

Slam – en driver for sirkulære verdikjeder

Kan landbasert oppdrett være utgangspunktet
for en regional industriell symbiose?



Kan landbasert oppdrett være utgangspunktet for en regional industriell symbiose?

Lavutslippsamfunnet krever nye modeller. Overgangen til sirkulære verdikjeder krever samarbeid på tvers av sektorer. Industrielle symbioser er pekt på som mulige løsninger for å både utnytte ressursene våre bedre, la mindre gå til spille, og samtidig redusere CO2-utslipp, energiforbruk og negativ påvirkning på naturen.

En mulig lokal sirkulær verdikjede. I dette prosjektet har vi undersøkt hvordan slamhåndtering fra et landbasert postsmoltanlegg kan gi grunnlag for en lokal sirkulær verdikjede. Vi har identifisert andre regionale avfallsstrømmer og vurdert om dette tilsammen kan være grunnlag for å etablere en hensiktsmessig industriell symbiose, der målet er å bidra positivt til klima- og naturregnskapet, samt kunne forsvare investeringen.

Prosjektet er levert av:

Prosjektleder:

Elise Sæle Dahle, Land møter hav,
NCE Seafood Innovation, NCE Heidner Biocluster,
NCE Blue Legasea, Biotech North

Prosjektet er finansiert av Vestland Fylkeskommune

Prosjektdeltakere:

Siri Lohne, Thomas Mælen, Samuel Anderson,
Bolaks Group AS
Jan Henning Legreid og Per Olav Haaland,
Blue Ocean Technology
Alf Sognefest, Bjørnafjorden utvikling AS
Jørn Erik Toppe, Green House AS
Jesper Backer Lemming, Down to Earth AS

PROSJEKTDeltakere



PROSJEKTET ER FINANSIERT AV



Hvorfor industriell symbiose

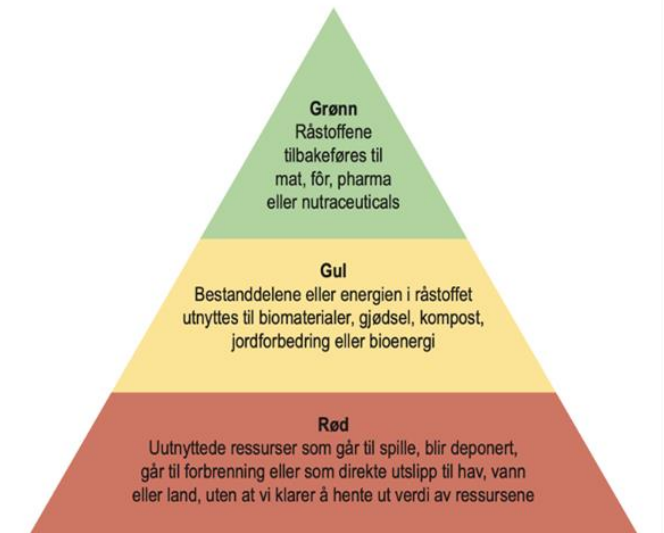
Et verktøy for omstilling. Sirkulære verdikjeder vil være essensielt i omleggingen til lavutslippssamfunnet. Våre fornybare ressurser fra hav, jordbruk og skogbruk må anvendes på best mulig måte, både målt i økonomisk verdi men også sett i lys av FNs Food First prinsipp. Rapporten BioDigSirk (2022) etablerte et verdihierarki for bioråstoff. Det etterstreber at alt som kan gå tilbake til matsystemet, går tilbake til matsystemet. I en verden der ressurser blir knappere bør prioriteringen av hvem som skal få tilgang til areal, fornybar energi, bioressurser og kompetanse følge en slik prioritering.

Industrielle symbioser skapes ved at aktører samarbeider og utveksler materialstrømmer og energi for å redusere avtrykket fra aktivitetene og øke den økonomiske gevinsten. Avfallsstrømmer som slam eller annen biomasse blir til ressurser som kan utnyttes av andre, eller overskuddsenergi, CO₂ eller vann som gir høyere verdi via tilknyttede aktører.

På tvers av sektorer Sirkulære verdikjeder krever at enkeltaktørene ser ut over egen kjernevirksomhet og legger til rette for at andre aktører kan skape verdi basert på egne ressurser og aktiviteter. En vellykket industriell symbiose krever samhandling med et høyere avhengighetsnivå enn vanlig i ordinær bedriftsøkonomisk tankegang.

Den fremtidige bioøkonomien bør operere innenfor naturens tålegrenser og etter prinsipper for god ressursforvaltning:

- At alt som høstes fra naturen og produseres i bio-verdikjeder bør utnyttes best mulig samtidig som ingenting går til spille.
- Menneskehetens behov for mat og materialer bør bruke minst mulig areal og heller ikke påvirke habitater eller arts mangfold negativt.
- Biobaserte materialer bør erstatte fossile innsatsfaktorer.
- Næringsstoffer bør sirkuleres uten at det fører til opphopning av uønskede elementer i jord, mat eller mennesker.
- Man bør etterstrebe en mest mulig lokal utnyttelse av råstoffer der smidige, smarte skalerte sirkulære verdikjeder bygges for å være lønnsomme i et evighetsperspektiv.



BioDigSirk(2024)

Sikre best anvendelse

Figuren illustrerer et trafikklyssystem som prioriterer anvendelsen av biologiske ressurser, slik at alt som kan gå til mat først og fremst går til mat.

I tillegg sier FNs klimapanel, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) at det er nødvendig for alle land å ta i bruk alle tilgjengelige ressurser til matproduksjon, samt at produksjonen må være tilpasset de naturgitte forholdene i hvert enkelt land.

En sirkulære verdikjede

Hvorfor en industriell symbiose? Industriell symbiose eller en lokal sirkulær verdikjede pekes på som et verktøy for å kunne utnytte ressurser bedre, minske mengden ressurser som går til spille og med det redusere klimagassutslipp og andre negative påvirkninger på naturen.

Industriell symbiose er et konsept hvor forskjellige bedrifter samarbeider om å utnytte hverandres sidestrømmer, avfall, eller ressurser. Målet er å skape mer bærekraftige produksjonsprosesser ved at det ene foretakets avfall eller overskuddsmateriale kan brukes som en ressurs for et annet foretak. Dette reduserer behovet for nye råmaterialer, minsker avfall og forurensning, og forbedrer dermed den samlede miljøeffektiviteten.

Inspirert fra naturen: Symbiose er et biologisk begrep som beskriver et nært og ofte langsiktig samarbeid mellom to forskjellige organismer, hvor minst én — og ofte begge — drar nytte av forholdet.

Det finnes flere typer symbiose:

- *Mutualisme*: Begge organismer har fordeler av samarbeidet.
- *Kommensalisme*: En organisme drar nytte av forholdet uten at den andre påvirkes nevneverdig.
- *Parasittisme*: En organisme (parasitten) drar nytte på bekostning av en annen (verten).

Symbiose som konsept viser hvor tett og komplekst samspillet i naturen kan være, og hvor avhengige forskjellige arter kan være av hverandre for å overleve og trives.

Systemskift

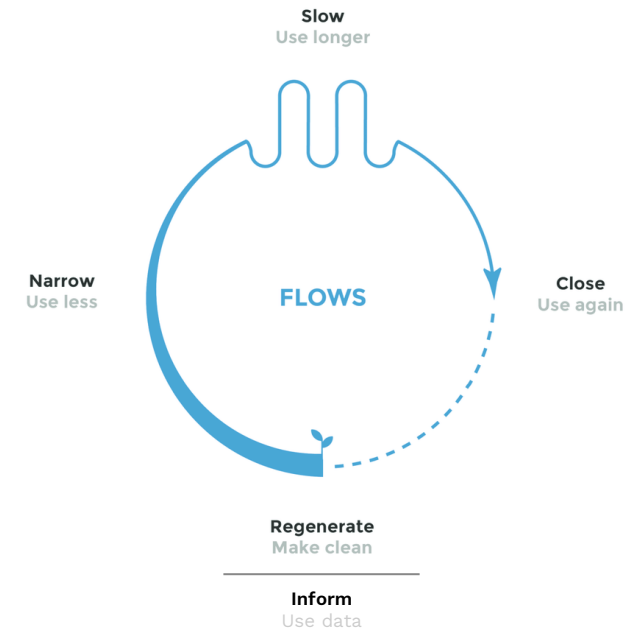
Et av de store skiftene som må skje, er at omstillingsarbeidet går fra å reparere det lineære systemet, til å designe de nye sirkulære systemene.

Det meste av næringslivet vårt er i dag organisert i lineære verdikjeder der vi henter naturressurser, produserer produkter, selger, bruker og kaster.



Sirkulærøkonomi

Sirkulære prinsipper handler om å bruke mindre – slanke, holde ressursene i bruk lengre – senke, unngå å lekke ressurser – lukke, og til sist gjenoppbygge ressursgrunnlaget slik at man kan hente ut ressurser på nytt – regenerere. Illustrert i figuren under.





Regionale, nasjonale og internasjonale strategier

Prosjektet er et bidrag inn i arbeidet for å etablere de nye sirkulære verdikjedene. Der eksisterer i 2024 både regionale, nasjonale og internasjonale strategier og målsetninger for å få til overgangen.

Regionalt svarer prosjektet på Vestland fylkeskommune sine strategier:

- Sirkulærøkonomi som strategi for grøn næringsutvikling
- Verdiskaping og nye grønne arbeidsplasser i hele fylket

Målet med prosjektet er å bidra til sirkulær omstilling der vi utnytter våre fornybare ressurser fra skog, jord og hav bedre, ved å holde verdifulle ressurser i omløp lenger og nyttiggjøre verdifulle bestanddeler av bioressursene. Vi prøver å lage gode koblinger mellom sjø og land, og skape klima- og miljøvennlige løsninger på tvers av landbruk og havbruk.

Prosjektet er forankret i Vestland fylke sin plan: Berekraftig verdiskaping- regional plan for innovasjon og næringsutvikling 2021-2033, spesielt satsingen «bygge strategiske knutepunkt gjennom industriell symbiose». Det kan bli en av de industrielle symbiosene som skal realiseres i regionen, og bli et av 100 grønne

industriområder/næringsområder med netto nullutslipp gjennom industriell symbiose, på tvers av verdikjeder.

Nasjonalt er prosjektet forankret i Nasjonal handlingsplan for sirkulærøkonomi. Regjeringen kom i mars 2024 med sin Handlingsplan for sirkulærøkonomi. Der peker man igjen på hvordan en mer sirkulær utnyttelse av ressurser er et viktig virkemiddel for omstillingen av næringslivet.

Det jobbes også med et nytt samfunnsoppdrag for sirkulærøkonomi.

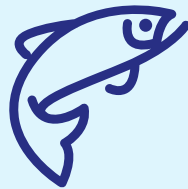
Internasjonalt peker EU i sine strategier Circular Economy Action Plan og Cluster-6-food-bioeconomy på hvordan sirkulærøkonomi er et viktig verktøy. Særlig EUs lovgivning driver frem endringer i markedene og i norsk politikk.

Viktige drivere for økt sirkularitet i havbruksnæringen



Et hinder for vekst.

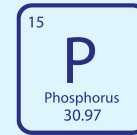
For å ivareta Norges konkurransefortrinn i havbruksnæringen, må regionen lykkes i å sikre bærekraftig utvikling av næringen. Sirkulære verdikjeder som utnytter ressursene lokalt, vil redusere næringens negative påvirkning og gi grunnlag for verdifull næringsutvikling og sysselsetting i distriktene i Vestland. Det er et stort potensiale for å bruke restråstoff som innsatsfaktor i produksjon av fornybar energi, gjødselprodukter, jordforbedring og til fangst og lagring av karbon.



En uutnyttet ressurs.

