid mellom myndigheter som Miljødirektoratet og Mattilsynet, og næring må derfor til.

Sertifiseringsprosesser er lange og kostbare, men nødvendige for å vurdere kvalitet av produkter og varianter. Det ble vist til at det kan være en utfordring å holde varene rene gjennom prosessen, dette gjelder for eksempel resirkulert plast og produkter fra restråstoff. Sporbarhet blir derfor viktig for å ha kontroll på verdikjeden. Det finnes sertifikat på produkter – men disse er ikke tilstrekkelige, og det mangler pålegg om sertifikat på deler av utstyret. Det må etableres standard på sirkularitet og på livsløpsanalyser, slik at man får bedre beslutningsgrunnlag.

Det ble også tatt opp at tilsyn og virkemiddelapparatet har for lite ressurser og folk til å følge utviklingen - kapasiteten hos forvaltningen er en flaskehals. Det eksisterer også ulike rammer for å måle sirkulære aktiviteter, og her må det gjøres et utredningsarbeid for å måle sirkularitet. Grad av sirkularitet som anvendt i dette prosjektet (de ulike R-ene) kan være et slikt verktøy, men det ble ikke gjennomgått nøye i workshopene.

### **EU-taksonomien**

Det varierte om deltakerne hadde kunnskaper om og aktivt arbeidet med taksonomien. Flere oppfattet den som lite oversiktlig og lite tilgjengelig, og det var uklart for hvem, hva og hvordan den vil gjelde. Noen spurte om det handler om bærekraft, om det vil føre til mer grønnvasking, om det bare er større firma som påvirkes, og om mindre selskaper vil ha kapasitet til å sette seg inn i kravene. Noen knyttet det direkte til sertifisering, andre til innkjøp av tjenester med lavt klimaavtrykk. Andre kjente mindre til den, og hadde ikke berørt spørsmålet enda.

### **Marked, innovasjon og incentiver**

En del av mulighetene som ble listet opp i workshopene var knyttet til politikk, finansiering, skatt og arealplanlegging. «Mulighetene ligger i insentivene. Dette vil kreve styring, nasjonale føringer, og en prioritering av aktører som bidrar positivt i forhold til miljø og klima-sammenheng. Det ble også vist til i workshopene behov for å dele praktisk erfaring og suksesshistorier som har økonomisk gevinst. Åpenhet og deling av informasjonen er også viktig slik at forskning og innovasjon blir anvendt.

Utfordringene aktørene har i dag er knyttet til:

- Sirkulære løsninger/selskaper mangler i dag gode finansierings modeller og aktører. «Enten må staten betale eller så må næringen tjene på sirkulærøkonomi for at næringen skal drive med det». Store investeringer som medfører ny kapital, finansiell risiko og tilgang til rimelig energi er derfor en flaskehals, dette gjelder for eksempel oppskalering av produksjon.
- Det mangler (lokale) marked for restråstoff og sirkulære produkter, samt koordinering og samarbeid på tvers av sektorer.
- Produksjon av høyverdiprodukter fra restråstoff krever kapital og investeringsvilje/evne da disse produktene krever mer forskning og dokumentasjon for godkjenning (påvise at det er trygt). Denne produksjonen preges av små selskaper, kortsiktige kapitalkrefter og mer ressurskrevende produksjon.

- FoU miljøene er underfinansiert, og finansieringskilder og typer er lite kjent blant industrien. Støtte til kommersialisering av forskning er for svak. Det ble vist til at det lettere å få støtte til grunnforskning enn oppskalering og industrialisering. Innovasjons i forretningsmodeller og dekning av risiko bør derfor utredes nærmere. I tillegg har FoU og industri ulike perspektiver på innovasjonsprosessen, der FoU ser TRL 7-8 ser industrien TRL 2-3.
- Sertifiseringsprosesser er lange og kostbare, men nødvendige for å vurdere kvalitet av produkter og varianter.

Usikkerhet rundt grunnrenteskatt i lakseoppdrett har sannsynlig ført til at det har blitt mindre investeringer i sirkularitet. Det ble også tatt opp at sirkularitet i matproduksjon er særlig problematisk i dagens samfunn med prisvekst, og at en ikke kan forvente at forbruker eller at næringen tar ekstra kostnader for mat og fôr produkter fra sirkulære verdikjeder.

Subsidier eller skattefritak kan være gode insentiver for næringen og bør være rigget mot utvikling og skalering av sirkulære forretningsmodeller. Et eksempel her var påvirke fôrproduksjon i laksenæringen med krav om at en viss grad av innblanding av sirkulære produkter. Nye typer for avgifter (for eksempel for jomfruelig plast), støtteordninger for sirkulære forretningsmodeller, og utviklingsbidrag vil være nødvendig for å øke de sirkulære verdikjedene.

Ny teknologi som digitalisering, maskinlæring og ny genteknologi har stort potensiale innen den sirkulære økonomien. Her ble det vist til utfordringer med omdømme som for eksempel ved bruk av genmodifisering og genredigering, og at en trenger kunnskap på markeds- og forbrukeraksept for bruk av ny teknologi inn i sjømatnæringen.

#### **4.1.5 Funn og resultater fra arbeidspakke 5**

Basert på arbeid i de andre arbeidspakkene samt utarbeidelse av fagrapporten ble det utviklet et veikart. Dette veikartet ble publisert som en egen rapport (Myhr, A.I. m.fl. 2023).



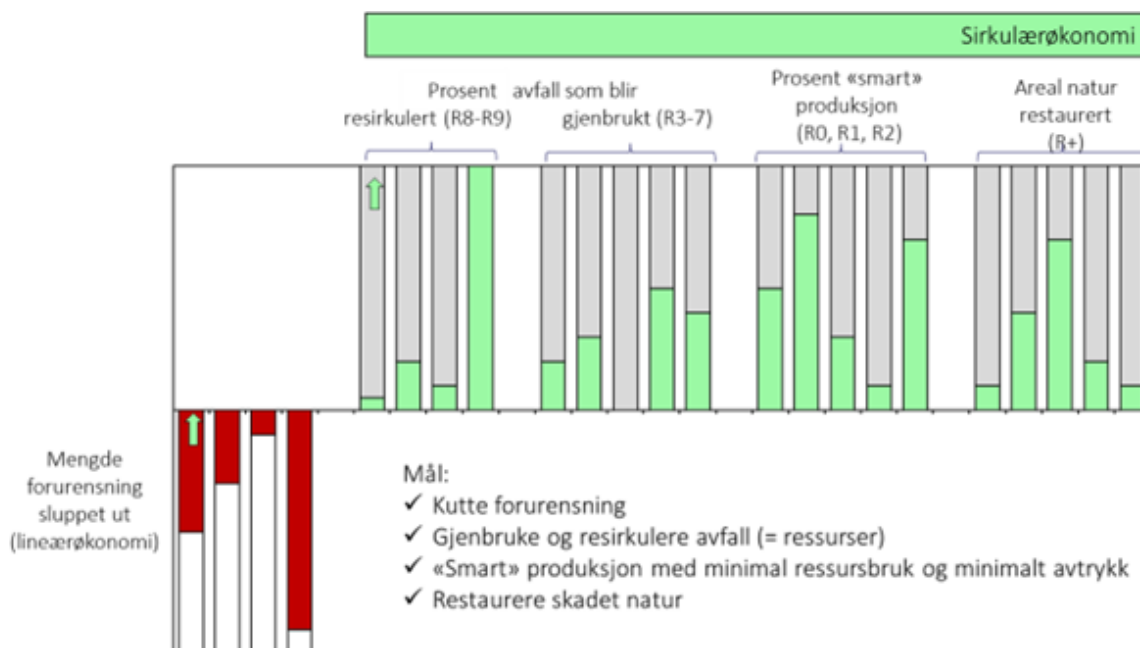
## 4.2 Vurdering av funnene

**Prisma-metoden** som er anvendt i AP1 for litteratur-/prosjektsøk har noen begrensninger som må tas med i diskusjon og tolkning av resultatene. Inklusjonskriteriet for årstall begrenser resultatene til perioden 2017-2023. Prosjekter som ble avsluttet før 2017 er dermed ikke med, heller ikke prosjekter finansiert av aktører uten for Norge, slik som EU. Pågående prosjekter som er finansiert kun av industri og som det er knyttet NDA (non-disclosure agreement) til eller det ikke det finnes tilgjengelig informasjon om som for eksempel utvikling av farmasøytiske produkter fra restråstoff eller fôrkomponenter er heller ikke med. Søkestrengene bestod av ord for sjømatnæringen sammen med ord for sirkularitet, brukt i ulike kombinasjoner. Dette fordi noen søkemotorer ikke gav treff på første forsøk, og søket ble derfor utvidet. Dette medfører at mulige søketreff som ikke bruker begrepene vi inkluderte i søkestreng, ikke kommer opp som søketreff. Altså kan prosjekter og studier som jobber med sirkulærøkonomi, men ikke nevner dette eksplisitt, være unnlatt, slik som med nye kilder for fôr, testing av høyverdi-produkter (e.g. helsekost og farmasøytiske produkter) basert på restråstoff, håndtering av forurensning og restaureringsarbeid.

Vi kan også anta at valg av søkemotorer påvirker resultatene. Mange av de store organisasjonene i instituttsektoren i Norge arbeider hovedsakelig med mat og natur, slik som Nofima, NINA, NIVA, HI, og at det er flere søketreff tilhørende den biologiske sirkelen behøver ikke bety at det er mindre aktivitet som rettes mot den tekniske sirkelen. Litteratur-/prosjektsøket gir med disse begrensningene en generell *oversikt* over hvilke aktiviteter Norge finansierer som utvikler løsninger og løser problemer knyttet til sjømatnæringen og sirkulærøkonomi, men det er ikke en uttømmende liste, og det bør ikke legges for mye vekt på antall treff per tema, heller se mer overordnet på hvilke tema funnene viser da gir retning for aktivitetene innen den sirkulære økonomien.

Det var nyttig å ta i bruk 9R+ rammeverket til å sortere resultatene fra litteratursøket i AP1. Dette rammeverket kan også brukes til å sjekke potensialet for sirkulærøkonomi og hvor langt i retning sirkulærøkonomi sjømatnæringen har kommet. Vi anbefaler å utvikle et sett med kvantitative indikatorer for sirkularitet knyttet til 9R+ rammeverket og Ellen MacArthur Foundations definisjon av sirkulærøkonomi (se Figur 6 og 7). I tillegg må myndighetene i samarbeid med forskere og sjømatnæringen sette konkrete mål for hver indikator. Når det er gjort kan næringen dokumentere framgang i retning sirkularitet på en relativt enkel måte. Indikatorene kan hjelpe næringen i å prioritere de tiltakene som gir mest mulig sirkularitet for innsatsen. Indikatorene viser blant annet mengde forurensning kuttet, prosent avfall brukt som ressurs, prosent produksjon med smarte metoder som reduserer ressursbruk, og areal natur som blir restaurert. I vedlegg 2 ligger forslag til indikatorer for sirkularitet er det forslag til kvantitative indikatorer knyttet til delmål for ulike nivå i 9R+ rammeverket.

Videre anbefales det at det utvikles en sertifiseringsordning for sirkularitet. Man kan ta utgangspunkt i allerede eksisterende sertifiseringer for bærekraftig fiskeri (MSC) og oppdrett (ASC) og legge på et sett med kvantitative indikatorer for sirkularitet. Det er viktig at det settet med indikatorer som brukes inkluderer hele hierarkiet av sirkulære strategier i 9R+ rammeverket. For å bli sirkulær-sertifisert må målene for indikatorene nås, i tillegg til at produksjonen må være MSC/ASC sertifisert. Det trengs et nytt prosjekt for å videreutvikle både indikatorene og en eventuell sertifiseringsordning.



**Figur 6.** En skisse som illustrerer hvordan kvantitative indikatorer kan brukes for å vise framgang i retning sirkulærøkonomi. Sirksjø anbefaler å lage et sett med kvantifiserbare indikatorer for å dokumentere graden av sirkularitet. Indikatorene knyttes til 9R-rammeverket og Ellen MacArthurs definisjon av sirkulærøkonomi.