Slam fra havbruk er i dag en uutnyttet ressurs. Med dagens produksjonsvolum (2022-tall) er høstbar mengde slam anslått til å være 334 000 tonn¹ (99,9% tørrstoffandel (TS)) eller 3,34 millioner tonn ved 10% TS (flytende masse).

I lakseproduksjon er det slam fra både produksjonen i ferskvann og i saltvann. Det er mer erfaring med bruk av slam uten salt, da oppsamling av slam fra landbaserte anlegg er enklere enn fra sjøfasen. Smoltproduksjon foregår for det meste på land med ferskvann i dag, med etablerte oppsamlingsprosesser.



Verdifulle næringsstoffer går til spille

Hele 70% av fosforet som er i fiskefôret, tas ikke opp av fisken, men blir en del av fiskeslammet. Fosfor tilsettes i vegetabilsk fôrproduksjon gjennom mineralgjødsel i landbruket. I dag slipper norsk havbruk ut tilsvarende mengder fosfor som norsk landbruk tilfører. Resirkulering av fosfor fra fiskeslam vil være mer miljøvennlig en å utvinne fossilt fosfor. I tillegg til fosfor er fiskeslam en god kilde til nitrogen. Den høstbare mengden er anslått til å være 18 700 tonn² i 2022.



Fornybare gjødselprodukt.

Det vil bli større etterspørsel etter gjødselprodukt basert på fornybare eller resirkulerte innsatsfaktorer. Særlig på grunn av EUs målsetning om 25% økologisk jordbruk innen 2030. Gjennom dette prosjektet vil vi samle status for kunnskap for å kunne peke på hvor der er behov for mer forskning. Prosjektet vil bidra til å løfte fokuset på gjødsel og jordhelse i bioøkonomien.



Lokal virksomhet Bolaks er en lokal lakseoppdretter med hele sin virksomhet i Bjørnafjorden kommune. Produksjonen inkluderer hele verdikjeden fra rogn til matfisk. I konsernet produseres matfisk og stamfisk i sjø gjennom 10 matfiskkonsesjoner og 2 stamfiskkonsesjoner, en har et settefiskanlegg i Sævareid, anlegg for rognproduksjon i Lygropollen og konsesjon for etablering av landanlegg til postsmolt og/eller matfisk på Samnøy. Bolaks inngår også i samarbeid om en undervisningskonsesjon med Fusa Videregående skole fra 2024. Konsernet har ca. 125 ansatte og omsatte for 1,1 milliarder i 2023.

Liten med likevel en stor aktør I sjømatnæringen er Bolaks en relativt liten aktør. Den totale produksjonsmengden i 2022 var 13 200 tonn slaktet fisk. Til sammenligning produserte Grieg Seafood 84 700 tonn og Mowi 464 000 tonn samme år. Likevel er selskapet å anse som stort i norsk sammenheng.

Postsmolt produksjon på land som utgangspunkt Bolaks eier tomt og har fått konsesjon for å bygge et landbasert anlegg på Samnøy. I dagens produksjonssyklus settes fisken ut i sjø når den er omtrent 200-300 gram. Derfra går den i åpne merder fram til slaktevekt på ca. 4-5 kg. Ved å bygge et landbasert postsmolt-anlegg kan fisken være større når den settes ut i sjø. Da er den sterkere og mer robust og med kortere tid i sjø oppnår en lavere påvirkning fra lus, behandling eller sykdom.

Landbasert oppdrett blir ofte framhevet som en potensiell aktør i industrielle symbioser. Det kreves store mengder energi, vann og oksygen i produksjonsprosessen. Samtidig oppstår der sidestrømmer som slam, CO₂, overskuddsvarme og vann.

Prosjektet undersøker hvordan Bolaks kan spille en rolle i å utvikle sirkulære verdikjeder.



Familieeid



12 konsesjoner



Ca. 125 ansatte

- Stamfisk
- Rogn
- Smolt
- Postsmolt på land
- Lakseoppdrett i sjø



Etablert i 1975

1,1 Mrd

i omsetning (2023)

En ressurs på avveie



Tørket slam



Biogass



Biokull



Gjødsel



Fôrråvare

Slam fra havbruk er i dag en uutnyttet ressurs. Basert på produksjonen i 2022-tall er høstbar mengde slam anslått til å være 334 000 tonn³ (99,9% tørrstoff) eller 3,34 millioner tonn ved 10% TS (flytende masse).

I sjøfasen av produksjonssyklusen går slammet stort sett ut i fjorden. Oppsamlingsteknologi er i liten grad tatt i bruk, men det er flere prosjekter som ser på ulike metoder for å samle opp slammet i større grad.

I den landbaserte delen av produksjonen er oppdretterne pålagt å håndtere slammet. Dette vil også gjelde for Bolaks sitt anlegg.

Dagens alternativer Der er ulike alternativer for hvordan slammet kan håndteres allerede i dag. Dette er et område av oppdrett som er i utvikling og nye løsninger vil dukke opp. Der finnes etablerte løsninger for slam uten salt, det som kommer fra den delen av lakseproduksjon som foregår i ferskvann.

Det finnes løsninger for å avvanne, tørke og transportere bort slammet. Der er ulike grader av avvanning og/eller tørking, som gir slammet en ulik tørrstoffandel (TS).

Fremtidige alternativer. I framtiden ser vi for oss at slammet kan håndteres med flere metoder og anvendes i ulike markeder. Dette kan eksempelvis være:

- Slammet kan avvannes og tørkes og benyttes inn i biogassproduksjon
- Slammet kan avvannes, tørkes og pyrolyseres til biokull
- Slammet kan tørkes og benyttes som gjødsel, gitt at grenser for salt og tungmetaller overholdes
- Slam kan omdannes til protein gjennom insekter, bakterier eller andre mikroorganismer (Krever reguleringsendringer)

De ulike alternativene har ulik grad av utnyttelse, klimafotavtrykk og lønnsomhet. Samlet for alle er et umodent marked, umodne teknologier og stor usikkerhet om hvilke løsninger som viser seg bærekraftig, både økonomisk og miljømessig, over tid.

Vår lokale mulighet

Eller bare en vill idé?

Slam

Dødfisk

Foto: Norges Sjømatråd

Greiner & topper (grot)
Flis

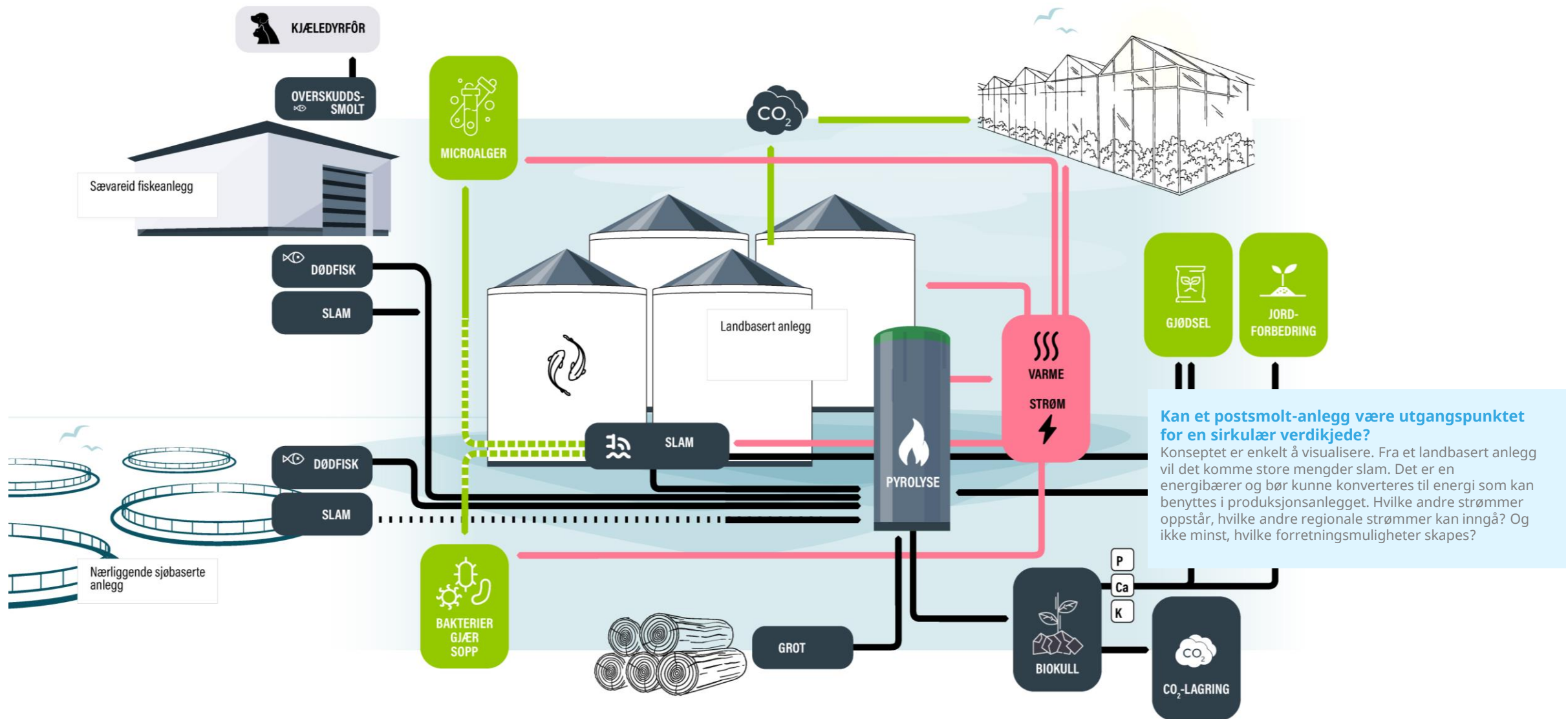
Foto: Lars Sandved Dalen / NIBIO

En konkret mulighet I dette prosjektet har vi sett på om Bolaks sitt planlagte landbaserte anlegg kan være grunnlaget for en lokal industriell symbiose. Idéen er å benytte pyrolyse for å omdanne fiskeslam til energi og biokull. I tillegg har Bolaks andre landbaserte- og sjøbaserte anlegg i nærheten, slik at sidestrømmer som dødfisk og slam er tilgjengelig og kan inngå i biokullproduksjonen.

Regionale forutsetninger På nabotomten til anlegget bygges det en tømmerkai. Sidestrømmer fra skogsdrift (flis, greiner og topper) kan benyttes inn i symbiosen. På industriområdet er det tomteareal tilgjengelig slik at det kan etableres relevant næringsvirksomhet som kan inngå i en fremtidig industriell symbiose.

I prosjektet har vi undersøkt hvordan volumet av Bolaks sine egne sidestrømmer stemmer overens med de behovene produksjonsanlegget har. Vi har identifisert tilgjengelighet av sidestrømmer fra skogproduksjonen i nærområdet, og vi har sett på potensielle aktører som kan ta i bruk overskuddsvarme.

Den ville idéen

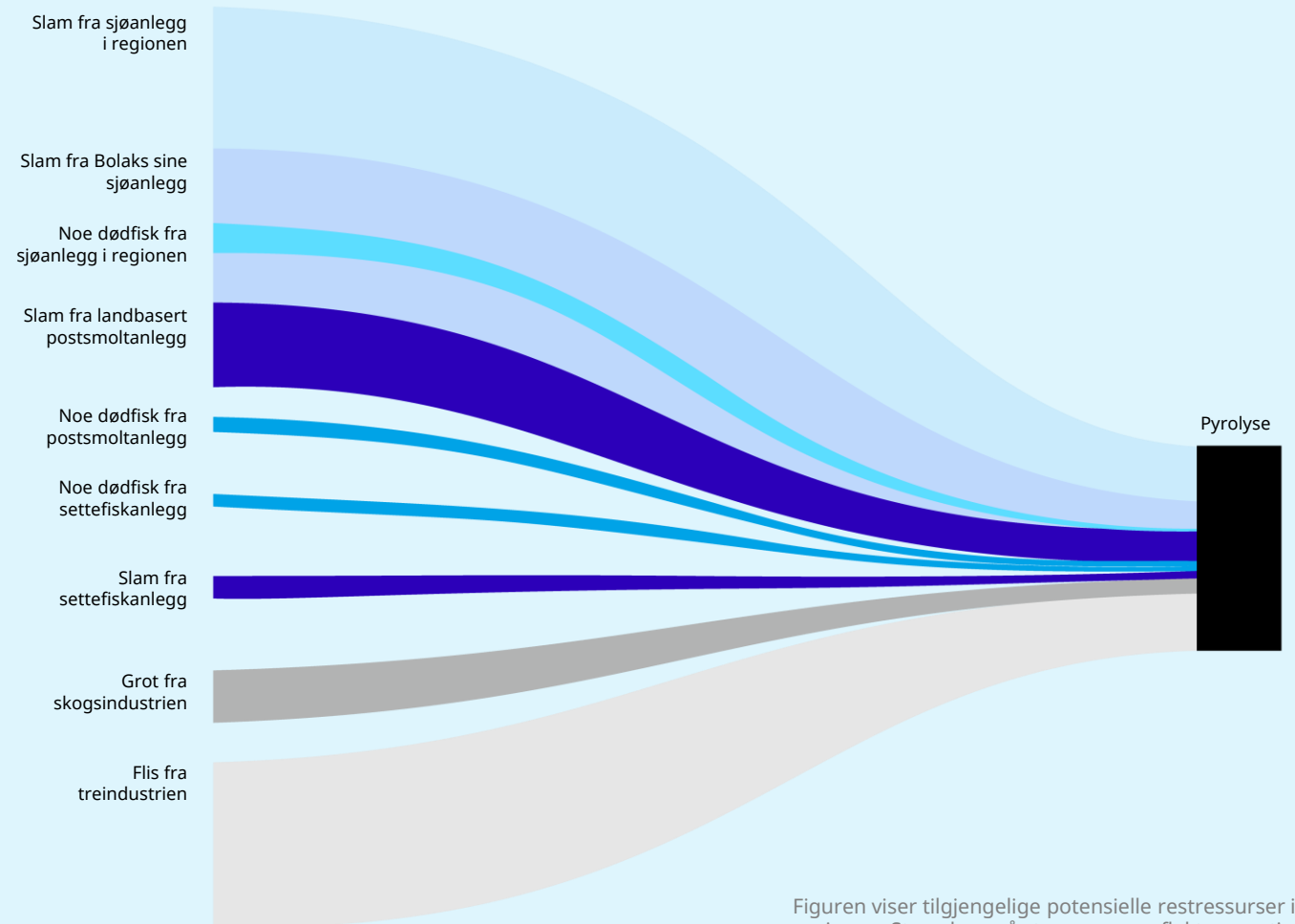


Potensielle lokale ressursstrømmer

Prosjektet har identifisert potensielle restressurser i regionen. Ved full produksjon vil Bolaks produsere en betydelig mengde slam fra sitt eget postsmoltanlegg. Ved settefiskanlegget er det også installert oppsamlingsteknologi for slam. Selskapet har flere anlegg i sjø i regionen. Det kan bli aktuelt å samle opp slam fra flere av disse anleggene også. Da vil volumet øke ytterligere.

Det forekommer noe dødelighet i alle ledd av verdikjeden for lakseproduksjon, volumer som i dag ensileres og fraktes bort eksternt til biogassproduksjon. Dette kan alternativt pyrolyseres.

På nabotomten bygges en tømmerkai hvor det fraktes tømmer fra lokal skogsdrift. I ordinær skogsdrift blir greiner og topper, også kalt Grot, liggende igjen i naturen. Denne restfraksjonen kan gå inn i pyrolyseprosessen. I tillegg kan tømmeret foredles mer lokalt før det sendes av gårde. For eksempel kan bark fjernes. Dette vil generere mer restråstoff som kan inngå i en pyrolyse.



Figuren viser tilgjengelige potensielle restressurser i regionen. Størrelsen på strømmene reflekterer estimerte volumer tilgjengelig.

Hvordan skalere en sirkulær verdikjede?



Begrenset skalering

En av utfordringene i en sirkulær verdikjede er å finne riktig skalering. I en lokal sirkulær verdikjede, slik som en industriell symbiose vil være, er det en naturlig begrensning i hvor mye biobaserte ressurser som kan gå inn i produksjonen. Å frakte store volum over større avstander vil gi kostnader og klimagassutslipp som ikke er hensiktsmessige.

En smart skalert symbiose, der kapasiteten er optimalisert mot det tilgjengelige råstoffet er dermed avgjørende.

En lokal løsning, der oppdretteren selv besitter store deler av strømmene som skal inn i anlegget, eller kan nytte en stor andel av det som blir produsert vil være en fordel for å ta ned risikoen i de nødvendige investeringene som skal til, både i infrastruktur, systemer og organisasjon.

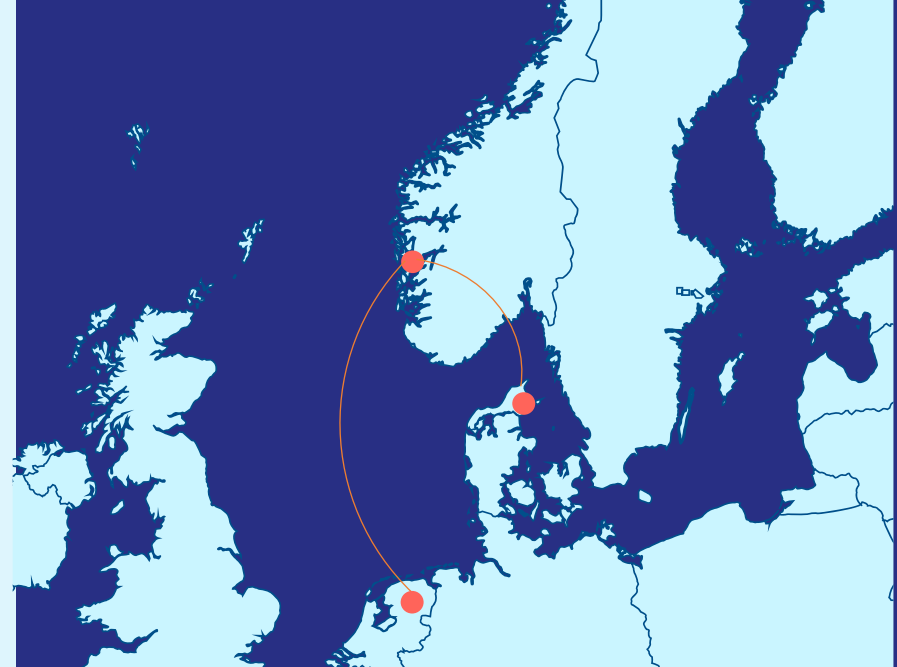


Bør man bygge bioregioner?

Et alternativ til en egen lokal løsning, er å samarbeide tettere med andre aktører innenfor en geografisk region. I regionen hvor Bolaks har sin virksomhet, finnes det både andre oppdrettere som deler samme utfordring, og andre aktører som arbeider med å finne nye sirkulære verdikjeder.

En løsning kan være å samarbeide tettere med andre aktører, slik at man sammen kan bygge en bedre løsning. Det kan gi en bedre anvendelse av råstoff, øke utnyttelsen og gi en bedre lønnsomhet.

Samarbeid kan være krevende, det er derfor ikke gitt at en samlet regional løsning vil være enklere å få realisert.



Norske hub-er og nordisk prosessering?

Våre naboer, Sverige og Danmark, har kommet lengre med utviklingen av biogass-industri. Ragnsells jobber med å utvikle en løsning som kan hente ut rent fosfor fra bioresten. Målet er å lage en ingrediens som kan tilsettes fôret til laks og andre dyr, uten å gå veien om jordbruket, gjennom gjødsel og planter. Der planlegges en fabrikk i Tyskland.

Lykkes en slik satsning, kan det hende at klimafotavtrykket for transport av slam, veies opp med redusert avtrykk for fôrproduksjonen, mindre overgjødning av landjorda i Europa og dermed en mindre belastning for planeten totalt.

En umoden bransje

Pyrolysing av slam blir først og fremst sett på som en avfallshåndteringsprosess. Det er foreløpig få aktører som ser på dette kommersielt i Norge. Andre våte fraksjoner som pyrolyseres er vått destillat av korn, gjødsel, eller biosolider fra renseanlegg.

Det er interessant å undersøke en forretningsmodell med produksjon av biokull fra slam av flere grunner. Tilgang på en rimelig råvare er til nå avgjørende for å få til lønnsom biokullproduksjon. Slam har normalt en gate fee (kostnad for å bli kvitt volumet), og kan derfor være attraktiv.

Pyrolyse er en metode for å redusere volumet og dermed senke håndterings- og en eventuell deponeringskostnad. Dette gjelder spesielt der innholdet av uønskede stoffer er høye.

Biokullproduksjon fra fiskeslam er en karbonfjerningsmetode dersom biokullet blir lagret med en varighet på minimum 100 år. For å selge karbonkreditter må anlegget sertifiseres. Det er uklart hvilke standarder fiskeslam faller inn under, noe som vil påvirke bruksområdet for biokullet og dermed prisen man vil oppnå for karbonkreditten.

Hele verdikjeden for pyrolysing av slam er umoden, noe som øker risikoen for aktørene som etablerer seg først.

De ulike alternativene for salt slam som er vurdert

1

Avvannet slam

Ute av øyet, ute av sinn. Å sende bort alt slam etter noe avvanning vil være oppdretterens enkleste alternativ. Noen andre tar hånd om det, mens oppdretter betaler for håndteringen og rapporterer CO₂-avtrykket.

Det betyr i praksis at oppdretter avvanner slammet fra ca. 0,15% TS til ca. 22% TS for å oppnå et håndterbart volum å transportere bort. Kostnaden for å frakte bort slammet estimeres til å ligge på omtrent kr 1000 per m³.

Løsningen krever små investeringer hos oppdretter, hovedsakelig mellomlagring av slam.

Løsningen vil gi en betydelig transportbelastning, da slammet må transporteres bort ved bruk av vei eller båt.

En positiv gevinst er at det vil være mulig å ta vare på både nitrogenet og fosforen i slammet, gitt at den aktøren som håndterer dette kan utnytte begge næringsstoffene.

Det salte slammet vil sannsynligvis gå til biogassproduksjon, eksport og potensielt bli gjødsel.

2

Tørket slam

Redusert volum, redusert transportbelastning.

Å avvanne og tørke slammet er en relativ enkel prosess som tar ned volumet av slammet betydelig. I praksis vil oppdretter sitte igjen med 20-25% av opprinnelig volum.

Tørkes slammet til minimum 85% TS, vil det sannsynligvis innebære at oppdretter kan få litt betalt for å selge unna tørket slam, og på den måten finansiere transporten på slammet.

Denne løsningen krever investering i utstyr for å avvanne og tørke, i tillegg til lagring både inn og ut av prosessen. Det kreves også mye energi for å tørke ned slammet. Likevel utgjør reduksjonen i volum såpass mye at en investering i slamhåndtering og tørking normalt vil lønne seg. Man sparer omtrent 1000 kr pr M³.

Klimagassutslipp knyttet til transport vil reduseres. Samtidig vil nitrogenet ikke kunne utnyttes.

Det salte slammet vil sannsynligvis gå til biogassproduksjon, eksporteres og potensielt bli gjødsel.