**Figur 7.** Skisse til mulig sertifiseringsordning for sirkularitet i sjømatnæringen. En mulighet er å 1) ta utgangspunkt i ASC og MSC sertifisering; 2) legge til kvantitative sirkulær-indikatorer; 3) Sette mål for grad av sirkularitet. For å bli sirkulær-sertifisert må målene for indikatorene nås, i tillegg til at produksjonen må være MSC/ASC sertifisert.

**Semistrukturerte intervjuer** som ble brukt i arbeidspakke 2 og 3, har visse begrensninger. En av begrensningene er at resultatene kan bli påvirket av subjektivitet og skjevhet fra både intervjueren og intervjuobjektene. Intervjuene kan ha ført til unøyaktige resultater på grunn av bruk av ledende spørsmål (selv om intervju guidene ble laget for å unngå dette), som kan påvirke svarene, eller tolkninger som avviker fra den opprinnelige intensjonen. Videre har utvalget av intervjuobjekter vært begrenset og kan ikke nødvendigvis betraktes som representativt for bransjens helhetlige oppfatninger.

I arbeidspakke 3 ble det valgt å jobbe med et tema som er slam for å analysere den økonomiske bærekraften. Valget av tema ble gjort på grunn av tilgjengelig informasjon samt at det var en viss kritisk mengde med mulige intervjudeltagere som representerte hele verdikjeden. Analysen viser at det er utfordringer i forhold til verdikjeden samt i forhold til regelverk. For andre verdikjeder i sjømatproduksjon vil det være andre faktorer som gjør seg gjeldene så temaet er ikke representativt for hele sjømatsektoren. Imidlertid er der paralleller i forhold til utfordringer i hvitfisksektoren når det gjelder å få økt bruken av restråstoff. Hvitfisksektoren har også utfordringer med regelverk, logistikk og skalaøkonomi når det gjelder å få utvikle nye sirkulære verdikjeder (Rahimi, 2023).

Det ble arrangert tre workshops i prosjektet som omfattet tre ulike tema: resirkulering og oppsirkulering av restråstoff, i Tromsø 20. april, plast i Bergen 26. april, og fôr til akvakultur i Stavanger 27. april. Disse temaene ble ansett som sentrale for prosjektet, i arbeidspakke 1 ble det funnet at de fleste prosjektene i den biologiske sirkelen var innen utnyttelse av restråstoff, bruk av slam og fôr til akvakulturnæringen. Slam ble dekket i arbeidspakke 3. Innen den tekniske sirkelen var de fleste prosjektene innen plast. Deltagere til workshopene ble rekruttert bredt og fra aktører identifisert via arbeidspakke 1, fra prosjektdeltagernes nettverk samt fra referansegruppen. I og med at det var satt av midler til reise i prosjektet ble også deltagere fra andre regioner enn der workshopen ble holdt også invitert.

Deltagere ble rekruttert ut ifra sektor og arbeidsplass, samt kjønn. Det var ønsket representanter fra industri (primærproduksjon sjømat, foredling av restråstoff eller utvikling/testing av fôr, plast, og biogassproduksjon), leverandørkjeden, emballasje og avfallsbransje, virkemiddelapparat/nettverk, forskning (restråstoff/sjømat, plast, nye fôrråvarer) og lokale myndigheter. Blant de som ble invitert var det høy andel positive svar, der det var negative svar ble det rekruttert nye som representerte samme sektor. På grunn av streik måtte to deltagere melde avkall til workshop i Tromsø. Selv om temaene var forskjellige så fulgte workshopene delvis samme oppsett for å identifisere felles perspektiver på sirkulærøkonomi, muligheter og utfordringer samt for å kartlegge om det var ulikheter imellom de ulike temaene. På grunn av bredden i kompetanse og engasjement kunne vi ha lagt opp til lengre tid for workshopene enn det som var avsatt.

### 4.3 Videre bruk av resultater fra prosjektet

Formålet med dette prosjektet har vært å fremskaffe et bredt kunnskapsgrunnlag for videre arbeid innen sirkulærøkonomi i sjømatnæringen. Vi har arbeidet med å identifisere status, kunnskapsbehov, muligheter og utfordringer for at næringen skal nå forventningene om sirkulærøkonomi. I arbeidspakke 1 har vi kartlagt prosjekter som har pågått eller startet opp i perioden 2017-2022, denne oversikten og analysen av disse i forhold til tema gir en god oversikt over prosjekter i Norge som kan brukes av mange ulike aktører i Norge. De ulike temaene som prosjektet har gått i dybden på: slam, fôr, restråstoff og plast/utstyr samt funn fra intervju håper vi vil inspirere til økt innsats for den sirkulære økonomien. Mere spesifikt så håper vi at funnene vil brukt av:

- **Sjømatnæringen** for å identifisere relevante prosjekter, for å hente informasjon, for å initiere samarbeid, og for å innhente læring før eventuell implementering i egne aktiviteter. Vi håper også at rapporten vil stimulere til økt interesse for sirkulære verdikjeder slik at flere prosjekter blir igangsatt hvor smart design og produksjon settes i førersetet og der det er relevant at samarbeid og samlokalisering blir igangsatt. Dette kan gi økt råvaretilgang, økt utnyttelsesgrad av restråstoff og rest av dette samt nye verdier ved at mengden materialer, areal og energi som trengs for verdiskapningsprosessen i næringene blir mindre. Forståelsen for det regenerative aspektet av sirkulærøkonomi, altså gjenoppbygging av ressursgrunnlaget vil være viktig for å flytte sjømatnæringen i en mer natur-positiv retning.
- **FoU sektoren** for å gi en oversikt over ulike prosjekt, tilnærminger og aktører for å unngå overlappende prosjekt og for å skape interesse og ideutvikling for samarbeid og nye prosjekter.
- **Forvaltningen og regionale/lokale myndigheter** for å bli oppdatert på forskning og innovasjon innen sirkulærøkonomi i sjømatnæringen. Respondentene til intervju og til workshops viser til at det er et stort behov for oppdatering og revidering av regelverk og ønsker samarbeid om dette. Dette gjelder spesielt i forhold til anvendelsesområder for restråstoff og til hva som kan brukes som fôringredienser, videre i forhold til kunnskap om hva som skjer med uønskede kjemikalier, giftstoffer og smittestoffer i resirkulering og oppsirkulering av produkter som plast, og i lavverdi- og høyverdi-produkter av restråstoff samt slam. Utfordringer i forhold til økte sirkulære verdikjeder slik som logistikk, samlokalisering og industrisymbioser vil også kreve en gjennomgang av regelverk og i arealplanlegging. Det må også tenkes systemisk for å bedre mottaksløsninger, henteløsninger og gjenvinningsløsninger.
- **Politikere** for å få en oversikt over status i Norge og for å sette strategier inn for videre prioritering for at nasjonen skal øke grad av sirkularitet - for videre industriutvikling innen den sirkulære økonomien som vektlegger redusert miljø- og klimagassavtrykk ved at det blir redusert avfall, forurensing og fotavtrykk av produksjon og forbruk. Behovet for transformative kompensasjonsstrategier som avgifter, skatter og subsidier osv. er også noe som bør adresseres av regjering og storting. I tillegg så foreslår vi i prosjektet at det utvikles

en standard for sjømatproduksjon, samt indikatorer for å måle aktivitet inn mot den sirkulære økonomien som krever beslutninger på politisk nivå.

- **Standard Norge** for å sette fart på arbeidet med å lage gode standarder for sjømatproduksjon. Det har blitt påpekt at gjeldene standarder som for eksempel NS9415 i akvakulturnæringen stiller for strenge krav og at en overgang til testing av slitasje kan forlenge levetiden til utstyr. Det er også et behov for livsløpsanalyser som er tilpasset sjømatnæringen.
- **Forskningsfinansiører (FHF, NFR, Innovasjon Norge, Fylkeskommuner osv.)** for å identifisere tema og områder som mangler innen den sirkulære økonomien eller som må forsterkes og som vektlegges i fremtidige utlysninger inkludert innovasjon for verdikjedeutvikling. Arbeidet som har blitt gjort kan brukes som en porteføljeanalyse av prosjekter innen sirkulærøkonomi. I og med at arbeidet har vært innen sjømatnæringen kan det dras veksler til landbasert matproduksjon, og brukes som en innsatsfaktor for å investere i samarbeid på tvers av sektorer – industriell symbiose. Arbeidet kan også brukes for å bygge fremtidige strategier og som grunnlag for investeringsbeslutninger innen sirkulære økonomien.
- **Samfunnet ellers** for å få informasjon om initiativ innen den sirkulære økonomien i sjømatnæringen slik at vi som forbrukere kan være med å drive utviklingen fremover og for å være med på å skape en etterspørsel eller slike produkter.
- **Næringsklynger og interesserorganisasjoner** som arbeider med å styrke samskaping og innovasjon for sirkulære verdikjeder. Dette kan brukes til å samkoordinere prosjekter, etablere fremtidige samarbeid og spisse satsningen inn mot delene av sirkulærøkonomien som de arbeider i.

## 5 Hovedfunn

Aktører innen sjømatnæringen i Norge er opptatt av sirkulærøkonomi og arbeider for økt sirkularitet innen sine verdikjeder. For å få flere og bredere sirkulære verdikjeder er det et behov for mer kunnskap om hvordan material- og produktstrømmer i den biologiske og i den tekniske syklusen kan gjøres mer sirkulære, det kreves en oppdatering av regelverk slik at det blir tilpasset sirkulære verdikjeder, insentiver for å fremme økt sirkulære verdikjeder, initiativer for å identifisere hvordan sjømatnæringen kan kobles på landbrukets produktstrømmer, og smart produksjon og design slik at næringen kan ha nøytral eller positiv innvirkning på naturen.

### 1. Status for den sirkulære økonomien i sjømatnæringen:

Det foregår mye forskning og innovasjon i Norge som aktivt knyttes til sirkulærøkonomi, særlig på restråstoff, slam, fôr og avfallshåndtering. I tillegg finnes det en del initiativer som utvikler nye produksjonssystemer og som ser på gjenbruk og oppsamling av tekniske produkter, slik som plast. Det er store muligheter knyttet til bedre utnyttelse av ressurser som produseres og høstes, øke diversitet i produksjonen og styrke samarbeid i symbioser på tvers av sektorer. For å unngå at sirkulærøkonomi kun omhandler resirkulering, bør man også inkludere smartere produksjon og design som et viktig aspekt – slik som å forlenge levetiden til tekniske produkter, ta i bruk biologiske produkter og produksjonssystemer med lavere avtrykk, og redusere forbruket generelt. I tillegg må restaurering av natur inngå i forståelsen av sirkulær økonomi dersom sjømatproduksjon skal kunne anses som natur-positiv.

### 2. Muligheter for økt sirkularitet:

Det er mange krav til den sirkulære økonomien: den må være økonomisk bærekraftig for at omstilling i industrien skal ta fart, og nye verdikjeder og produkter må være trygge for at samfunnet skal ta de i bruk. For å få fart så kreves det finansiering for oppskalering samt samarbeid for å utnytte ressursen for mer bredde i produksjon, oppdaterte regulering for bruk av restråstoff til human kost, og bedre muligheter for ilandføring og mottak av biomasse og materialer. Det trengs å produsere data om biosikkerhet, energibruk og om materialstrømmer. Plattformen for deling av informasjon, erfaringer og for samarbeid må etableres. Forretningsutvikling må styrkes for å øke bredden av sirkulære prosjekter.