3

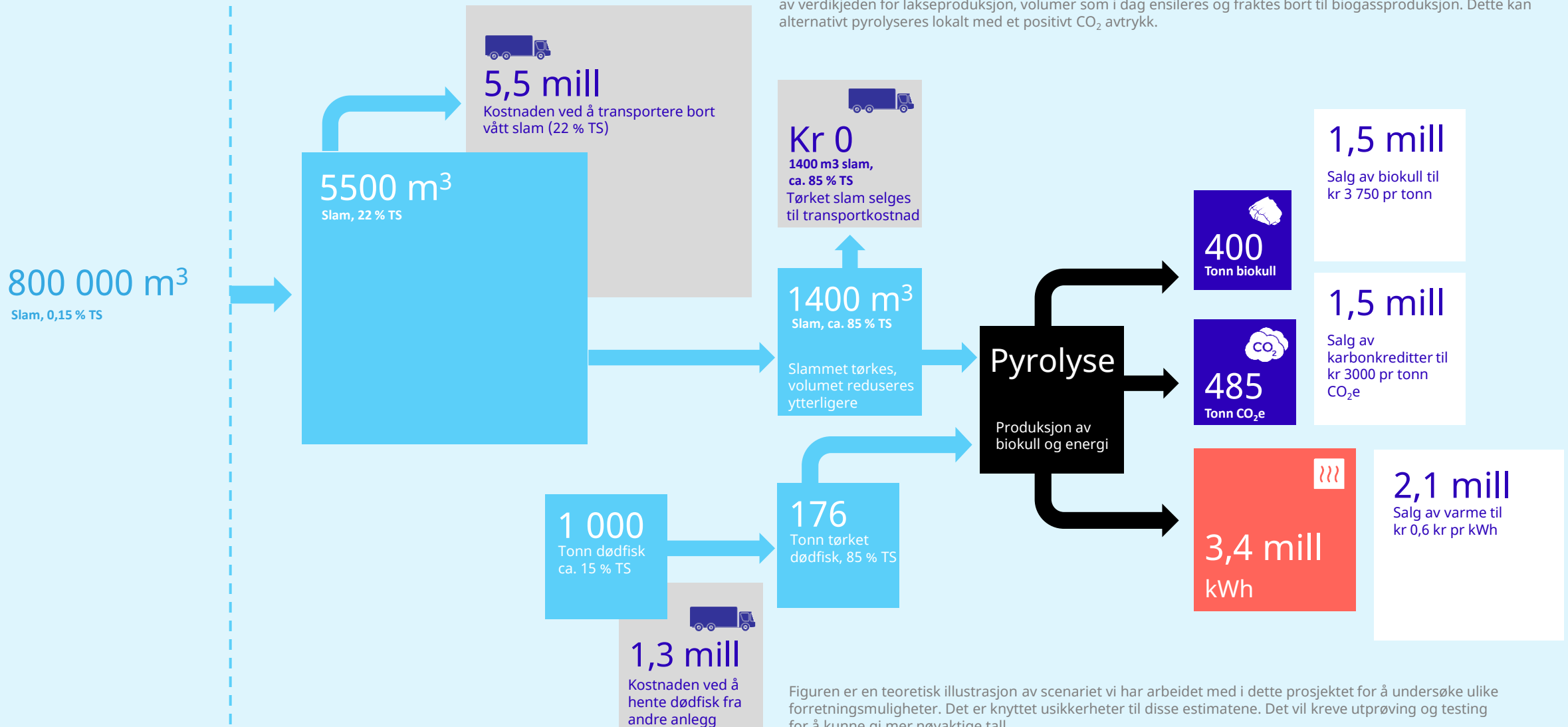
Biokullproduksjon

En utvidet virksomhet. Å avvanne og tørke slammet for deretter å produsere biokull innebærer en økt innsats for å skape mer verdi. Det vil redusere volumet ytterligere, man sitter igjen med i underkant av halvparten av volumet sammenlignet med tørket slam. Omtrent 4-5% av volumet for vått slam.

Prosessten skal omgjøre slammet til noe som faktisk har en verdi, i tillegg til at prosessen frigjør varme og lagrer karbon.

Dette krever ytterligere investeringer for oppdretter, i tillegg til at det blir en ny prosess å drifte. Den krever også at man administrerer salg av biokull, karbonkreditter og potensielt også varme om man ikke kan utnytte alt selv.

Slammets alternativer



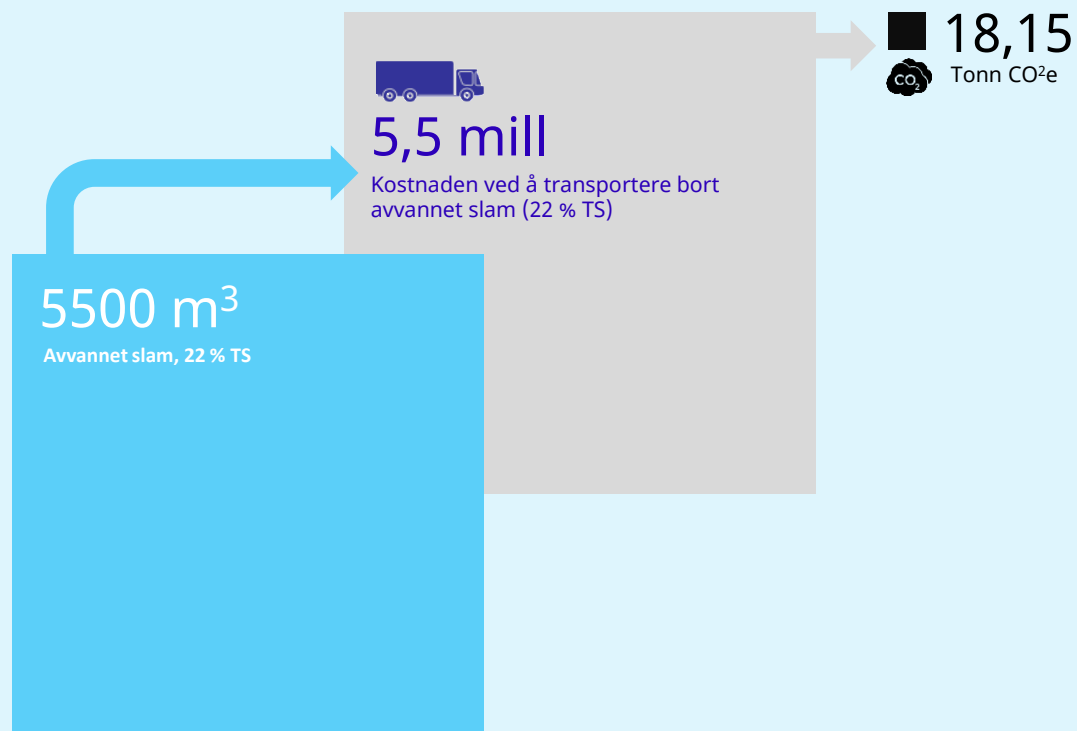
Figuren viser de ulike stegene i prosessen for slambehandling og pyrolyse. I dette eksempelet er det tatt utgangspunkt i et produksjonsvolum på 4500 tonn laks, produsert i et landbasert anlegg med hybrid gjennomstrømming av saltvann. I et slikt anlegg vil vannvolumet utgjøre et stort volum med lav konsentrasjon av slam. Vannmassene med slam tilsvarer 800 000 m³. I tillegg er det tatt med 1000 tonn dødfisk som et eksempel på volum fra regionen som kan inngå i pyrolyseprosessen. Det forekommer noe dødelighet i alle ledd av verdikjeden for lakseproduksjon, volumer som i dag ensileres og fraktes bort til biogassproduksjon. Dette kan alternativt pyrolyseres lokalt med et positivt CO₂ avtrykk.

Figuren er en teoretisk illustrasjon av scenariet vi har arbeidet med i dette prosjektet for å undersøke ulike forretningsmuligheter. Det er knyttet usikkerheter til disse estimatene. Det vil kreve utprøving og testing for å kunne gi mer nøyaktige tall..

En sammenligning av de ulike alternativene

	1 Avvannet slam	2 Tørket slam	3 Biokullproduksjon
Hva trengs av utstyr	Lager for avvannet slam (22% TS)	Lager for tørt slam (85% TS), utstyr for avvanning og tørking.	Lager for vått slam, utstyr for avvanning og tørking. Pyrolyseovn i eget bygg/container, samt lager for ferdig biokull. Rør for utnyttelse av varme.
Hva krever prosessen	Oppdretter setter med dette bort alt, kun automatisk drift og noe vedlikehold på eget område.	Relativt enkel prosess, men krever mer vedlikehold og drift. Krever også håndtering av tørt slam. Forventer minst 1 stilling til håndtering. Kan velge kun avvanning, enklere prosess og lavere investering. Slammet vil da fremdeles ha negativ verdi.	Mer avansert prosess, i tillegg til at prosessen kan bli påvirket av tidligere prosesstrinn. Krever håndtering av biokullet i tillegg til avvanning og tørking. Krever og salg av biokull og karbonkreditter. Levering av varme introduserer enda en prosess som skal samvirke med andre prosesser. Forventer minst 1 stilling til håndtering.
Hvilke investeringer kreves	Lave, må uansett ha dette for å kunne drive. Er derfor ikke relevant for beslutningen.	15-20 mNok for avvanning og tørke, samt lager for både vått og tørt slam.	Ytterligere 15-20 mNok gitt at utstyr for avvanning og tørking er på plass. Eventuelt også investering i eget bygg om man ikke har det.
Alternativ kost	1000 kr/ m ³ for å levere avvannet slam.	0 Kr/ m ³ – Slipper å betale for å kvitte seg med slammet ved tørking. Betaler for avvannet slam, men redusert volum.	Omsetning tilsvarende 1000 kr/ m ³ ved salg av både biokull, karbonkreditter og varme.
Bunnlinje	-5,5 mNOK for slam og -1,3 mNOK for dødfisk per år.	0 Kr/ m ³ – Slipper å betale for å kvitte seg med slammet ved tørking. Betaler for avvannet slam, men redusert volum.	Driftsresultat på 1,5 mNOK fra biokullanlegget. Vil potensielt kunne dekke driftskostnadene for tørking og avvanning. Stor usikkerhet omkring resultatet.
CO₂-utslipp	Transport ved lastebil (kapasitet 30 m ³) gir 0,033 kg CO ₂ e pr m ³ . Dersom slammet transporteres til regionalt oppsamlingspunkt på Voss eller Mongstad, vil det totale CO ₂ -utslippet være 18,15 tonn CO ₂ e	Transport ved lastebil (kapasitet 30 m ³) gir 0,033 kg CO ₂ e pr m ³ . Dersom slammet transporteres til regionalt oppsamlingspunkt på Voss eller Mongstad, vil det totale CO ₂ -utslippet være 4,6 tonn CO ₂ e	Pyrolysing av slam binder 485 tonn CO ₂ e
Påvirkning på omgivelsene	Dette krever 184 turer med lastebiler per år	Det krever 47 turer med lastebiler per år	Dersom salt biokull kan lagres i jord kan det ha gunstige effekter på jordhelsen.
Indikator for sirkularitet	Dette gir ingen direkte effekter for oppdretters score for indikatorer på sirkularitet. Dersom slammet inngår i en sirkulær verdikjede for eksempel biogassproduksjon, med utvinning av nitrogen og fosfor vil det bidra til økt sirkularitet. Men eventuelle rapporteringsgevinster havner trolig hos andre aktører i verdikjeden.	Tilsvarende som for avvannet slam påvirker ikke denne løsningen oppdretters score direkte. Gevinsten avhenger av løsningene videre i verdikjeden. Dersom salt slam kan brukes til gjødsel, vil dette øke muligheten for en lokal sirkulær utnyttelse.	Lokal biokullproduksjon gir en lokal sirkulær verdikjede. Dette vektet positivt ved indikatorer for sirkularitet. Dersom biokullet også lagres i jord, vil det kunne sortere under kategorien R+ (restore) i R-rammeverket ⁴ .