### 3. Behov for insentiver:

Insentiver for å øke den økonomiske lønnsomheten til sirkulære løsninger, mer forskning og innovasjon knyttet til å redusere både forbruk og avtrykk, premiering av sirkulære aktiviteter, samkjøre aktiviteter i arealplanlegging for å unngå konflikter og øke effektivitet. Det er et behov for økt samarbeid og verdikjedekoordinering. Det er flere klynger som jobber på tvers av initiativ, som inkluderer fag- og forskningsorganisasjoner. Slike klynger bidrar til at fremskaffes ny kunnskap og samarbeid på tvers hvor ressurser og sidestrømmer kan utnyttes maksimalt.

## 6 Referanser

- Aas, T. S., m.fl. (2022)** «Utnyttelse av fôrressurser i norsk oppdrett av laks og regnbueørret. Faglig sluttrapport 2/2022». [online] Nofima Rapport 2/2022. <https://nofima.no/publikasjon/1997301/> [Lesedato: 21.09.23]
- Aas, T. S., m.fl. (2017)** «Estimert innhold av næringsstoff og energi i fôrspill og faeces fra norsk lakseoppdrett». [online] Nofima Rapport 18/2017. <http://hdl.handle.net/11250/2452165> [Lesedato: 21.09.23]
- Ahuja, I., m.fl. (2020)** Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*, 115, 95-112. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.07.025
- Albrektsen, S., m.fl. (2018)** Utilization of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-hydrolysed phosphorus from herring bone by-products in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar*) 0+ postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 348-365. DOI: 10.1111/anu.12566
- Albrektsen, S., m.fl. (2022)** Future feed resources in sustainable salmonid production: A review. *Reviews in Aquaculture*, 14(4), 1790-1812. DOI: 10.1111/raq.12673
- Almås, K. A., m. fl. (2023)** «Veikart for industriell fremstilling av norske fôrråvarer (protein)». [online] SINTEF. <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/barekraftig-for/rapport--industriell-fremstilling-av-norske-forravarer---signed.pdf> [Lesedato: 21.09.23]
- Aspevik, T. m.fl. (2021)** «Smaksnøytrale protein fra makrell (SMELL). Delrapport for AP2, AP3 og AP4». [online] Nofima. <https://hdl.handle.net/11250/2753969> [Lesedato: 20.09.23]
- Bakke, I. (2020-2023)** ERA-NET: Bluebio Microbial management in RAS for sustainable aquaculture production. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/311886?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=30&Ar=2022&Ar=2021&Ar=2020&Ar=2019&Ar=2018&Ar=2017&Fritekst=resirkulere> [Lesedato 11.09.23]
- Balsells, S., m.fl. (2022)** «Policy Recommendations For a More Circular Aquaculture». [online] iFishIENCI. [https://ifishieni.eu/wp-content/uploads/2022/03/IfishIENCI\\_Policydoc\\_Jan-2022Final..pdf](https://ifishieni.eu/wp-content/uploads/2022/03/IfishIENCI_Policydoc_Jan-2022Final..pdf) [Lesedato: 21.09.23]
- Berge, G. M. (2016-2019)** Ernæringens betydning for skinn-, tarm- og gjellehelse hos laks. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901265/> [Lesedato: 11.09.23]
- Bioretur (n.d.)** «Er biokull egentlig en god utnyttelse av fiskeslam?» [online] Bioretur. <https://bioretur.no/bioretur/aktuelt/biokull-fiskeslam/> [Lesedato: 11.09.23]
- BirdLife-Norge m.fl. (n.d.)** «For naturen. Sivilsamfunnets naturpolitiske løsninger fram mot 2030». [online] Naturvernforbundet. [https://www.forumfor.no/assets/docs/For-naturen\\_web.pdf](https://www.forumfor.no/assets/docs/For-naturen_web.pdf) [Lesedato: 22.08.23]
- Bjordal, M. V., m.fl. (2022)** «Råvareløftet. Hva skal laksen spise?» [online] Bellona. <https://network.bellona.org/content/uploads/sites/2/2022/11/Råvareløftet-veikart.pdf> [Lesedato: 12.09.23]
- Bjørkevoll, I. (2020-2023)** Ny teknologi for økt foredling og verdiskapning for avskjær fra salt- og klippfisk (FORREST). [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901654/> [Lesedato: 11.09.23]
- Blomhoff, R., m.fl. (2023)** «Nordic Nutrition Recommendations 2023: Integrating Environmental Aspects». [online] Nordisk Ministerråd. <https://pub.norden.org/nord2023-003> [Lesedato: 25.09.23]
- Braungart, M., m.fl. (2007)** Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production* 1337-1348. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.08.003
- Brod, E. (2021)** «Fiskeslam som nitrogengjødsel til korn. NIBIO rapport 137» [online] NIBIO [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2763347/NIBIO\\_RAPPORT\\_2021\\_7\\_137.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2763347/NIBIO_RAPPORT_2021_7_137.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Lesedato 11.09.23]
- Broli, G., m.fl. (2021)** Farmed salmon rest raw materials as a source of peptones for industrial fermentation media. *Process Biochemistry*, 102, 157-164. DOI: 10.1016/j.procbio.2020.12.004
- Cabell, J. m.fl. (2018)** “Biogass fra marint fiskeslam sambehandlet med husdyrgjødsel og myse: Kvalifiseringsprosjekt finansiert av Regionalt Forskningsfond Midt-Norge og Fylkesmannen i Møre og Romsdal i samarbeid med Tingvollst og Tingvoll Fisk AS” [online] NIBIO. <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2567506> [Lesedato:11.09.23]
- Carvajal, A. K. (2017-2020)** Kartlegging av mengder og årsaker til matsvinn i sjømatnæringen. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901375/> [Lesedato 11.09.23]

- Carvajal, A. K. (2020-2021)** *Kartlegging av matsvinn i norsk sjømatindustri 2020*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901653/> [Lesedato: 11.09.23]
- Carvajal, A. K. (2022-2026)** *Kartlegging av matsvinn i sjømatindustrien 2022-2026*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901790/> [Lesedato: 11.09.23]
- Chopin, T., m.fl. (2012)** Open-water integrated multi-trophic aquaculture: environmental biomitigation and economic diversification of fed aquaculture by extractive aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 4(4): 209-220. DOI: 10.1111/j.1753-5131.2012.01074.x
- Costello, C., m.fl. (2020)** The future of food from the sea. *Nature* 588, 95–100 (2020). DOI: 10.1038/s41586-020-2616-y
- Datsomor, A. K., m.fl. (2019)** CRISPR/Cas9-mediated ablation of elovl2 in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) inhibits elongation of polyunsaturated fatty acids and induces Srebp-1 and target genes. *Scientific Reports*, 9(1), 7533. DOI: 10.1038/s41598-019-43862-8
- de Wit, M., m.fl. (2020)** «The circularity GAP report Norway». [online] Circular Norway. <https://www.circularity-gap.world/norway> [Lesedato: 21.09.23]
- DeLoitte (2022)** «Naturavtalen og naturrisiko – Betydning for norsk næringsliv». [online] DeLoitte. [https://mkto.deloitte.com/rs/712-CNF-326/images/deloitte\\_naturavtalen\\_naturrisiko\\_rapport\\_2022.pdf](https://mkto.deloitte.com/rs/712-CNF-326/images/deloitte_naturavtalen_naturrisiko_rapport_2022.pdf) [Lesedato: 25.09.23]
- Deshpande, P. C., m.fl. (2020)** Multi-criteria decision analysis (MCDA) method for assessing the sustainability of end-of-life alternatives for waste plastics: A case study of Norway. *Science of The Total Environment*, 719, 137353. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137353
- Divjak, S. (2022-2025)** *Mikroalger som ressurs i landbasert lakseoppdrett*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/333940?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&Ar=2022&Ar=2021&Ar=2020&Ar=2019&Ar=2018&Ar=2017&Fritekst=resirkulere> [Lesedato: 11.09.23]
- EAT-Lancet-Commission (2019)** «Healthy Diets From Sustainable Food Systems. Food, Planet, Health. Summary Report of the EAT-Lancet Commission». [online] EAT. <https://eatforum.org/eat-lancet-commission/eat-lancet-commission-summary-report/> [Lesedato: 26.09.23]
- EC (2019)** «The European Green Deal». [online] Eur-lex, European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640> [Lesedato: 21.09.23]
- EC (2023)** «EU taxonomy for sustainable activities». [online] European Commission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0852&from=EN> [Lesedato: 21.09.23]
- Ellen MacArthur Foundation (2021)** «The big food redesign: Regenerating nature with the circular economy». [online] Ellen MacArthur Foundation. <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-big-food-redesign-study> [Lesedato: 21.09.23]
- Ezziddine, M., m.fl. (2021)** Hydroponic Lettuce Cultivation Using Organic Nutrient Solution from Aerobic Digested Aquacultural Sludge. *Agronomy* 11. DOI: 10.3390/agronomy11081484
- FAO (2022)** «Blue Transformation - Roadmap 2022–2030: A vision for FAO’s work on aquatic food systems». Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: 10.4060/cc0459en
- FHF (2022)** «Utredning av sirkulærøkonomi for sjømatnæringen». [online] FHF <https://www.fhf.no/utlysninger/utlysninger/utredning-av-sirkulaeroekonomi-for-sjoematnaeringen/> [Lesedato: 21.09.23]
- Flesland, O. (2021-2024)** *Utvikle nye metoder og prosesser for produksjon av lagringsstabil protein fra pelagisk restråstoff*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901721/> [Lesedato: 11.09.23]
- Fossberg, J., m.fl. (2018)** The Potential for Upscaling Kelp (*Saccharina latissima*) Cultivation in Salmon-Driven Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA). *Frontiers in Marine Science*, 5. DOI: 10.3389/fmars.2018.00418
- Gaarder, M. Ø. (2021-2024)** *Kartlegging av optimalt pelagisk råstoff til produksjon av fermentert fiskesaus*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901636/> [Lesedato: 11.09.23]
- Gomiero, A. (2018-2020)** *Rent hav – plast: Tracking of plastic emissions fmor aquaculture industry (TrackPlast)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901519/> [Lesedato: 11.09.23]
- Gudbrandsen, O. (2022-2024)** *Kartlegging av helsemessige effekter hos hund ved inntak av sildemel fra restråstoff*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901767/> [Lesedato: 11.09.23]