Lave kostnader, få gevinster



1

Avvannet slam

Lave investeringsbehov. Å transportere bort avvannet slam er på mange måter den enkleste løsningen for oppdretter. Det krever lite ekstra investeringer da første avvanningstrinn uansett må installeres for å kunne overholde rensekrav. Det er ellers behov for tanker for mellomlagring av oppsamlet slam.

Lave kostnader. Løsningen er estimert til å koste kr 1000 pr kubikkmeter med slam for borttransportering.

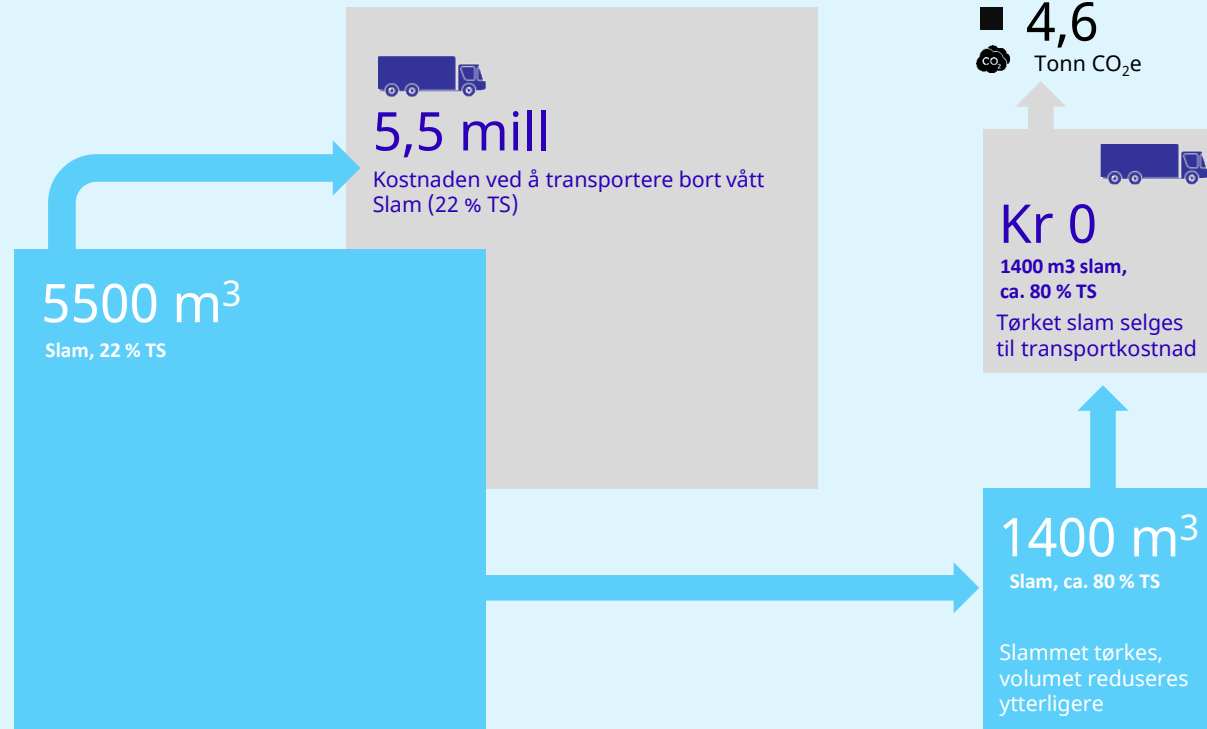
Transport gir CO₂-utslipp. Slam med lav tørrstoff andel, gjør i praksis at man transporterer mye vann. Dersom slammet transporteres ved bruk av lastebil som har en kapasitet på 30 m³, gir det et utslipp på 0,033 kg CO₂e pr m³. Transport til et regionalt oppsamlingspunkt (f.eks. Voss eller Mongstad), vil føre til et utslipp på 18,15 tonn CO₂e pr år.

Økt trafikkbelastning. 5 500 m³ med avvannet slam krever 184 turer med lastebil pr år. Det tilsvarer 3-4 lastebiler pr uke.

Lav økonomisk og teknologisk risiko for oppdretter. I denne løsningen minimerer oppdretter sin egen økonomiske risiko. Man kjører praktisk talt problemet bort.

Sirkulær gevinstrealisering er avhengig av andre. Løsningen gir heller ingen direkte sirkulær gevinst til oppdretter. Man er avhengig av et større samarbeid med andre aktører for å få på plass en sirkulær verdikjede. Dersom et slikt samarbeid kommer på plass, kan dette gi den nødvendige skalaen for at en sirkulær verdikjede basert på slam etableres.

Reduserer utslipp



2 Tørket slam

Krever noe investering. Å tørke avvannet slam, krever energi og utstyr, men reduserer volumet betraktelig. Løsningen krever investeringer i området 15-20 millioner kroner. Sammenlignet med alternativ 1, vil det ta 4-5 år før investeringen er spart inn.

Ingen ekstra økonomisk verdi. Tørket slam får man som oftest solgt for det det koster å transportere slammet. Oppdretter får dekket den kostanden, men ikke noe mer utover dette.

Et lavere volum gir lavere CO₂-utslipp. Slam som har en høyere tørrstoffandel har et lavere volum. Transport av 1400 kubikkmeter slam fører til et utslipp på 4,6 tonn CO₂e pr år. Gitt samme forutsetninger som i alternativ 1. (Slammet transporteres ved bruk av lastebil som har en kapasitet på 30 m³, gir det et utslipp på 0,033 kg CO₂e pr m³, til et regionalt oppsamlingspunkt f.eks. Voss eller Mongstad.)

Noe trafikkbelastning. 1 400 m³ med tørket slam krever 47 turer med lastebil pr år. Det tilsvarer rett under én lastebil pr uke.

Lav økonomisk og teknologisk risiko for oppdretter. Denne løsningen har også forholdsvis lav risiko for oppdretter. Men man er avhengig av å ha tilgang på aktører som vil håndtere slammet.

Sirkulær gevinstrealisering er avhengig av andre. På samme måte som i forrige alternativ er men avhengig av andre aktører for å få en fungerende sirkulær verdikjede. Dersom det viser seg at salt slam kan brukes til gjødsel, vil dette øke muligheten for en lokal sirkulær utnyttelse, og kunne gi en økt gevinst.

Økt risiko, men binder CO2

3

Biokullproduksjon

Krever investeringer. Å sette opp en produksjonslinje for biokull krever investeringer i området 35-40 millioner kroner, inkludert investeringer i anlegg til avvanning og tørking.

Ingen transportkostnader. I dette alternativet sparer man kr 1000 pr kubikkmeter slam som ikke transporteres bort. I første alternativ fører transport alene til en kostnad på 5,5 millioner.

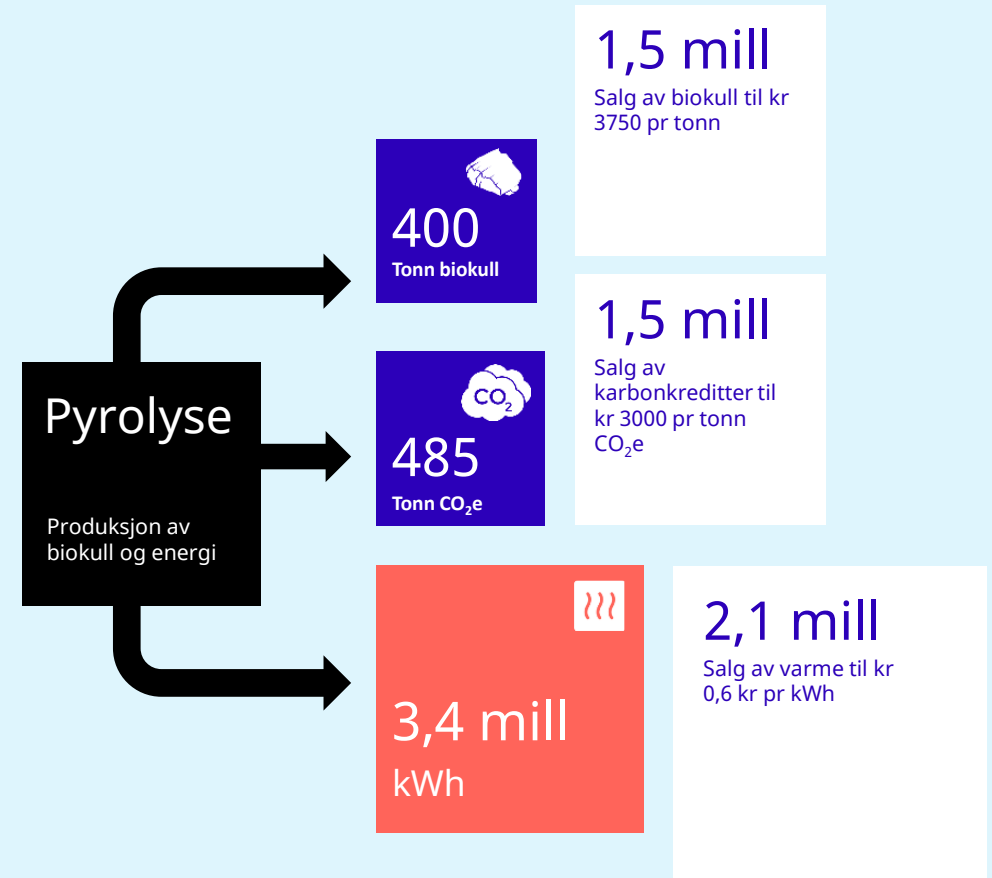
Binder karbon. En biokullproduksjon basert på 5 500 m³ med slam vil binde 485 tonn CO₂e per år. Dersom biokullet lagres i noe bestandig som for eksempel jord, fjerner man CO₂ fra atmosfæren.

Klimakreditter - et nytt marked. Der er et begynnende marked for karbonfjerning, det selges som karbonkreditter. Kjøperne av dette er selskaper som ønsker å utligne eget klimautslipp ved å sikre at andre binder tilsvarende mengde karbon.

Lokal energiproduksjon i form av varme. Pyrolysering gir varmeenergi. I dette caset anslås mengden å tilsvare 3,4 mill kWh. Dessverre viser det seg at man ikke klarer å utnytte denne varmen tilbake i et landbasert oppdrettsanlegg da temperaturen er for høy, men er avhengig av en annen aktivitet i nærheten. Varmen kan også konverteres til strøm, men da mister vi omlag 75% av energien.