- Gudmundsen, O. (2017-2018)** *Tilpassing av skånsom sløye- og kappemaskin for havgående flåte*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901359/> [Lesedato: 11.09.23]
- Güralp, H. m.fl. (2020)** Rescue of germ cells in dnd crispant embryos opens the possibility to produce inherited sterility in Atlantic salmon. *Scientific Reports*, 10(1), 18042. DOI: 10.1038/s41598-020-74876-2
- Hagemann, A. (2022-2024)** *Biosikker bruk av organisk materiale fra lakseproduksjon til produksjon av førråvarer*. [online] FHF Prosjektbanken. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901732/> [Lesedato: 11.09.23]
- Härd, U. (2016-2021)** *Utvikling av ny teknologi for filetering av makrell – «Japan-cut»*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901223/> [Lesedato: 11.09.23]
- Haugen, J.-E. (2018)** «Komponenter i råolje fra makrell restråstoff som bidrar til lukt og smak». [online] Nofima, Rapport 40/2018. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2655540/Rapport%2b40-2018%2bKomponenter%2bi%2br%25C3%25A5olje%2bfra%2bmakrell%2brestr%25C3%25A5stoff%2bsom%2bbidrar%2btill%2blukt%2bog%2bsmak.pdf?sequence=2&isAllowed=y> [Lesedato: 11.09.23]
- Haugen, P. (2021-2025)** *Development of a bacterial meal with a tailored high-lipid content for use as feed additive in aquaculture*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/326846?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=date&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&ProgAkt.3=SIRKULÆRØKONOMI-Sirkulær+økonom> [Lesedato: 11.09.23]
- Havas, V., m.fl. (2017)** «'Fishing For Litter' som tiltak mot marin forsøpling i Norge». [online] Miljødirektoratet Rapport M-903. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m903/m903.pdf> [Lesedato: 11.09.23]
- Havas, V., m.fl. (2022)** Small circles: The role of physical distance in plastics recycling. *Science of The Total Environment*, 831, 154913. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154913
- Henriksson, P. J. G., m.fl. (2021)** Interventions for improving the productivity and environmental performance of global aquaculture for future food security. *One Earth*, 4: 1220-32. DOI: 10.1016/j.oneear.2021.08.009
- Hess-Erga, O.-K., m.fl. (2018)** «Etablering av et demonstrasjonsanlegg for integrert produksjon av fisk og planter på Akvariet i Bergen». [online] NIVA, Rapport L.NR. 7227-2018. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/2480694/7227-2018.pdf?sequence=4&isAllowed=y> [Lesedato: 11.09.23]
- Hilmarsen, Ø., m. fl. (2021)** *Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringsalter fra havbruk*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901572/> [Lesedato: 11.09.23]
- Hjellnes, V., m.fl. (2021)** Ultrafiltration of Saithe (*Pollachius virens*) Protein Hydrolysates and Its Effect on Antioxidative Activity. *Catalysts* 11. DOI: 10.3390/catal11091053
- Hognes, E. S. (2017-2017)** *Analyse av avfallshåndtering fra sjøbasert havbruk*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901352/> [Lesedato: 12.09.23]
- Indergård, E. (2015-2017)** *Gjenbruk av saltlake – tekniske muligheter: Forprosjekt*. [online] <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901196/> [Lesedato: 12.09.23]
- IPBES (2019)** «Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services». Díaz, S. m.fl. (red.). [online] IPBES secretariat, Bonn, Germany. [https://www.ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes\\_global\\_assessment\\_report\\_summary\\_for\\_policymakers.pdf](https://www.ipbes.net/sites/default/files/inline/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf) [Lesedato: 21.09.23]
- Jacobsen, A. Z., m.fl. (2020)** «Klimagassregnskap for kommuner og fylker. Dokumentasjon av metode». [online] Miljødirektoratet Rapport M-989. [https://www.miljodirektoratet.no/contentassets/e4256c220b7a49e99cb5ae89f5c99813/metodenotat\\_klimagasstatistikk-for-kommuner.pdf](https://www.miljodirektoratet.no/contentassets/e4256c220b7a49e99cb5ae89f5c99813/metodenotat_klimagasstatistikk-for-kommuner.pdf) [Lesedato: 25.09.23]
- Jansen, H. M., m.fl. (2019)** Enhancing opportunistic polychaete communities under fish farms: an alternative concept for integrated aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 331-336. <https://www.int-res.com/abstracts/aei/v11/p331-336/>
- Johnsen, H. R. (2016-2017)** *Avklaring av potensialet for videreutvikling av returordningene med utgangspunkt i prøveordningen Fishing for Litter: Forprosjekt*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901294/> [Lesedato: 12.09.23]
- Johnsen, H. R. (2018-2019)** *Rent hav – plast: Marin plast fra norsk sjømatnæring – Kartlegging, kvantifisering og handling (HAVPLAST)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901518/> [Lesedato: 12.09.23]

- Karlsson-Dragholt, A. (2015-2017)** *Miljøkonsekvensanalyse av integrert multitrofisk havbruk i Norge*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901155/> [Lesedato: 12.09.23]
- Kirchherr, J., m.fl. (2017)** Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* 127: 221-232. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.09.005
- Kleinegris, D. (2021-2024)** *SLAM-DUNK: the Sludge Appraisal team – Developing a sUustainable value chain from tank to product*. [online] NORCE. <https://www.norceresearch.no/en/projects/slam-dunk-the-sludge-appraisal-team---developing-a-sustainable-value-chain-from-tank-to-product> [Lesedato: 12.09.23]
- Kleinegris, D. (2023-2027)** *INNOAQUA - Innovative Approaches for an Integrated Use of Algae in Sustainable Aquaculture Practices and High-Value Food applications*. [online] NORCE. <https://www.norceresearch.no/prosjekter/innoaqua-innovative-approaches-for-an-integrated-use-of-algae-in-sustainable-aquaculture-practices-and-high-value-food-applications> [Lesedato: 20.09.23]
- Klima- og miljødepartementet, m.fl. (2021)** «Noregs plaststrategi». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/noregs-plaststrategi/id2867004/> [Lesedato: 21.09.23]
- Klima- og miljødepartementet (2023)** "Naturavtalen i norsk oversettelse" [online] Regjeringen.no . <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/naturmangfold/innsiktsartikler-naturmangfold/naturavtalen/id2986497/> [Lesedato: 20.09.23]
- Konietzko, J., m.fl. (2020)** Circular ecosystem innovation: An Initial set of principles. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119942. DOI:10.1016/j.jclepro.2019.119942.
- Krogsæter, K. A. (2021-2024)** *Utvikling av produksjonslinjer ombord for produksjon av forbrukerpakninger av kott/rå reke*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901729/> [Lesedato: 12.09.23]
- Kunnskapsdepartementet (2022)** «Langtidsplan for forskning og utdanning». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/forskning/innsiktsartikler/langtidsplanen-for-forskning-og-hoyere-utdanning-2023-2032/id2929453/> [Lesedato: 21.09.23]
- Kvangarsnes, K., m.fl. (2021)** Induced oxidation and addition of antioxidant before enzymatic hydrolysis of heads of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) – effect on the resulting oil and protein fraction. *Heliyon*, 7(4), e06816. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e06816
- Landbruks- og matdepartementet, m.fl. (2021)** «Matnasjonen Norge». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/matnasjonen-norge/id2834496/> [Lesedato: 21.09.23]
- Langedal, G., m.fl. (2020)** «Clean Nordic Oceans main report – a network to reduce litter and ghost fishing». [online] Nordic Council of Ministers. DOI: 10.6027/temanord2020-509.
- Larssen, W. E. (2019-2022)** *Lakefrysing av hvitfisk*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901580/> [Lesedato: 12.09.23]
- Liland, N. S., m.fl. (2021)** A meta-analysis on the nutritional value of insects in aquafeeds. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 743-759. DOI: 10.3920/JIFF2020.0147
- Lindberg, D. (2019-2021)** *Smaksnøytrale proteiner fra makrell (SMELL)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901534/> [Lesedato 12.09.23]
- Lindberg, D., m.fl. (2021)** «Lab scale extraction of components from snow crab (*Chionoecetes opilio*) co-products, and estimation of processing costs based on a small-scale demonstration plant (Bioteq)». <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2724972> [Lesedato: 12.09.23]
- Lock, E.-J. (2014-2018)** *Insects as natural feed ingredients for sustainable salmon farming*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/238997?Kilde=FORISS&distributdis=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCores=30&offset=0&Fritekst=aquafly> [Lesedato: 12.09.23]
- Locke, H., m.fl. (2020)** A Nature-Positive World: The Global Goal for Nature. *Wildlife Conservation Society*. <https://library.wcs.org/doi/ctl/view/mid/33065/pubid/DMX3974900000.aspx> [Lesedato: 21.09.23]
- Lorentzen, G. (2018-2019)** *Kunnskapsstatus på salt til salt- og klippfiskproduksjon*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901377/> [Lesedato: 12.09.23]
- Lusher, A., m.fl. (2021)** «Sea-base sources of microplastics to the Norwegian marine environment». [online] Miljødirektoratet, Rapport M-1911. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/april-2021/sea-based-sources-of-microplastics-to-the-norwegian-marine-environment/> [Lesedato: 12.09.23]
- Malzahn, A. M. (2018-2022)** *Cultivation of Polychaeta as raw material for feed (POLYCHAETE)*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/en/project/FORISS/280836?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&Fritekst=280836> [Lesedato: 12.09.23]

- Mattilsynet (2023)** «Mattilsynet godkjenner Aquaterra® rapsolje fra genmodifisert raps til bruk i fiskefôr» [online] Mattilsynet. [https://www.mattilsynet.no/om\\_mattilsynet/mattilsynet\\_godkjenner\\_aquaterra\\_rapsolje\\_fra\\_genmodifisert\\_raps\\_til\\_bruk\\_i\\_fiskefor.50558](https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/mattilsynet_godkjenner_aquaterra_rapsolje_fra_genmodifisert_raps_til_bruk_i_fiskefor.50558) [Lesedato: 21.09.23]
- Miljødirektoratet (2023)** Sirkulær økonomi måles med EU-indikatorer [online] Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/fagmeldinger/2023/september-2023/sirkular-okonomi-males-med-eu-indikatorer/> [Lesedato: 26.09.23]
- Mnthambala, F., m.fl. (2021)** Phosphorus flow analysis for Malawi: Identifying potential sources of renewable phosphorus recovery. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 105744. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105744
- Morseletto, P. (2020)** Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling* 153: 104553. DOI: 10.1016/j.resconrec.2019.104553.
- Myhre, M. S. (2020-2022)** *Restråstoffanalyser 2020-2022: Tilgjengelighet og anvendelse av marint restråstoff fra norsk fiskeri- og havbruksnæring*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901605/> [Lesedato:12.09.23]
- Nærings-og-fiskeridepartementet (2015)** «Meld. St. 16. (2014-2015). Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-16-2014-2015/id2401865/> [Lesedato: 26.09.23]
- Nærings- og fiskeridepartementet (2019)** «Høring av forslagene i rapporten om klimatiltak og virkemiddel i fiskeflåten». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-av-forslag-i-rapporten-om-klimatiltak-og-virkemiddel-i-fiskeflaten/id2646213/> [Lesedato: 25.09.23]
- Nærings- og fiskeridepartementet (2020)** «Meld. St. 10 2020–2021 Grønnere og smartere – morgendagens maritime næring». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-10-20202021/id2788786/> [Lesedato: 21.09.23]
- Nærings- og fiskeridepartementet (2021)** «Havbruksstrategien – Et hav av muligheter». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/havbruksstrategien-et-hav-av-muligheter/id2864482/> [Lesedato: 21.09.23]
- Nærings- og fiskeridepartementet (2022)** «Grønn verdiskaping og økt bearbeiding i sjømatindustrien». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/rapport-8-mars-2022/id2898776/> [Lesedato: 20.09.23]
- Nærings- og fiskeridepartementet, m.fl. (2023)** «BioDigSirk – oppsummering og sluttrapport». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/biodigsirk/id2959778/> [Lesedato: 21.09.23]
- NIBIO (2021)** «Fiskeslam». [online] NIBIO. <https://www.nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/fiskeslam> [Lesedato: 12.09.23]
- Nilsen-Nygaard, J., m.fl. (2021)** Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1333-1380. DOI: 10.1111/1541-4337.12715
- Noble, C. (2015-2020)** *Kunnskapssammenstilling om fiskevelferd for laks og regnbueørret i oppdrett (FISHWELL)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901157/> [Lesedato: 12.09.23]
- Nofima (2021a)** «CMSEdit - Gene editing for CMS resistance in salmon». [online] Nofima. <https://nofima.com/projects/cmsedit/> [Lesedato: 21.09.23]
- Nofima (2021b)** «CrispResist - Harnessing cross-species variation in sea lice resistance». [online] Nofima. <https://nofima.no/prosjekt/crispresist/> [Lesedato: 21.09.23]
- NOU 2023:18** "Genteknologi i en bærekraftig fremtid" [online] Klima- og miljødepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-18/id2982905/> [Lesedato: 20.09.23]
- O’Toole, A., m.fl. (2022)** «Effekt av biokull i planteproduksjon, gjødsellager og husdyrproduksjon. Kunnskapsstatus og anbefalinger til videre utprøving i Norge». [online] NIBIO, Rapport vol. 8 nr. 46. [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2985223/NIBIO\\_RAPPORT\\_2022\\_8\\_46.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2985223/NIBIO_RAPPORT_2022_8_46.pdf?sequence=4&isAllowed=y) [Lesedato: 12.09.23]
- Oger, A. (2022)** «The fertiliser transition. Addressing social and environmental spillovers in the fertilizer sector.» [online] Institute for European Environmental Policy. [https://ieep.eu/wp-content/uploads/2022/11/The-fertiliser-transition\\_IEEP-2022.pdf](https://ieep.eu/wp-content/uploads/2022/11/The-fertiliser-transition_IEEP-2022.pdf) [Lesedato: 12.09.23]
- Ögmundsson, A. (2019-2020)** *The development of technology for the automatic cutting of split clipfish*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901537/> [Lesedato: 12.09.23]

- Olsen, J., m.fl. (2020)** Marine litter: Institutionalization of attitudes and practices among Fishers in Northern Norway. *Marine Policy*, 121, 104211. DOI: 10.1016/j.marpol.2020.104211
- Østvik, A. (2019-2023)** *Samspill mellom biofilterfunksjon, vannkvalitet og fysiologiske funksjoner hos fisk i landbasert anlegg med resirkulering av driftsvann*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/298906> [Lesedato: 12.09.23]
- Oterhals, Å. (2018-2022)** *Utnyttelse av restråstoff fra sild, ekstraksjon av fosfolipider fra makrell og silderogn*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901504/> [Lesedato: 12.09.23]
- Oterhals, Å., m.fl. (2021)** «Nivå fosfolipider i råstoff og mellomprodukter fra prosessering av restråstoff makrell og sild til fiskemel og proteinhydrolysat». [online] Nofima, Rapport 11/2021. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2771853> [Lesedato: 12.09.23]
- Øvrebø, T. K. (2019-2020)** *Rene Reker Bergen*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskingsradet.no/project/FORISS/299457?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=b ar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&Ar=2022&Ar=2021&Ar=2020&Ar=2019&Ar=2018&Ar=2017&Fritekst=resirkulere> [Lesedato: 12.09.23]
- Page, M. J., m.fl. (2021)** PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372. DOI: 10.1136/bmj.n160
- Pleym, I., m.fl. (2019)** «Verdifulle rester. Muligheter for marint restråstoff». [online] Nofima, Rapport 9/2019. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2598194> [Lesedato: 12.09.23]
- Potting, J., m.fl. (2017)** «Circular economy: Measuring innovation in the product chain». [online] PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf> [Lesedato: 21.09.23]
- PwC (2023)** «Ny grønn verdikjede med slam fra havbruk som innsatsfaktor». [online] PwC. <https://www.pwc.no/no/publikasjoner/ny-groenn-verdikjede-med-slam-fra-havbruk.html> [Lesedato: 21.09.23]
- Rahimi, N. N. (2023)** «Sirkulærøkonomi i sjømatsektoren: anvendelse av marint restråstoff til gjødsel for økologisk landbruk». Masteroppgave ved Universitetet i Stavanger, våren 2023.
- Regjeringen (2021)** «Nasjonal strategi for ein grønn, sirkulær økonomi». [online] Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/f6c799ac7c474e5b8f561d1e72d474da/t-1573n.pdf> [Lesedato: 21.09.23]
- Reike, D., m.fl. (2018)** The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation and Recycling* 135: 246-264. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.08.027
- Remme, J. F. (2016-2017)** *Restråstoff: Anvendelser av hoder til humant konsum (HEADS UP)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901308/> [Lesedato: 12.09.23]
- Remme, J. F. (2018-2020a)** *Kvalitetsprotein fra torskehoder (HEADS UP II)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901499/> [Lesedato: 12.09.23]
- Remme, J. F. (2018-2020b)** *Rent hav. – plast: Kartlegging av mikroplast og plastmyknere i marine ingredienser til humant konsum og fôr (PRIMA)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901520/> [Lesedato: 12.09.23]
- Remme, J. F. (2019-2020)** *Utvikling, implementering og testing av teknologi for gjenvinning av salt og saltlake (ReSALT)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901380/> [Lesedato: 12.09.23]
- Remme, J. F. (2020-2021)** *Produksjon av kommersielle produkter fra hydrolyserte torskehoder i stor skala (PRIMAPROTEIN)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901602/> [Lesedato: 12.09.23]
- Richardsen, R. N. (2016-2017)** *Analyse av tilgang og anvendelse for marint restråstoff i Norge 2015 og 2016*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901197/> [Lesedato: 12.09.23]
- Rotabakk, B. T. (2020-2023)** *Nye metoder for bedre holdbarhet og miljøvennlig transport av lakseprodukter*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901635/> [Lesedato: 12.09.23]
- Sanden, M., m.fl. (2019)** «Marint råstoff til produksjon av olje for humant konsum». [online] Havforskningsinstituttet, Rapport fra Havforskningen nr. 2019-40. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2640705/RH%2b2019-40.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Lesedato: 12.09.23]
- Schulte, K. Ø. (2022-2023)** *Resirkulerbar emballasje i sjømatnæringen for ombordfryst produksjon (Remsjø)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901740/> [Lesedato: 12.09.23]

- Siikavuopio, S., m.fl. (2021)** Evaluering av ulike agn til snøkrabbefiske i Barentshavet. *Økonomisk fiskeriforskning Årgang 31*, nr. 1-2021. <https://imr.xmlui/bitstream/handle/11250/2725150/1-Evaluering-av-ulike-agn-til-snokrabbefiske-i-Barentshavet-Sten-et-al-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Lesedato: 12.09.23]
- SjømatNorge (2018)** «Sjømat 2030. Et blått taktskifte». [online] SjømatNorge. <https://sjomatnorge.no/sjomat-2030/> [Lesedato: 26.09.23]
- Skullerud, M., m.fl. (2022)** «Landbasert oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar*)». Masteroppgave våren 2022 ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/3027243/SkullerudMartinussen2022.pdf?sequence=1>
- Sommerset, I. m.fl. (2023)** «Fiskehelse rapporten 2023». [online] Veterinærinstituttet rapportserie nr. 5a/2023. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/fiskehelse-rapporten-2022> [Lesedato: 21.09.23]
- Spurkland, L. (2020-2024)** *Utvikling av teknologi for automatisk singulering av makrellfilet i gjennom produksjonslinjen*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901630/> [Lesedato: 12.09.23]
- Standal, I. B. (2019-2023)** *Recycling of rest raw materials from bio-based industry by production of low trophic Crustaceans (Grammaridae) for new marine ingredients*. [online] Forskningsrådet Prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/295063?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=b ar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=score&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&Ar=2022&Ar=2021&Ar=2020&Ar=2019&Ar=2018&Ar=2017&Fritekst=resirkulere> [Lesedato: 12.09.23]
- Stormo, S. K. (2018-2020)** *Optimalisering av radiofrekvens (RF): Temperering og tining av fisk*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901478/> [Lesedato: 12.09.23]
- Sverdrup, H. U., m.fl. (2013)** Peak metals, minerals, energy, wealth, food and population: urgent policy considerations for a sustainable society. *Journal of Environmental Science and Engineering*, B, 2(4B), 189. <http://www.davidpublisher.com/Public/uploads/Contribute/55190fd49c678.pdf>
- Systemiq m.fl. (2023)** «Veien til sirkulær plast – Synteserapport – En norsk, sirkulær plastøkonomi med lave klimagassutslipp». [online] Systemiq. <https://www.systemiq.earth/reports/veien-til-sirkulaer-plast/synteserapport> [Lesedato: 25.09.23]
- Syversen, F., m.fl. (2020)** «Materialstrømmen til plast i Norge – hva vet vi?» [online] Handelens Miljøfond Rapport 2. [https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Materialstrømmen-til-plast-i-Norge-Hva-vet-vi\\_-1.pdf?mtime=20210504114521&focal=none](https://dl8y9d78cbd9m.cloudfront.net/reports/Materialstrømmen-til-plast-i-Norge-Hva-vet-vi_-1.pdf?mtime=20210504114521&focal=none) [Lesedato: 26.09.23]
- Thompson, S., m.fl. (2022)** «Kartlegging av utslipp fra fiskeri og havbruk i Norge. Rapport utarbeidet på oppdrag fra Zerokyst». [online] Stakeholder as. <https://zerokyst.no/wp-content/uploads/2022/08/Rapport-enedelig-Zerokyst-juni-2022.pdf> [Lesedato: 25.09.23]
- Toldnes, B. (2023-2024)** *Mekanisk interaksjonsverktøy for uttak av innmat fra torsk (GutOut)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901816/> [Lesedato: 12.09.23]
- Torrissen, O. m.fl. (red.) (2018)** «Framtidsrettet matproduksjon i kyst og fjord – en vurdering av mulighetene for økt sjømatproduksjon i Norge». [online] Havforskningsinstituttet, Rapport fra Havforskningen nr 23-2018. [https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2569620/rh\\_23.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2569620/rh_23.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [Lesedato: 12.09.23]
- Tørud, B. (2016-2020)** *Laksepox: Smittesporing i fisk og miljøprøver, sanering av anlegg og mulig vertikal overføring*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901270/> [Lesedato: 12.09.23]
- Utenriksdepartementet (2021)** «Norges posisjonsnotat om Europas grønne giv». [online] Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/ud/nyheter/2021/norges-posisjonsnotat-om-europas-gronne-giv/id2845272/> [Lesedato: 21.09.23]
- Utne-Palm, A. C., m.fl. (2020)** Feeding response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to attractants made from by-products from the fishing industry. *Fisheries Research*, 227, 105535. DOI: 10.1016/j.fishres.2020.105535
- Vang, B. m.fl. (2021)** «Utfordringer som hindrer økt utnyttelse av marint restråstoff og marine arter». [online] Nofima Rapport 29/2021. <https://hdl.handle.net/11250/2775078> [Lesedato: 21.09.23]
- Vangelsten, B. V., m.fl. (2019)** *New knowledge for reduction and utilization of marine waste from fisheries (RE-D-USE)*. [online] NORCE. [https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2727739/NF-rapport%2b7\\_2019%2bNew%2bknowledge%2bfor%2breduction%2band%2butilization%2bof%2bmarine%2bwaste%2bfrom%2bfisheries%2b%2528RE-D-USE%2529%2b%2bFINAL%2bREPORT.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/2727739/NF-rapport%2b7_2019%2bNew%2bknowledge%2bfor%2breduction%2band%2butilization%2bof%2bmarine%2bwaste%2bfrom%2bfisheries%2b%2528RE-D-USE%2529%2b%2bFINAL%2bREPORT.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [Lesedato: 12.09.23]

- Walnum, H. J. (2021-2025)** *Shifting to sustainable circular values chains for handling plastics in the fisheries and aquaculture*. [online] Forskningsrådet prosjektbanken. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/326857?Kilde=FORISS&distribution=Ar&chart=bar&calcType=funding&Sprak=no&sortBy=date&sortOrder=desc&resultCount=30&offset=0&ProgAkt.3=SIRKULÆRØKONOMI-Sirkulær+økonomi> [Lesedato: 12.09.23]
- Whitaker, R. D. (2018-2020)** *Prototype produksjon og markedstesting av proteinpulver fra torsk (Go BIG)*. [online] FHF Prosjektbasen. <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901477/> [Lesedato: 12.09.23]
- Willett, W., m.fl. (2019)** Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393: 447-92. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)31788-4
- Winther U., m.fl. (2020)** «Greenhouse gas emissions of Norwegian seafood products in 2017». [online] Sintef report 2019-01505. [https://www.sintef.no/contentassets/25338e561f1a4270a59ce25bcbc926a2/report-carbon-footprint-norwegian-seafood-products-2017\\_final\\_040620.pdf/](https://www.sintef.no/contentassets/25338e561f1a4270a59ce25bcbc926a2/report-carbon-footprint-norwegian-seafood-products-2017_final_040620.pdf/) [Lesedato: 21.09.23]
- Ytrestøy, T., m.fl. (2020)** Performance and welfare of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. post-smolts in recirculating aquaculture systems: Importance of salinity and water velocity. *Journal of the World Aquaculture Society* 51(2): 373-392. DOI: 10.1111/jwas.12682
- Ånensen, K. R. (2023)** «Biochar - A market analysis and predictions for the future». Masteroppgave ved Universitetet i Stavanger, våren 2023.