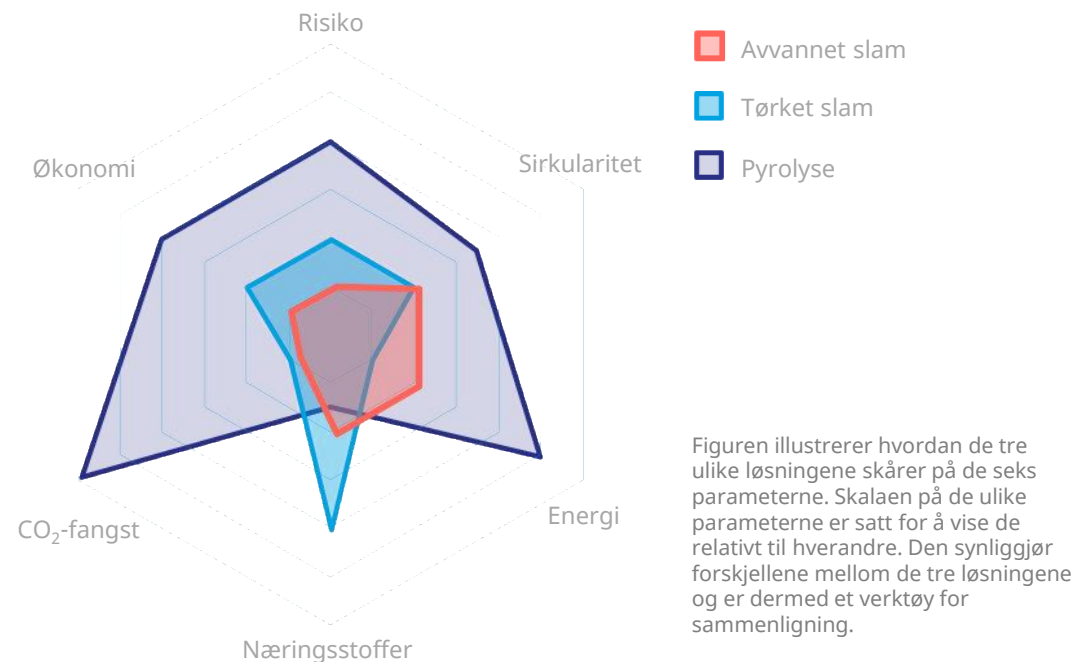
Håndterer dødfisk. I all lakseproduksjon vil der være noe dødfisk. Ved en pyrolyseprosess kan denne strømmen håndteres internt hos Bolaks.

Sirkulære gevinster, til en for høy risiko?. I dette caset kan oppdretter gå fra en netto kostnad på inntil 7 millioner kroner i året, til en netto inntekt på 1,5 millioner kroner år. En lokal sirkulær verdikjede vil kunne vektas positivt på selskapets indikatorer for sirkularitet. Isolert sett er dette en helt ok investering for en oppdretter av Bolaks størrelse.



Den vanskelige vektingen av bærekraftsparametre

Å ta beslutninger basert på ulike bærekraftsparametre er vanskelig. Det er ingen fasit på hvordan man skal vekte de ulike gevinstene og risikoene opp mot hverandre. Økonomiske vurderinger har vi holdt på med i århundrer. Estimeringer for CO₂-utslipp er kommet et stykke på vei og det finnes etablerte praksiser for hvordan beregne utslipp. Men verdisetting av ulike påvirkninger på natur, biodiversitet eller sirkularitet har vi per i dag ikke noen etablerte modeller for å håndtere. Spesielt ikke når de ulike bærekraftsparametrene skal vurderes i samspill med hverandre.



	Risikoen for oppdretter	Sirkularitet	Energi	Næringsstoffer	CO ₂ -utslipp	Økonomi
Avvannet slam	+ Avvannet slam er svært lav risiko for oppdretteren. Der betaler man for at andre håndterer slam	○ Transport av avvannet slam er avhengig av en større sirkulær verdikjede for å kunne bidra til økt sirkularitet.	○ Avvannet eller tørt slam kan inngå i en biogassproduksjon og gi energigevinster andre steder i verdikjeden.	○ Dersom vått eller tørt slam inngår i en sirkulær verdikjede der næringsstoffer som nitrogen og fosfor gjenvinnes, vil dette bidra til å erstatte fossilt fosfor.	- Transport av vått slam på lastebil fører til betydelige CO ₂ -utslipp.	- Kostnader ved transport av slam
Tørket slam	+ Å tørke slammet har også en lav risiko for oppdretteren.	○ Transport av tørt slam er avhengig av en større sirkulær verdikjede for å kunne bidra til økt sirkularitet.	- Tørket slam som gjødsel gir ingen energi	+ Tørket slam som gjødsel bringer næringsstoffene tilbake i kretsløpet gjennom jord og planter.	○ Tørking av slam krever energi, men når volumet som transporteres reduseres, går utslippene ned	○ Krever noe investering, men sparer løpende kostnader
Pyrolyse	- Pyrolyse øker risikoen. Spesielt dersom andres ressursstrømmer skal inn i anlegget. Da øker aktivitetene som oppdretter må håndtere, bemanne og koordinere.	+ En lokal sirkulær løsning gir oppdretter mulighet til å rapportere gevinstene direkte	+ Pyrolysing av slam genererer energi i form av varme. Dersom man finner en bruker av varmen, kan dette gi gevinster, både i form av inntekter, men også for samfunnets totale energimiks	- Ved pyrolysing bindes næringsstoffene i biokullet, eller forsvinner i forbrenningen, det er usikkert om dette blir tilgjengelig for plantene, selv om biokullet kommer i jord.	+ Pyrolysing av slam fjerner karbon fra atmosfæren.	+ Krever ytterligere investeringer, gir også inntekter

Forretningsmodell for pyrolyse

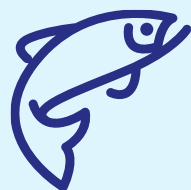


Fire veier til verdi

Forretningsmodellen for et pyrolyseanlegg for slamhåndtering består av fire deler som er omtrent like store.

Forutsetningene i denne forretningsmodellen er følgende:

- Varmesalg: 0,6 kr/kwh
- Biokullsalg: 3750 kr/tonn
- Karbonkreditt: 3000 kr/tonn CO₂e
- Gate fee slam: 1000 kr/tonn inn i pyrolyseanlegget



Manglende dokumentasjon av biokull fra salt slam

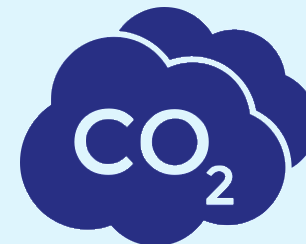
Den største usikkerheten her er knyttet til salg av biokull, da man er usikker på kvaliteten på biokull fra salt slam. Her trengs det mer forskning.



Varmepumpeteknologi utkonkurrerer pyrolyse

Oppdretter er også avhengig av å ha noen å levere varmen til, for å få solgt varme. En del landbaserte anlegg trenger oppvarming, men det er på så lave temperatur at en varmepumpe vil kunne levere varme for 0,1 kr/kwh, og dermed utkonkurrere varmeenergi fra pyrolyse. Mangel på elektrisk kraft kan dog være et argument for pyrolyse.

Andre aktører som trenger høy varme kan være mulige kunder i en industriell symbiose, eks tørke av treflis, fremtidige fôrråvarer fra havet etc.



Usikkerhet i et nytt marked

Karbonkreditter er også et usikkert marked, men kan potensielt være en del av oppdretters interne klimaregnskap. Det gjør at oppdretter selv kan være «kunde» på Gate fee og klimakreditter, og på den måten er reduseres usikkerheten.

Samlet sett betyr dette at oppdrettere sjelden vil kunne ha kontroll på mer enn 50% av inntektene i et biokullanlegg ved investering.

Markedet for biokull

Markedet for solid karbonfjerning (CDRM)

Solid karbonfjerning innebærer løsninger som fjerner karbon fra atmosfæren med en varighet på minst 100 år. I 2022 ble det kjøpt 800 000 tonn karbonkreditter, og i 2023 ble salget over 6-doblet til 5,2 millioner tonn CO₂e. Dette inkluderer tonn solgt, men ikke produsert, som har blitt en vanlig finansieringsmetode for nye karbonfjerningsanlegg. Av faktisk produsert karbonfjerning sto biokull for ca. 92 %⁵, hovedsakelig fordi pyrolyseteknologi er enklere og mer moden enn andre tilgjengelige teknologier for karbonfjerning⁶.

Bærekraftspionerer er kjøpere

Antallet kjøpere økte fra 112 til 188 det siste året. 41 kjøpte over 1000 tonn, og 14 kjøpte over 10 000 tonn. Antallet store kjøpere (over 10 000 tonn) økte nesten dobbelt fra 2022. De største bransjene er finans (27 %), programvare (21 %), rådgivning (7 %) og turisme (4 %), som hovedsakelig er amerikanske selskaper med høye marginer og lave CO₂-utslipp. Disse kjøperne driver markedet for karbonfjerning.⁷

Kjøpene skyldes ofte et ønske om å være pionerer i det grønne skiftet og sikre tilgang til forutsigbare karbonfjerningspriser. Volumet har vokst mer enn 5x de siste tre årene, men denne veksten vil sannsynligvis avta. Økt kunnskap om karbonfjernings sammenheng med klimamål, sammen med bedre standarder og transparente løsninger, har gjort karbonfjerning til en integrert del av selskapers bærekraftstrategi.

Stort spenn i prisbildet

Det er et enormt spenn i prisene på karbonkreditter, hovedsakelig fordi markedet er så nytt. Kjøpere legger vekt på faktorer som samfunnsnytte, leveringstid, permanens, skalering og fast pris over tid. Snittprisen steg fra 3242 kr i 2022 til 5222 kr i 2023. Prisvolatiliteten skyldes at kjøp varierer etter metode, noe som også påvirker det vektete gjennomsnittet. Prisøkningen reflekterer en overgang fra lavpris-metoder som biokull til høypris-metoder som BECCS.

Biokull hadde i 2023 et prisspenn fra 450 kr til 2700 kr pr tonn CO₂e. Prisforskjellene skyldes ulike teknologier og produksjonssteder, med høyere kostnader i Europa enn i Sør-Amerika. Biokull sto for 7 % av solgte tonn i 2023, men dominerte leveransene med 92 % av leverte tonn.

Usikkerheter

Det frivillige karbonmarkedet har fått kritikk for manglende transparens og kjøpernes vanskeligheter med å vurdere kvaliteten på løsningene. Dette har gitt rom for lavkvalitetsløsninger uten klimaeffekt. EU har derfor foreslått et rammeverk for sertifisering av karbonfjerning, som skal gjøre det lettere å sammenligne løsninger. Rammeverket er forventet å bli implementert sent i 2024⁸.

Kvoteprisen i EU ETS, rundt 1000 kr, er ikke en driver for biokull. Nye insentiver må på plass for å fremme biokull som karbonfjerning. Sertifisering av pyrolyseanlegg gjennom EBC eller Puro er avgjørende for å kunne selge karbonkreditter. USA har innført "Inflation Reduction Act," som gir tax credits for CO₂-fjerning. I Norge er biokull ennå ikke godkjent for karbonfangst, men det finnes regionale tilskudd for bønder som bruker biokull i jordforbedring.

Karbonkreditt krever sertifisering

Sertifisering og salg av karbonkreditter fra slam

Karbonfjerningskreditter fra biokull knyttet til karbonlagring selges allerede. For å hente ut denne verdien må anlegget sertifiseres av en anerkjent standard. Det finnes ingen egen sertifisering for biokull fra slam, men Puro.earth og European Biochar Certificate (EBC) er de beste tilgjengelige standardene for biokull. Sertifisering sikrer kvaliteten og oppfyller kravene til salg av biokull, men bruken av biokull fra slam er foreløpig begrenset til byggematerialer som betong og asfalt.

Puro.earth og EBC har relativ lik tilnærming til livsløpsanalysen fra *cradle to gate* (vugge til fabrikkport), men ulike tilnærming i fra *gate to grave* (fabrikkport til grav). Begge ansees som troverdige aktører.

EBC sin positivliste gjør det uklart om slam fra fiskeoppdrett faller inn under godkjente kategorier, noe som krever samarbeid for sertifisering og godkjenning av bruksområder. Hvis biokull fra slam kun kan brukes i byggematerialer, vil verdien per tonn lagret karbon være lavere enn om det kunne brukes i jord. European Biochar Industry (EBI) arbeider med å få biokull fra kloakkslam inkludert i EUs program for gjødselprodukter.

Sertifisering må utføres av en troverdig aktør

Etablering av virkemidler er i dag en viktig forutsetning for produksjon av karbonfjerning generelt fordi løsningene er umodne og dyre. De mest lovende pr nå er USAs Inflation Reduction Act⁹ og nå nylig EU sitt motsvar Green Deal Industrial Plan¹⁰ i det som ser ut til å bli en "virkemiddel-krig" til fordel for grønn omstilling. Det er ennå ikke kommet konkrete tall på hvordan virkemidlene vil stimulere biokull. I USA vil det mest sannsynlig være snakk om en tax credit som utbetales pr tonn CO₂e produsert.