## 7 Leveranser

Følgende leveranser inngår i prosjektet:

- Sjømatnæringens veikart for sirkulærøkonomi
- Faglig sluttrapport: Utredning av sirkulærøkonomien i sjømatnæringen
- Veikart for sirkulærøkonomi i sjømatnæringen
- Faktaark: Oversikt over norske aktører innen den sirkulære økonomien og deres FoU-aktiviteter.
- En vitenskapelig artikkel publisert i et internasjonalt tidsskrift
- Presentasjoner på prosjektets egen workshop og utvalgte arrangement
- Kronikker i norske aviser
- Statusrapporter til referansegruppen
- Referat fra møter med referansegruppen
- Statusrapport til FHF 01.11.2022
- Administrativ sluttrapport

## 8 Vedlegg

### 8.1 Vedlegg 1: Rapporter fra workshops

I prosjektet har det blitt gjennomført tre workshops:

- Tema «resirkulering og oppsirkulering av restråstoff», i Tromsø 20. april med deltagere fra foredling av restråstoff, virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning restråstoff/sjømat, og biogassproduksjon.
- Tema «plast» i Bergen 26. april med deltagere samt to observatører fra EY. Funn fra denne workshopen vil også gå inn i NCE Seafood sitt arbeid om plast i akvakultur. Deltagerne inkluderte representanter fra virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning på plast og sirkulær økonomi, leverandørkjeden, emballasje og avfallsbransjen.
- Tema «for til akvakultur» i Stavanger 27. april med deltagere fra fôrindustri, virkemiddelapparat/nettverk, primærproduksjon sjømat, forskning på nye fôrråvarer, og lokale politikere.

Referat fra workshopene blir presentert her for hvert sted.

#### Tromsø:

##### Hva legger dere i sirkulærøkonomi?

Sirkulærøkonomi er gjenbruk, og å koble sammen endene, lukke kretsløp, kaskadedesign og å produsere produkter på en slik måte at sidestrømmer/biprodukter/co-produkter kan brukes med så lite avfall som mulig, helst ingenting avfall. Samtidig må man produsere og høste produkter som er ønsket, og på en slik måte at det gir rask gevinst. Konseptet handler om at man må ta i bruk alle ressurser inkludert råstoff og rester etter foredling av restråstoff, redusere svinn, samtidig som man maksimerer verdi av det man skaper. Dette innebærer å stille spørsmål ved hvem som trenger produktet, og lage relevante produkter som noen har bruk for eller etterspør, og designer verdikjeder som åpner for lokalt samarbeid og full utnyttelse av ressursene. Det innebærer også energieffektivisering. Det ble også diskutert om sirkulærøkonomi kan være et mentalt startpunkt, ettersom fullstendig sirkularitet ikke nødvendigvis vil være mulig – *en utopi*, for det vil alltid dannes avfall. Men det ble også foreslått at dette avhenger av hvilket perspektiv man har og at det alltid finnes en kunde. Andre foreslo at sirkulærøkonomi handler om sunn fornuft, men at vi mangler kunnskaper om mulighetene, og verdikjeder som støtter opp om sirkularitet. I en gruppe ble det også snakket om at man ikke skal høste mer enn det man trenger. Det ble også diskutert hva som kan inngå i sirkulære prosesser, slik som nedbrytbar plast. Economy of scope in economy of scale ble nevnt.



**Hvor sirkulært kan sjømatproduksjon bli?**

Sjømatnæringa kan bli 100 % sirkulær, men det må inkludere forståelse av betinget fornybar ressursutnyttelse. Bransjen er i ferd med å endre fokus, og er mer bevisste på å ta vare på ressursene. Vi må utvide bruk av ressurser tilbake i eksisterende produksjon, eller i ny produksjon. 100 % av råstoffet kan brukes, men det må være et marked. Teknologien kan utvikles og tilpasses, men man er avhengig av noen som kan kjøpe. Det vil også kreve endring i lover, reguleringer, utvikling av passende og økonomisk forsvarlig teknologi, samt effektivisering i energiforbruk. Spørsmålet avhenger også av hva man ser på – hvilke sektorer, verdikjeder og tidshorisont. Eksempler på løsninger som kan bidra: Drivstoff må gå over til biokilder, nøter som brytes ned/resirkuleres, restråstoff av laks brukes mye, men villfisk må brukes bedre enn bare til ensilasje, mer fokus på høyverdiprodukter, symbiose på tvers av verdikjeder – feks rest fra omega-3 produksjon i Troms som kan gå inn i fermentering.

**Hvordan påvirker regenerering og restaurering av miljøet sjømatnæringen?**

Vi må tenke hele verdikjeden, eksempel soya, hvordan påvirkes fotavtrykket og miljøpåvirkningen i hele produktets livssyklus. Tråling er et eksempel på en praksis som er effektiv, men negativt for miljøet. Restaurering kan innebære at man verner et havområde der det er mye fisk. For fiskeri vil dette kunne føre til at man må gå lengre avstander for å fangste, som igjen vil øke utslipp og kostnader på kort sikt, men på lang sikt vil dette sikre fiskebestander. For havbruk vil restaurering av natur kunne føre til at lokaliteter legges brakk. Det dras parallell til kvoteregulering, og hva reaksjonene var da kvotesystemene kom.

Under dette tema ble også ilandføring av fangst fra fiske tatt opp. Norge har andre regler enn i EU for ilandføring av fangst, det antas at man vil se endringer hos selskaper i EU etter hvert som slike regler innføres. I Norge har workshopdeltakere erfaring med at fiskere ser på det som negativt å ikke føre restene tilbake til havet, for å «gjødsle» havet. Men det kastes mye ressurser på havet som kunne vært brukt.

**Hvordan påvirkes dette av planlagt økt produksjon/behov for mat?**

Revitalisering av lokasjoner vil påvirke samlet produksjon positivt. Vi må bruke de ressursene vi har tilgjengelig godt og fullt ut, og sørge for sirkularitet i produksjon. Det bør være samspill mellom bærekrafts dimensjonene, litt avhengig av tidshorisont. Bruk av vann, gass og energi må også optimaliseres.

**MULIGHETER**

På spørsmålet hva er mulighetene med restråstoff, også knyttet til sirkulærøkonomi, diskuterte gruppene muligheter som i et første steg av analysen er kategorisert i tema: samarbeid, teknologi, politikk/regulering og marked/innovasjon.

**Samarbeid**

Det må være samarbeid mellom høsting og foredling. Det er ikke den enkelte bedrift som blir sirkulær, man må koble seg på andre aktører både oppstrøms og nedstrøms. Dette innebærer både industrisymbiose og forskningssymbiose, og inkluderer både FoU, TTO, og industri. Økt samarbeid på tvers av verdikjedene, utnyttede muligheter med henhold til sesong der én produsent har ledige

fasiliteter i perioder der en annen produsent mangler utstyr f.eks.. Dette må inn allerede i etablering av nye fiskebruk f.eks., det må finnes en plan med restråstoffet for verdiskapning. Næringene burde utnytte hverandre bedre, og dette viste seg å stemme i praksis da to deltakere fant ut at den ene hadde nettopp produksjonsfasiliteter ledige deler av sesongen og den andre deltakeren manglet nettopp dette – lokalt behov. En utfordring nevnt her er at man mangler aktører. Globalt behov må også vurderes.

Sirkularitet krever samarbeid, deling av data og åpenhet. Her ligger det noen utfordringer, som at deling av data er hindret av vertikal integrasjon, og spesifikke aktører som fôrprodusenter ofte ikke deler sine prosesser. Virkemiddelapparatet er lagt opp på en slik måte at det skrives for mange rapporter på samme tema. Anvendt forskning har litt kortere perspektiv enn universitetene.

For å få til samarbeid bør man få på plass pilotordning, koordinering, for sirkularitet/industriell symbiose. Man må samkjøre smarte forretningsmodeller, med mål om å skape vinn-vinn for alle parter. Etablert industri bør kartlegges, definere 100 km omkrets, etablere industriell symbiose innenfor dette området. Man kan også se på å tilpasse samarbeidet med aktørene/områdene som er like. Kanskje bør styrke arktiske samarbeidet, og symbioser som strategiske satsninger, evt samarbeid med like regioner. Regionale symbioser kan gi drastiske reduksjon i CO<sub>2</sub>-utslipp. Andre virkemidler er samlokalisering/sentralisering og lokalisering nær infrastruktur.

Spesifikke samarbeid/symbioser ble foreslått:

- Fiskebruk/oppdrett må etableres i en sammenheng med restråstoff avtaler/produsent av andre produkt. Avfall/biogassanlegg må være en del av samarbeidet
- Oppdrett/postsmolt/fiskemottak – råstoff/biotech
- Tang- og tare dyrking der tang brukes som substrat til fermentering
- Restråstoff som substrat for proteinproduksjon

### **Teknisk/infrastruktur**

De tekniske mulighetene er både overordnet, men også produktspesifikke. Bioprospektering blir nevnt, samt digitalt skalerbare løsninger som er bra for lokalt næringsliv, men kan appliseres globalt. Det er store muligheter for å utvikle høyverdige produkter lokalt, framfor å sende det ut av landet. I tillegg vil mer videreforedling gi mer tilgjengelig råstoff som igjen gir flere nye produkter. Det foreslås også å fokusere mer på landbaserte løsninger eller nær landbasert. Havet er stort og inneholder enorme fornybare biomasser – mange muligheter for ny kunnskap. Man burde se på flere bruksområder på samme råstoff.

Mer spesifikt foreslås det å utnytte blod, nye/utradisjonelle arter (som kan brukes til nye produkter), tilgjengeliggjør mer høyverdige komponenter som enzymer (kilde for enzymer som senere brukes via rekombinerte mikroorganismer), kosttilskudd, proteiner, essensielle fettsyrer, dyrefôr, forbedret sortering av avskjær/restråstoff, slik at enkeltkomponenter kan brukes separat, slik som svømmeblære (et populært produkt i Asia). Noen peker på et fortsatt uutnyttet potensielt i store mengder restråstoff fra skalldyr, særlig kitin og mineraler til gjødsel, plantevernmidler, og sårbehandling (høyverdiprodukter). Her blir reker og snøkrabbe blir spesifikt pekt ut. Det er viktig å utbedre prosesser som temperatur ved lagring for å opprettholde kvalitet gjennom verdikjeden og mulighetene for videreforedling av restråstoff. Det foreslås også å se på alternativer til å bruke

fiskemel i fôr, som å bruke rest av restråstoff til «grønn» energi, pharma og høyverdiprodukter, eller se på alternative forretningsmodeller – som alle vil kreve industrisymbiose. Alternativt til humant konsum. Mer videreforedling i Norge vil tilgjengeliggjøre mer råstoff.

### **Politisk**

En del av mulighetene som ble listet opp var knyttet til politikk, regulering, finansiering, skatt og arealplanlegging. «Mulighetene ligger i insentivene». Per i dag ligger det potensial i å ta i bruk det man i dag får lov til å dumpe på sjøen, bifangst kvernes og dumpes på sjøen. Å snu dette vil innebære prioritering og styring, nasjonale føringer, å gi miljø mer tyngde, og prioritering av aktører som bidrar positivt i klima-sammenheng, samt å innføre CO<sub>2</sub>-avgift. Regulering fungerer best sammen med belønning, kvotebonuser o.l. Videre nevnes det at dagens regelverk er for stramt mht hva som er mulig å bruke restråstoff til, slik som for høye grenseverdier og som føringredienser.

### **Marked/innovasjon**

Sirkulære løsninger/selskaper mangler finansieringsaktører. Det må etableres etablere standard på LCA, slik at man får bedre beslutningsgrunnlag. Det er mulig å øke verdiskapningen eksisterende produksjon og ressursgrunnlag, og å øke matproduksjon ved å utbytte restråstoff til humant konsum.

### **UTFORDRINGER**

Under tema utfordringer ønsket vi å vite hva deltakerne så på som utfordringer i dag, for fremtiden, og om det er spesifikke utfordringer knyttet til høyverdiprodukter. Dagens utfordringer er som i et første steg av analysen er kategorisert i tema: samarbeid, teknologi, politikk/regulering og marked/innovasjon.

#### **Hvor er flaskehalsene i dag?**

##### **Samarbeid**

Det er behov for et økosystem av aktører. Få store aktører reduserer åpenhet (om data, utfordringer og planer), og lukker systemet inne. Disse store må se verdien av samarbeid. Det er utfordringer med økende tilfeller av mindre samarbeid, mindre åpenhet, mulig forsterket av større avstander og små miljøer. Andre utfordringer er tilgang på kompetanse, og at FoU og industri har ulike interesser - FoU vil publisere for å følge formelle krav, kommersialisering er utrygt, samt at FoU er preget av midlertidighet.

##### **Teknisk/infrastruktur**

Utfordringer knyttet til forskning og skalering av prosesser og alt som hører til under dette. Noen pekte på at volum kan være en utfordring, enten for stort eller for lite mht lønnsomhet. Kartlegging (av behov?) er grunnlaget. Kjernefasiliteten – produksjon og oppskalering, må redusere feil investering og utnytte kapasitet. Diffus data nevnt. Restråstoff kan brukes til både lavverdi og høyverdi. De som genererer råstoffet må behandle det nok, og tenke portefølje, eller sikre at noen andre kna bruke det.

### **Politikk/regulering**

Reguleringene og tillatelser henger ikke med på produktutviklingen eller teknologiutviklingen, og (lokalt) regelverk er ikke «tilpasset for å måle economy of scope» - behov for regulatorisk stabilitet og forståelse. Det eksisterer også ulike rammer for å måle sirkulære aktiviteter, hvordan er best måte å måle sirkularitet på? Det må legges til rette for skalering, samt organisering av forskning, rettet mot målene som vi setter oss, og distribuerer ut informasjonen slik at forskningen blir anvendt. Det mangler insentiver og disse må strømlinjeformes slik at det ikke dukker opp overraskelser på veien. Tilsyn og virkemiddelapparatet har for lite ressurser og folk. Mattilsynet og EU er til hinder, og henger ikke med FoU. Grunnrenteskatt nevnes som faktor.

### **Marked/innovasjon**

Det mangler (lokale) marked for produktene, samt kapital og investeringsvilje/evne, særlig for høyverdiprodukter. Sertifiseringsprosessene er lange og kostbare, og det mangler kapital for å skalere. Samtidig ser man en økende mengde produkter og varianter og det er vanskelig å skille hva som er bra og dårlig.

Vi har et sterkt FoU-miljø, men det er underfinansiert, er for lite, og ikke mange kjenner til det.

Diskutert under sirkulær økonomi: Videre nevnes to ulike utfordringer, både at mye restråstoff aldri tas i bruk (og dermed ikke dekkes av noen av R-ene), men også at det alltid vil være avfall etter foredling av restråstoff – restråstoff av restråstoffet. Ikke alle deltakerne var helt enige i/delte samme forståelse. Ensilasje løser i stor grad dette, men også her sitter man igjen med en uløselig sediment fraksjon, og ensilasje i seg selv skaper ikke veldig verdifulle produkter – mer et slags siste steg. Et annet perspektiv på sistnevnte utfordring er at det finnes alltid en kunde, selv om aktør 1 ikke ser verdien i f.eks.. uløselig sediment fraksjon. Økonomisk er det kanskje ikke realistisk å få til, samtidig er det å operere alene uten partnere også en hindring for å få til sirkularitet. Andre hindringer er pris, volum og maktbalansen i verdikjeden.

### **Fremtidig**

I fremtiden forventes strengere regelverk og mer konkurranse. Det vil bli mer kapitalkrevende å produsere, der risikoavlastning vil kunne bidra til å øke investeringsvilje og vilje. Noen mente økt sirkularitet vil føre til økte kostnader. Krever suksesshistorier for å vise til økonomisk gevinst. I tillegg har FoU og industri ulike perspektiver på innovasjonsprosessen, der FoU ser TRL 7-8 ser industrien TRL 2-3.

### **Høyverdi-produkter**

Produksjon av høyverdiprodukter har noen av de samme utfordringene som nevnt over, slik som strengt og utdatert regelverk. Spesielt for høyverdiprodukter er at det gir lavere utnyttelse av restråstoffet, og til høyere kostnader, og krever høy kvalitet på råstoff, mer forskning og dokumentasjon for å påvise at det er trygt for godkjenning. Denne produksjonen preges av små selskaper, kortsiktige kapitalkrefter og mer ressurskrevende produksjon. En deltaker pekte på utfordringen at pharma kommer øverst i pyramiden for høyverdiprodukter fordi det er svært vanskelig område og alle kan ikke lykkes der, og at dette derfor satte urealistiske forventninger/målestokk for sektoren.

## RAMMER FOR SIRKULÆRØKONOMI

### Hvor mange sirkulære verdikjeder må på plass i en sirkulær fremtid?

Deltakerne syntes dette var et vanskelig spørsmål, og mente dette kanskje ikke har en grense, men at det heller krever kontinuerlig produktutvikling, som forhåpentligvis skaper mange sirkler etter hvert.

### Hvordan kan din virksomhet spille en rolle i industriell symbiose?

Å bruke restråstoff er allerede en symbiose i seg selv med primærproduksjonen, altså er konseptet nytt, men i praksis er vi i gang. Men fortsatt kreves det en teknologiutvikling for å koble reststrømmer med restprodukter. Man må bryte ned nasjonale data til regionale data, gjøre informasjon mer standardisert, automatisert og delbar for å bygge den digitale infrastrukturen som trengs for å få industrisymbioser til å fungere, EDP. Det blir viktig å ta i de strømmene som finnes, og begynne arbeidet med å bygge verdikjeden der det er samarbeid langs hele verdikjeden – transport, logistikk, innsatsfaktorer og vann. Geografien i Nord-Norge er utfordrende og å møtes da er veldig viktig, men premissene for slike møter er viktige – ved noen arrangerte møteplasser slik som workshops møter man ofte konkurrenter, og dette påvirker deltakelse og utbytte av slike møter. Man må åpne opp for kommersialisering i forskning, men her er den ikke-objektive forskerrollen utfordrende. Innovasjon i forretningsmodell og fordeling av risiko må utforskes. Tenke nytt for nytt område, som å bygge næringsbygg og boligbygg med glassvegger med rør for mikroalgeproduksjon. Annet eks er Polarbase Hammerfest som etablerer dyrking av alger i bassenget til settefiskanlegget.

### CRISPR / Digitalisering / KI?

Ny teknologi: Ligger stor potensiale her, men avhenger mye av omdømme. Kjernekraft også nevnt som sensitivt mtp omdømme. AI – lage bakterier for å bryte ned avfall, for å sette sammen egenskapene til bakteriene.

### Taksonomien

Det varierte om deltakerne hadde kunnskaper om og aktivt arbeidet med taksonomien. Flere oppfattet den som lite oversiktlig og lite tilgjengelig, og det var uklart for hvem, hva og hvordan den vil gjelde. Noen spurte om det handler om bærekraft, om det vil føre til mer grønnvasking, om det bare er større firma som påvirkes, og om mindre selskaper vil ha kapasitet til å sette seg inn i kravene. Noen knyttet det direkte til sertifisering, andre til innkjøp av tjenester med lavt klimaavtrykk. Andre kjente mindre til den, og hadde ikke berørt spørsmålet enda.

## Stavanger:

### Resultater

#### Sirkulær økonomi som konsept

Sirkulærøkonomi handler i bunn og grunn om kombinasjonen av «økonomi», bærekraft og arbeidsplasser. Det innebærer bedre bruk av ressurser og energi, samt produsere så lite avfall som mulig. Slam og plast ble særlig nevnt som områder der sirkulærøkonomi er relevant.

Videre ble det poengtert at sirkulærøkonomi er det å se på rester og avfall som en ressurs og ikke som et avfallsproblem. Dette er akkurat som hvordan naturen fungerer.

Når restmaterialet er biologisk så er det per definisjon sirkulært fordi naturen tar seg av det. Vi trenger ikke å gjøre noe sirkulært gjennom handling og tiltak dersom naturen tar seg av det, så lenge det ikke skader naturen. Det er fremdeles en diskusjon om fosfor eller andre næringsstoffer må lagres eller tas ut av naturen.

Sirkulærøkonomi innebærer et felles verdigrunnlag på hvordan en jobber med det og regner på det – sånn at bransjen drar i samme retning. Det må være åpenhet om hvordan man jobber med sirkulærøkonomi og hvilke kriterier som ligger til grunn.

Det er et stort press på å optimere slik at vi oppnår lavest mulig utslipp. Presset kommer fra forbrukere -åpenhet er viktig- spesielt ifm riktig og gode data. Sirkularitet handler også om «standariserte data» - hele bransjer må ha en felles forståelse hva som beregnes og telles.

Vi har avfallsproblem i dag (f.eks. fiskeslam) som i stedet kunne behandles som en ressurs. Verdikjedene er ikke økonomiske bærekraftig per dags dato.

#### **Hva gjør næringen i dag og hvilke initiativ har vi regionen i dag?**

Gjødsel er en fellesnevner for oppdrett og landbruk. Det er flere initiativer for å samle slam i regionen (f.eks. Årdal Aqua): Gjenvinning av nitrogen og fosfor fra slam og utvikling av nye prosesser som ikke binder fosfor slik at det kan brukes videre. I dag, mest av slam går til biogass produksjon i IVAR, resten går til gjødsel. Men gjødsel produsert basert på slam kan ikke brukes i Norge p.g.a. regelverk. Det selges i stedet til Vietnam. Det finnes en verdikjede for å bruke slam som gjødsel, men det forbedringer til når det gjelder energibruk og kostnadsnivå.

Skretting (ikke initiativ i region), viser initiativ på bærekraft med stor forskningsinnsats på å finne nye forråvarer som er mer lønnsomme og mer bærekraftige enn de en benytter i dag. Skretting samarbeider med Grieg Seafoods for å teste forråvarene. Det å stimulere til utvikling av forråvare som ikke er arealkrevende og ikke human konkurrerende (humankonsum) – eks fiskemel – algae. Når det gjelder tekniske sirkulering, det er plast initiativ i Egersund.

#### **Hva er drivere og barriere for økt sirkularitet? Hvordan kan vi øke sirkularitet innen fôrproduksjon?**

Drivere som spiller en stor rolle, er myndighetene. Den politiske agendaen om å redusere utslipp og produsere mer bærekraftig driver frem økt sirkularitet.

Når det gjelder både barrierer og drivere, ble nevnt flere ganger om at alt handler om økonomi. «Enten må staten betale eller så må næringen tjene på sirkulærøkonomi for at de skal drive med det». Per dags dato, mener de at regelverket må justeres ellers vil næringen flytte til de landene med minst strenge regler og best økonomiske rammebetingelser så lenge det er mulig å dyrke fôr og/eller oppdrette laks der. Grunnrenteskatt i lakseoppdrett gjør at det blir mindre investeringer i sirkularitet.

Subsidier eller å slippe skatt (skattefritak) kan være gode incentiver for næringen til å øke sirkularitet innen fôrproduksjon. Det ble også nevnt nye avgifter, støtteordninger, og utviklingsbidrag som ideer.

Barrierer som ble nevnt i løpet av diskusjoner er økonomi. Blant annet oppskalering av sirkulære produksjonsprosesser er utfordrende. Store investeringer som medfører stor kapital og finansiell risiko og tilgang til rimelig energi kan være en flaskehals. Videre er det en utfordring å finne logistikk-løsninger som er miljøvennlige. Teknologiske barrierer ble også nevnt.

Sirkularitet i matproduksjon er særlig problematisk nå med prisvekst. Noen deltagere diskuterte om hvem kommer til å betale for bærekraftig matproduksjon. De mener at det ikke er mulig å skyve den ekstra kostnaden over på forbrukeren. Forbrukeren vil av økonomiske grunner velge den billigste maten.

Internasjonale rammeverk gjør det enda mer komplisert – laksenæringen er jo internasjonal i motsetning til landbruk.