Foreløpig er ikke biokull akseptert som tiltak for karbonfangst og -lagring i Norge, til tross for at det internasjonale klimapanelet IPCC i 2019 åpnet for bokføring av biokull i nasjonale klimaregnskap.¹¹ Dette er trolig også noen av årsaken til at virkemidlene fra norske myndigheter lar vente på seg. Det som eksisterer fra virkemiddelapparatet er regionale miljøtilskudd (RMP) for 1000kg biokull per bonde som et tiltak for jordforbedring.

⁹ <https://foundationforclimaterestoration.org/boosting-cdr-innovation-through-the-inflation-reduction-act/>

¹⁰ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_510

¹¹ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html> , <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2763655>

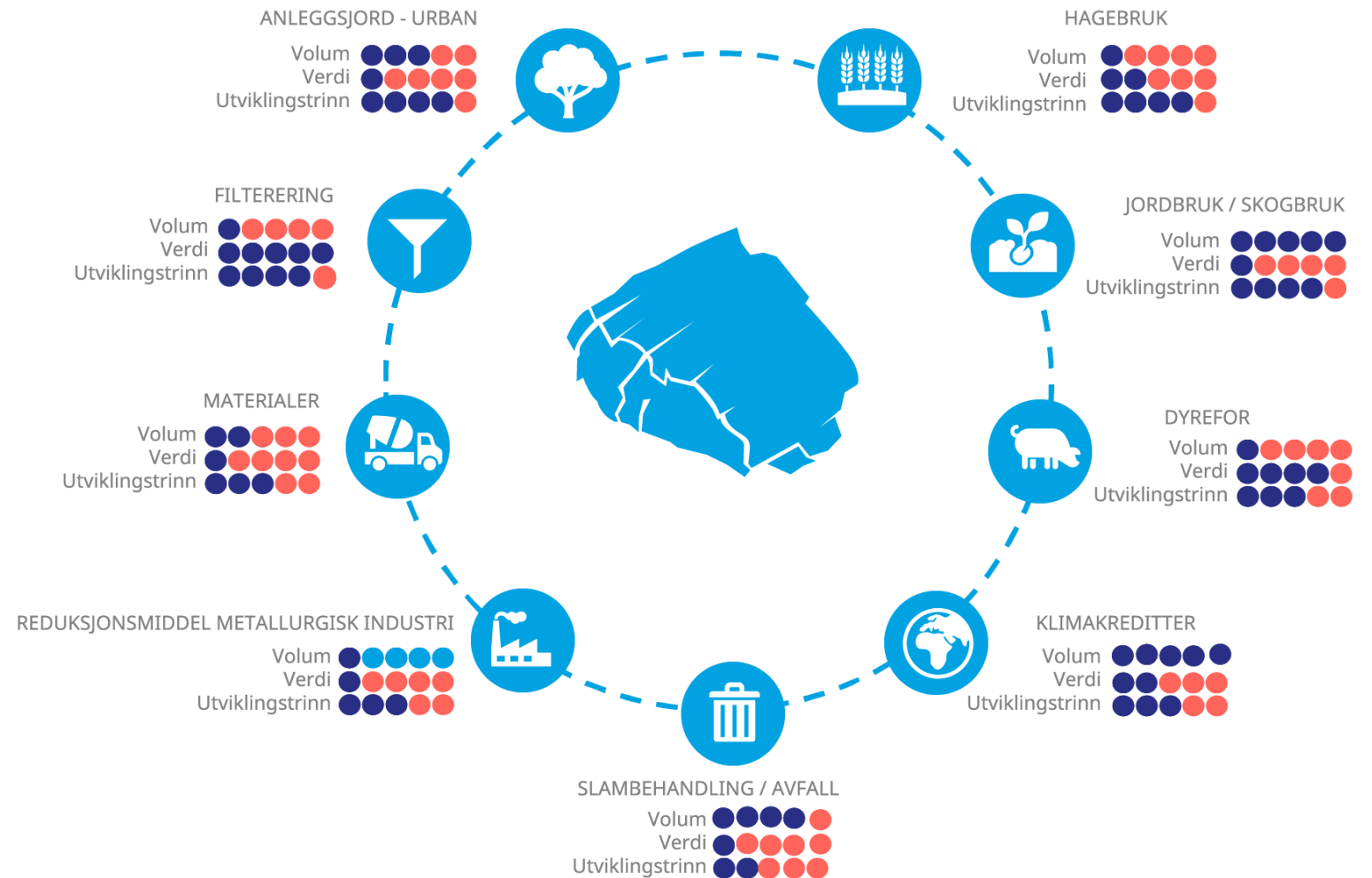
Mange muligheter avhenger av mer forskning

Mange mulige markeder

Det pekes på mange ulike områder hvor biokull kan tas i bruk. Illustrasjonen til høyre viser en oversikt over mulige markeder for biokull. Den viser også en vurdering av størrelsen på markedet, estimert betalingsvillighet i markedet, samt hvor langt utviklingen av markedet er kommet.

Saltinnholdet i slammet skaper usikkerhet

Illustrasjonen tar utgangspunkt i biokull basert på trevirke. Dette er en råstoffstrøm som er testet mer og dokumentert bedre enn fiskeslam fra saltvannsproduksjon. Antagelsene er derfor ikke direkte overførbare. Der kreves mer forskning og utvikling for å avdekke om biokull fra fiskeslam har samme markedsmuligheter.



Illustrasjonen viser en oversikt over mulige markeder for biokull, samt en vurdering av størrelsen på markedet, betalingsvillighet og hvor modent markedet er. Illustrasjonen er basert på en illustrasjon og vurdering gjort av selskapet Obio.

Markedet for biokull

Urban bruk av biokull

Overvannshåndtering er en av de største utfordringene norske byer står overfor i et endret klima. Dette har gjort at interessen for grønne flater på både tak og bakkeplan har økt betraktelig de siste årene, og biokull trekkes frem av stadig flere som svært viktig i dette arbeidet.

Flere norske byer har fulgt etter. Sandnes bygger nå sitt andre pyrolyseanlegg, Oslo har brukt biokull til å plante trær, og SINTEF har testet biokull i Trondheim. Hamar kommune tester biokull i kompost, og ØRAS på Romerike lager biokull av resttrevirke. Biokull brukes også i økende grad på grønne tak for overvannshåndtering, der entreprenører som Bergknapp og Mattak har prosjekter som fokuserer på vannlagring, sunne planter og karbonlagring.

Potensiale i landbruket

Biokull er svært stabilt og motstandsdyktig mot mikrobiell nedbrytning i jord, og vil derfor øke jordas innhold av tungt nedbrytbart karbon. Karbonfangst i biokull er et effektivt klimatiltak i jordbruket, som også bidrar positivt på jordhelse. I landbrukets klimaplan 2021-2030 er karbonbinding i biokull et av tiltakene med størst potensial for utslippsreduksjoner (0,83 mill. tonn CO₂-ekv.).

Dette potensialet støttes av Klimakur 2030, som har hentet sitt grunnlag fra NIBIO. Regjeringas mål om klimanøytralitet kan også bli en viktig pådriver for bruk av biokull i landbruket i årene som kommer.

Bøndernes interesse

Det har vært få insentiver for norske bønder til å ta i bruk biokull, noe som kan skyldes manglende kunnskap, høy kostnad og begrenset tilgang. Bare 5 % av respondentene i undersøkelsen "Trender i norsk landbruk 2022" har brukt biokull, mens 10 % er interesserte. Ifølge Nibio er halvparten av bøndene villige til å bruke biokull hvis agronomiske fordeler overstiger kostnadene, med lavere pris som den viktigste faktoren. Andre insentiver inkluderer tilskuddsordninger og betaling for karbonbinding.

Det er ikke påvist økt avling ved bruk av biokull i Norge, men det har vist seg å gi bedre dyrehelse og lavere dødelighet, spesielt hos smågris. I Europa brukes biokull hovedsakelig som tilskudd i dyrefôr, noe som gir både helsefordeler og økt gjødselverdi, og dermed økonomisk gevinst for bonden.

Materialer

Det vokser også frem et marked for bruk av biokull i eksisterende og nye materialer, et marked som er i tidlig fase preget av mye FoU. Forskningsprosjektet "Biocrete" utforsket muligheten for bruk av biokull i betongelementer. Prosjektet var et samarbeid mellom blant annet Betong Øst, Skanska, og Snøhetta, og viste at det er mulig å lage klimanegativ betong uten at det går på bekostning av kvaliteten. Skanska ser nå på videreføring av prosjektet i ett av sine nye bygg.¹⁸

Et annet eksempel er selskapet Made of Air fra Tyskland. Selskapet lager karbonnegative materialer med utgangspunkt i biokull, og har samarbeidspartnere i Audi, H&M og BMW. Selskapet jobber også med byggebransjen for produksjon av verdens første karbonnegative panel, og har nylig etablert sin første pilotfabrikk som første steg på skalering.¹⁹

Er pyrolyse en løsning for Bolaks

Varmebehovet og saltet i slammet skaper utfordringer

Bolaks vil ha utfordringer knyttet til inntektene fra pyrolyse med bakgrunn i varmebehov og salg av salt biokull.

Varmesalg: Estimert til 0,6 kr/kwh

I et landbasert anlegg kan man bruke varmepumper for å løfte vanntemperaturen fra sjøvannets temperatur, ca. 8 grader til 12 graders produksjonstemperatur. Varmepumpene leverer over 10 ganger så mye energi ut som de forbruker. Varmekostnaden vil være vesentlig lavere ved varmepumpe enn ved bruk av varmen fra pyrolyse.

Biokullsalg: 3500 kr/tonn

Her må det gjøres forskning på utnyttelse av salt biokull for å kunne si noe sikkert om denne prisen. Det er her tatt utgangspunkt i anslag fra Pyrocore, leverandøren av pyrolyseteknologien. Prisen for biokull som kan benyttes i jord vil være fra 10.000 kr/tonn og oppover.

Karbonkreditt: 3000 kr/tonn CO₂e

Bør være realistisk i dagens marked, men er avhengig av at biokullet kan lagres i jord.

Gate fee slam: 1000 kr/tonn inn i pyrolyseanlegget

Kan potensielt være høyere om man regner kun på alternativkostnad.

Oppsummert er nok manglende løsning på salg av varme den største utfordringen for pyrolyse hos Bolaks. Varmen er rett og slett ikke konkurransedyktig for små temperaturendringer på så lave temperaturer.

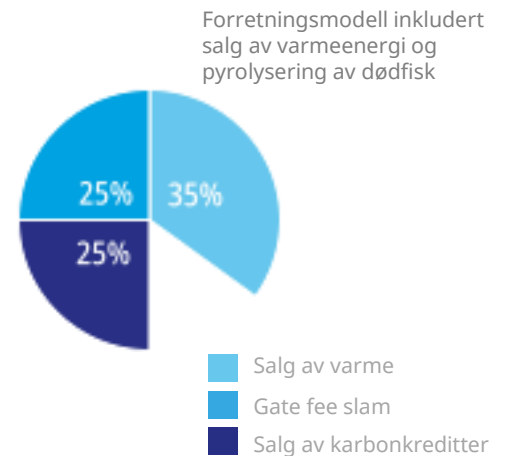
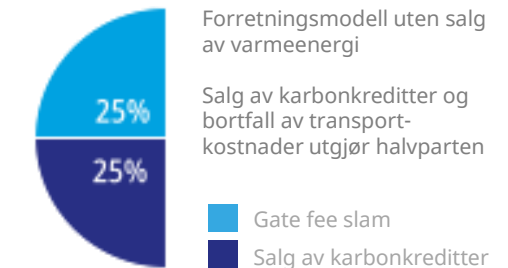
Lykkes man med å finne en aktør som trenger den høye restvarmen, vil pyrolyse kunne være en god løsning. Spesielt om man inkluderer dødfisk, som inneholder mye energi (varme) og lite karbon, og dermed veker forretningsmodellen i pyrolysen enda mer i retning varme. Får man på plass dette vil det potensielt gi sikkerhet til over 85 % av inntektene.

Overskuddsvarme kan gi andre muligheter for symbiose

Tørkekapasitet er identifisert som en barrierer for å øke produksjonen av nye fôrråvarer i Norge. Spesielt råvarer som kommer fra havet, må tørkes for å kunne gå inn i dagens fôrindustri.

Dersom sidestrømmer fra skogsdrift skal inn i symbiosen, kreves det også tørking av disse biomassene. Annen treindustri har også tørkebehov. Disse kan være aktuelle kandidater å samarbeide med.

Diagrammene nedenfor illustrerer fordelingen av innteksstrømmer.



Forutsetningene i denne forretningsmodellen er følgende:

- Varmesalg: 0,6 kr/kwh
- Biokullsalg: 3750 kr/tonn
- Karbonkreditt: 3000 kr/tonn CO₂e
- Gate fee slam: 1000 kr/tonn inn i pyrolyseanlegget

Når er pyrolyse et godt valg?



Foto: Nibio

Der det er behov for høy varme

Prosjektet har avdekket at pyrolyse av fiskeslam kan være en god løsning hvis en eller flere av disse interne forutsetningene er på plass:

- Det er behov for varme med høy temperatur (Minst 80 grader, ideelt sett damp).
- Er det lite elektrisk kraft tilgjengelig i området vil bruk av overskuddsenergi få en høyere verdi.
- Oppdretter er selv interessert i å benytte karbonkreditter i egen virksomhet.
- Oppdretter betaler i dag en høy gate fee for å kvitte seg med slammet.

Det er også en fordel om oppdretter ser verdi i å utvide egen verdikjede til å også omhandle håndtering av slammet. En ny verdikjede vil gi flere arbeidsplasser der anlegget plasseres.

Biokullet gir mest verdi når det lagres i jord

For at en oppdretter skal velge pyrolyse er det også en ekstern forutsetning knyttet til at biokullet som produseres må kunne lagres i jord. Hvis dette ikke er mulig, vil man potensielt kun skape et produkt som må deponeres, og i praksis bare har verdi som karbonlagring og reduksjon i volum av et problemavfall. Det betyr at det må mer forskning til for at pyrolyse kan bli et reelt valg for oppdrettere.

Klimagevinst versus oppsirkulering av næringsstoffer

Klimamessig innebærer pyrolyse av slam at man mister næringsstoffer, i bytte mot å lagre karbon. Generelt vil lokasjon ha mye å si for hvordan man skal prioritere næringsstoffer mot karbon. I områder med mye husdyr vil det være en fordel at f. eks fosfor i biokullet ikke er plantetilgjengelig, mens det vil være negativt i områder med mye planteproduksjon.

Oppsummert må derfor både interne og eksterne forutsetninger være på plass for at pyrolyse kan være riktig valg.

Kapasitet til å ta risiko

Utenfor kjernevirksomheten og utenfor den etablerte verdikjeden

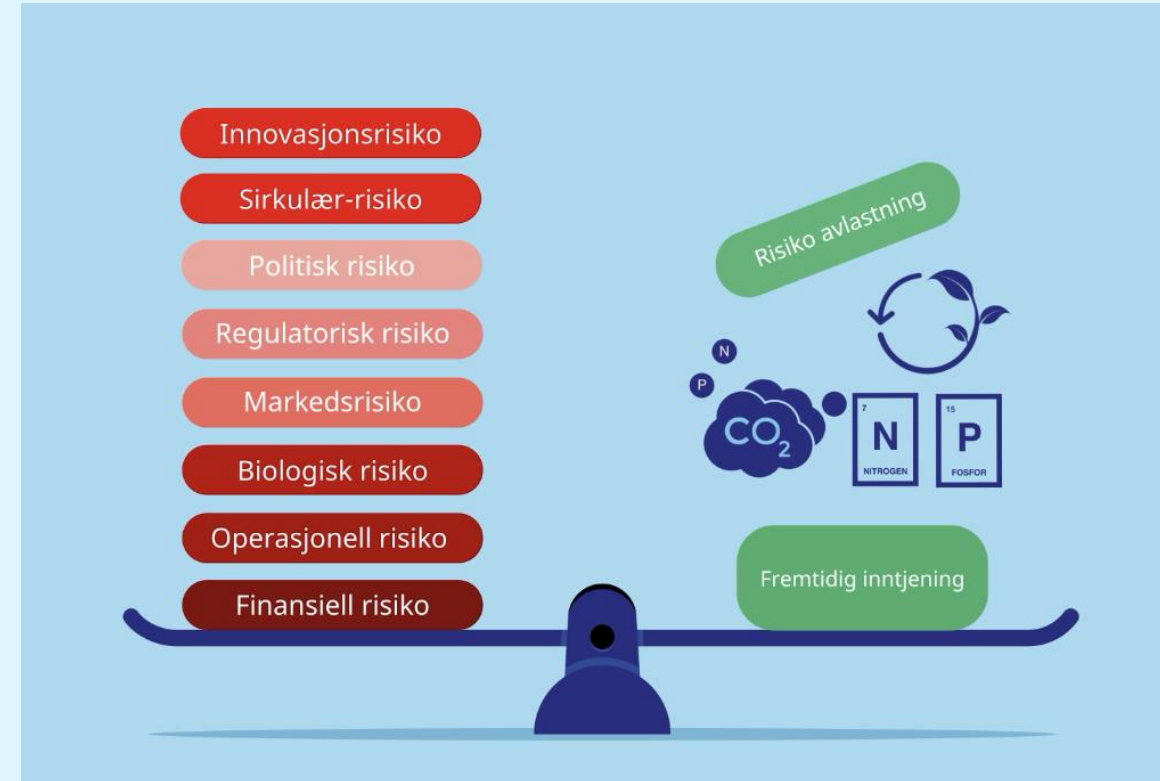
Å etablere en ny sirkulære verdikjede oppleves som risikofylt for etablerte aktører. Den krever samhandling med aktører som er utenfor verdikjeden selskapet opererer i idag. Eller det krever at selskapet etablerer virksomhet utover det som er dagens kjernevirksomhet.

En oppdretter håndterer allerede ulike typer risiko i den eksisterende driften. I figuren er dette illustrert med finansiell, operasjonell, biologisk, marked, regulatorisk og politisk risiko. En ekspansjon til å etablere sirkulære forretningsområder legger til innovasjonsrisiko og risiko med å etablere sirkulære verdistrømmer.

Utfordrende å vekte ulike gevinster

I ordinær bedriftsøkonomisk tenkning, er det utsiktene til fremtidig inntjening som balanserer ut risikoen. Miljømessige gevinster som reduserte klimagassutslipp, resirkulering av verdifulle næringsstoffer eller gevinster fra sirkularitet er vanskeligere å kvantifisere og vekte. I overgangen fra en lineær verdikjede til en sirkulær er også etablerte aktører avhengig av risikoavlastning.

Dette kan være både finansiell risikoavlastning, men også andre metoder for å redusere oppdretterens risiko eller øke sannsynligheten for gevinst.



FoU-behov



Prosjektet har identifisert behov for videre forskning og utvikling på ulike områder.

Saltets påvirkning

Saltinnholdet i slammet fra postsmolt-produksjon er en ukjent faktor. Det mangler god dokumentasjon på hvordan saltet påvirker produksjonsprosessen, både for biogass-produksjon og pyrolysering til biokull. Det meste av testingen som vi har funnet er gjort på slam fra ferskvannsdelen av lakseproduksjon.

Salt biokull

Det mangler dokumentasjon på hvordan biokullet blir, når man pyrolyserer salt slam. Spørsmålene som stilles er dette:

- Hvordan endres biokullets karakter på grunn av saltet.
- Hvordan bindes det til biokullet?
- Hvilke effekt får saltet på biokullets bruksområder?
- Hva er påvirkningen på jordsmonnet dersom man lagrer salt biokull i jorda?
- Hvilke prosesser må eventuelt til for å fjerne eller redusere saltinnholdet fra biokullet?

Anvendelsen av biokull fra fiskeslam

Det behøves mer forskning på hva biokull fra fiskeslam kan brukes til. Spørsmålene som bør besvares er:

- I hvilken grad blir biokull fra fiskeslam «rent»?
- Blir noen av tungmetallene værende i biokullet?
- Er dette da lukket inne i biokullet, eller er det for eksempel plantetilgjengelig?
- Hvordan påvirkes biokull produktet av å evn blande ulike avfallsstrømmer i biokullproduksjonen, f.eks innblanding av grot fra skogsindustrien?

Brennverdien av fiskeslam

Prosjektet har funnet noen estimater på brennverdien av fiskeslam. Det behøves mer dokumentasjon for hvordan brennverdien varierer i løpet av fiskens livssyklus.

Lønnsomhetslogikk og avkastningsmodeller

Lønnsomhetsberegninger og investeringsbeslutninger for industriell symbiose har behov for bedre beslutningsgrunnlag. Hvordan vekte bærekraftsdilemmaene? Hvordan skal vi beregne avkastning på CO2-fangst, eller oppsirkulering av næringssalter? Hvordan bygger man et beslutningsgrunnlag som gir trygghet til investeringsbeslutningen?

Veien videre

Bolaks ønsker å være en pådriver for omstillingen fra et lineært system til sirkulære løsninger. Bolaks sin visjon er å levere en lakseproduksjon med "ledende kvalitet for generasjoner".

Formålet til Bolaks konsernet er å produsere kvalitetsmat på en bærekraft og etisk måte, med en balansert tilnærming til økonomisk avkastning for eierne og verdiskaping for samfunnet. Å bidra til mer sirkulære løsninger er en del av konsernets strategisk fokusområde for å sikre en ansvarlig og bærekraftig produksjon.

Bolaks er en pådriver for å få til prosjekter i sjømatnæringen og i regionen. Selskapet ønsker å støtte forskning som avdekker muligheter og reduserer risikoen med omstilling.

Det er to igangsatte initiativ:

- Bolaks er industripartner i Norce sin nye satsning på sirkulærøkonomi. Et initiativ for å få på plass et Senter for Forskningsdrevet Innovasjon (SFI), CiBEN -Centre for circular bioeconomy in Norway. Dette er en langsiktig satsning som vil gå over flere år.
- Bolaks er partner i NCE Seafood Innovation sin prosjektsøknad "Hindrer salt sirkulære verdikjeder i havbruk?" Det vil utforske om biokull fra salt fiskeslam kan benyttes som dyrkingsmedium. Det prosjektet er søkt Vestland fylkeskommune sin ordning Tilskot til berekraftig verdiskaping



Referanser

Relevante strategier:

- Regjeringens handlingsplan for sirkulæreøkonomi
- Circular Economy Action Plan, EU
- Cluster-6-food-bioeconomy, EU

Referanser i dokumentet:

1. BioDigSirk, 2022
2. PwC, 2023
3. BioDigSirk, 2022
4. Sirksjø 2023, Norce
5. <https://www.cdr.fyi/blog>.
6. <https://www.stateofcdr.org>.
7. <https://www.bain.com/insights/the-voluntary-carbon-market-climate-finance-at-an-inflection-point/>.
8. <https://evetamme.com/2022/11/30/eu-enters-the-race-for-carbon-removal-certification/>
9. <https://foundationforclimaterestoration.org/boosting-cdr-innovation-through-the-inflation-reduction-act/>
10. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_510
11. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html> ,
<https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2763655>