Lettere med støtte til grunnforskning enn oppskalering og industrialisering. (eksempel: Demo2000 fra oljeindustrien.)

Man trenger en skikkelig oppskalering med store fabrikker for at det skal kunne produseres nok fôr-ingredienser.

Eksempel på proteinfabrikk som trenger mye energi – i Canada gir regjeringen fastpris på energi til proteinfabrikk som produserer mye billigere enn her (ikke noe slik incentiv her i Norge). «*Det er bedre for industrien å transportere protein fra Canada med relativt lav CO2 utslipp*».

Krav til volum øker og øker -> leverandører må være større og større

Alt som skjer i laksindustrien kopieres i andre typer oppdrett. Det vil si at hvis vi produserer bærekraftig fôr i laksindustrien, vil det ha positive spredningseffekter i andre typer oppdrett.

### **Hvor mye laks kan vi produsere med lokale (norske) fôr-ingredienser uten å øke fotavtrykk på miljø og klima?**

Det er optimistisk med Råvareløftrappen, men det er mest sannsynligvis umulig å produsere så mye som de hevder i rapporten.

Det finnes mange muligheter med mer restråstoff fra fiskeri og landbruk – alger, bakterier, insekter og blåskjell. Men det er ikke tilstrekkelig til å produsere alt fôr som behøves i dagens lakseproduksjon.

Hvis G2F lykkes, blir det en «game changer». Når det gjelder til MacroAlgae, ser det ut som det fremdeles er langt fra å realisere sine målsettinger spesielt når det gjelder energi.

Mange tror at med bare lokale (norske) fôr ingredienser, ville Norge produsere veldig lite laks. Estimaten varierte fra 1% til 10% av dagens volumer. Ingen muligheter per dags dato å dekke en fjerde del av lakseproduksjonen.

### Oppsummering

2. Alt handler om økonomi og rammebetingelser.
3. Globale avtaler også gjelder for norske laks.

## Bergen:

### Resultat

#### Hvor sirkulær kan håndteringen av plast i sjømatnæringen bli?

Det er stor enighet i at håndteringen av plast i sjømatnæringen kan bli tilnærmet 100% sirkulær. Næringen skal bli klimanøytral, derfor er reduksjon av CO2 en viktig driver for utviklingen av sirkulære verdikjeder.

Overgangen til en sirkulærutnyttelse av plast vil kreve en stor omlegging. Dette krever samhandling på tvers av verdikjede og med aktører som ikke er en del av verdikjeden i dag. Første steg på veien mot sirkulære løsninger er bedre håndtering av brukt utstyr og overgang til leie/leasing av utstyr fremfor å eie.

Logistikk-løsninger er en stor utfordring. Både med tanke på behandling, gjenvinning, gjenbruk og resirkulering av plast. Der må på plass mottaksløsninger, henteløsninger og gjenvinningsløsninger i Norge.

Standarder som NS9415 stiller høye krav til kvalitet. Der bør på plass godkjenning for forlenget levetid basert på reell kvalitet. Mye av utstyret kan benyttes utover dagens godkjenningstid.

Closed controlled loops må være målet. Det krever etablering av robuste verdikjeder for bestandige materialer. Der er stort potensiale i å tilnærme seg utfordringen systemisk og se på nye metoder for hvordan hele næringen benytter plast. Dette må til for å skape mer ombruk, gjenbruk og ikke minst redusert bruk av plast.

Bransjen er i varierende grad klar over næringens bidrag til marin plast i havet. Deler av næringen jobber med tiltak for å redusere lekkasjen av plast til sjøen, mens andre deler ikke er klar over hvor mye av avfallet som kommer fra sjømatnæringen. Der er fremdeles behov for informasjon.

**Rethink:** Vi kan bytte ut plast med nye materialer basert på andre råvarer: tare, cellulose etc. Der foregår innovasjon i produksjonsteknologi, f.eks bruk av biotech, enzym, baterier, sopp etc. Bionedbrytbar plast bør benyttes på komponenter der det blir mye lekkasje av mikroplast.

Bionedbrytbar plast – her er det potensiale for å lykkes med reduksjon av platen – men egenskapene er ikke gode nok til å brukes i store installasjoner som f.eks. nøter, men bør kunne



brukes i mindre deler som slites mye – det vil også være her det er hensiktsmessig slik at det ikke slites ut mye mikroplast

**Hva er mulighetene? Hvordan kan vi jobbe smartere? (Refuse, Rethink, Reduce) Hvordan kan vi få plasten til å bli værende i omløp lengre? (Reuse, Repair Refurbish, Remanufacture, Repurpose)**

Oppdretterne er sentrale i å styre omløpet av produkter i næringen.

Næringen bør utarbeide gjennomtenkte kvalitetskrav i lys av sirkularitet. Det ble stilt spørsmål om der ligger rom (slingringsrom) i eksisterende regeleverk, eller om man må endre regelverk.

Bruken av jomfruelig plast må reduseres.

System for digital sporing av produkter (i alle slags materialer) må tas i bruk. Sjømat Norge er involvert i en digital løsning på produsentansvarsordningen. (etter BioDigSirk-prosjektet) Utfordringen er ikke mottak, men registrerings løsninger. Produktsertifikat, samt levetid og resertifisering blir viktig

Mer lokal verdiskaping på plast og forretningsmodeller for plast representere muligheter

Kortreist logistikk er en del av mulighetsbildet

Kostnadsbildet må justeres. Kostnaden med å kvitte seg med avfall, eller behandle avfallet må pris settes i en tidlig fase. Vi trenger innovasjon og nye løsninger – spesielt med sirkulære løsninger på plast

Utfordring – vi har ikke kontroll på sammensetning av materiale – giftstoff kan både forekomme og utvikles i resirkulert plast

Det kreves mer samhandling mellom partene i verdikjeden. Lønnsomheten må fordeles på leddene. Sikre riktig volum og skalering. Nye forretningsmodeller må skapes.

Omleggingen krever systemisk tilnærming på tvers av verdikjeder. Vi kan igangsette de små løsningene med en gang. Lære underveis.

**Hvor er flaskehalsene i dag?**

**Hvordan kan vi jobbe smartere? (Refuse, Rethink, Reduce) Hvordan kan vi få plasten til å bli værende i omløp lengre? (Reuse, Repair Refurbish, Remanufacture, Repurpose)**

I utviklingen av sirkulære løsninger bør de største komponentene prioriteres (merd, not, forslanger etc). Nasjonale verdikjeder bør prioriteres.

Miljøforvaltningen og myndigheter må følge med, næringen ligger foran. Kapasiteten hos forvaltningen er en flaskehals. Vi har behov for en helhetlig forståelse av verdikjeden hos politikere.

Det er en utfordring å holde varene rene gjennom prosessen. Sporbarhet er ekstremt viktig – data – materialtester – vi må få kontroll på verdikjeden. Produsentansvar er nøkkelen, ansvarliggjøring av palsteier. Det finnes sertifikat på produkter – men disse er ikke tilstrekkelige, og vi mangler pålegg om sertifikat på deler av utstyret.

Falskehalsler: Der er for mange plasttyper i omløp. Mangel på kunnskap hos aktørene i verdikjeden. Det ligger ikke hos enkeltindividet, men på alle nivå i samfunnet.

**Hvordan kan vi beholde mest mulig plast i sirkulære verdikjeder – og lukke sirkelen?**

**Hvor ligger det største potensialet for sirkulær plastøkonomi? Hvor ligger det regulatoriske hindringer for utvikling av sirkulære verdikjeder?**

Der er behov for regulatoriske endringer, myndighetene bør bruke både pisk og gulrot. Kreve og belønne. Slik at insentivene er rigget mot utvikling og skalering av sirkulære forretningsmodeller. Handlekraft og samarbeid mellom myndigheter og næring må til.

Plast – et globalt problem krever også felles løsninger, lokalt, nasjonalt og internasjonalt.

Norge bør etablere håndteringsløsninger for plast selv. Der er et stort potensial i materialgjenvinning. Der bør innføres mer avgift og pant. Produsentene bør ha et større ansvar, slik at man sikrer renere fraksjoner og insentiv til å bygge lukkede sirkler.

## 8.2 Vedlegg 2: Forslag til indikatorer for sirkularitet knyttet til 9R+ rammeverket

Overordnet mål: **Høste og produsere sjømat på smartere måter (R1/R2)**

Bruke kvantitative indikatorer for å dokumentere positiv utvikling i retning sirkularitet

Delmål	Forslag til indikator - målet er at disse øker
Redusere produksjon og høsting av den minst sirkulære sjømaten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andel sjømat fra oppdrettsarter som ikke trenger før</li> <li>• Andel fisk høstet med redskap som ikke skader havbunnen</li> <li>• Andel fisk høstet uten bifangst av rødlistede arter</li> </ul>
Redusere CO <sub>2</sub> avtrykket til transport av sjømat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andel sjømat transportert til forbruker uten bruk av fly</li> </ul>
Redusere klima- og miljø avtrykket fra produksjon og bruk av fôr til laks	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andel bærekraftige ingredienser i laksefôr</li> <li>• Prosent reduksjon av fôr-faktoren</li> </ul>
Redusere matsvinn i hele verdikjeden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosent reduksjon i dødelighet og rømming av oppdrettslaks</li> <li>• Prosent reduksjon i mengde sjømat tapt på vei til forbruker og hos forbruker</li> <li>• Antall tonn restråstoff oppsirkulert til menneskemat</li> </ul>
Smarte løsninger som reduserer forbruk av plast og andre tekniske innsatsfaktorer	Indikatorer som dokumenterer kutt i forurensning og økt bruk av avfall kan brukes for å vise at smarte løsningen bidrar til å nå målet om redusert forbruk av ressurser. I tillegg kan man dokumentere prosent reduksjon i total mengde tekniske innsatsfaktorer brukt (f.eks. plast og metall)

**Tabell 1.** Høste og produsere sjømat på smartere måter (R1/R2). Bruke kvantitative indikatorer for å dokumentere positiv utvikling i retning sirkularitet.

Overordnet mål:

Forleng levetiden til produktet og delene det består av for å redusere den totale ressursbruken

Bruke kvantitative indikatorer for å dokumentere økt bruk av avfall som en ressurs

Delmål	Forslag til indikator – målet er at disse øker
Bruke <b>restråstoff</b> som en ressurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Antall tonn oppsirkulert til mat (R1/R2) inngår i smartere produksjon</li> <li>• Antall tonn restråstoff brukt i fôr, til dyrking av fôringredienser, til gjødsel (R8)</li> <li>• Antall tonn brukt til å produsere biogass (R9)</li> </ul>
Bruke <b>slam</b> som en ressurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengde slam samlet opp og brukt til å dyrke fôr-ingredienser på eller til gjødsel (R8), eller brukt til å produsere biogass (R9)</li> <li>• Andel laks produsert i IMTA anlegg der man dyrker fôr-ingredienser på slam <i>in situ</i></li> <li>• Antall tonn fosfor gjenvunnet fra slam</li> </ul>
Bruke <b>plast*</b> som en ressurs <small>* Avfall fra andre tekniske innsatsfaktorer kan også legges inn her</small>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengde plastutstyr som gjenbrukes som det er (R3); repareres og brukes lenger (R4); pusses opp og fornyes for å brukes lenger (R5)</li> <li>• Mengde gammelt plastutstyr brukt som deler i nytt med samme funksjon (R6) eller med annen funksjon (R7)</li> <li>• Mengde plast bearbeidet fra gammelt utstyr og brukt til å lage noe nytt (resirkulert/opsirkulert, R8)</li> <li>• Mengde plastutstyr brent med energigjenvinning (R9). Plast som brennes uten energigjenvinning er ikke en del av sirkulærøkonomien.</li> </ul>

**Tabell 2.** Forleng levetiden til produktet og delene det består av for å effektivisere den totale ressursbruken. Bruke kvantitative indikatorer for å dokumentere økt bruk av avfall som en ressurs.