

# Møtereferat

Foretaksregister  
NO 992 769 211 MVA

## Sammendrag fra arbeidsmøte – Økt utnyttelse av næringsstoffer fra oppdrett

Teams  
12.mai 2020

---

**PROSJEKT NR/SAK NR**  
822000158**DATO**  
2020-06-02**GRADERING**  
Åpen

### 1 Forord

Arbeidsmøtet ble arrangert som en del av arbeidspakke 3 "*Teknologiske og biologiske muligheter for utnyttelse av organisk materiale og næringsalter fra havbruk*" i tilknytning til prosjektet "*Kunnskaps- og erfaringskartlegging om effekter av og muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringsalter fra havbruk*".

I arbeidspakke 3 av prosjektet er dagens status for håndtering av fiskeslam blitt kartlagt med hensyn til anvendelser, teknologier og økonomiske aspekter. Det er sett på muligheter for nye anvendelser (produkter, teknologier, forretningsmodeller) av fiskeslam, herunder også en vurdering av hvilke regelverk og krav som stilles til fiskeslam i ulike anvendelser (tungmetaller, næringsinnhold, TS, energi, bruk som førs substrat, osv.). Arbeidet utleder verdikjeder der rekkefølgen av nye anvendelser kan bestemmes av; i) utnyttelsesgrad av næringsstoffer, ii) bevaring av næringsstoffer for ytterligere utnyttelse og iii) lønnsomhetsvurdering av anvendelsene eller kombinasjoner av disse. Det er sett spesielt nærmere på muligheter knyttet til ny bioproduksjon, fosforutvinning, biogassproduksjon og pyrolyse, samt kombinasjoner av disse.

Målet med arbeidsmøtet var å kartlegge biologiske og teknologiske muligheter for utnyttelse av utslipp av organisk materiale og næringsalter fra havbruk (delmål C), samt avdekke kunnskapshull for å øke bruken av disse materialene som ressurser inn i nye verdikjeder (delmål D). Målgruppen for arbeidsmøtet var næringsaktører, leverandører og andre interessenter.

Arbeidsmøtet ble gjennomført 12. mai 2020 som et digitalt arrangement på Microsoft Teams på grunn av helsedirektoratets føringer i forbindelse med koronaviruset.

## 2 Program for arbeidsmøte

Arbeidsmøte ble satt opp med 3 deler hvor første del var felles, neste del besto av 3 parallelle sesjoner, og siste del var felles. Tabell 1 viser fullstendig program for arbeidsmøtet.

**Tabell 1 Program for arbeidsmøte**

Tid	Tema
09:00	Åpning og innledning om prosjektet og hensikten med arbeidsmøtet. Prosjektleder Øyvind Hilmarsen, SINTEF Nord
09:15	Grønne verdikjeder i krysningspunktet akvakultur/agrikultur. Spesialrådgiver Karl Almås, SINTEF Ocean
09:30	Presentasjon av delrapport I - Kvantifisering av utslipp fra oppdrett i Norge. Seniorforsker Ole Jacob Broch, SINTEF Ocean
09:45	Presentasjon av Delrapport II - Effekter av utslipp fra oppdrett i Norge. Forskningsjef Ingebrigt Uglem, NINA
10:00	Hva kan næringsstoffer fra oppdrett lovlig brukes til i dag og i fremtiden? Seniorrådgiver Anne Synnøve Bøen og Seniorrådgiver Toril Tveito Compaore, Mattilsynet
10:15	Kaffepause (gå til neste Teams-møte for din sesjon)
10:30-14:30	<b>Parallele sesjoner</b> - Sesjon 1: Teknologi for oppsamling og behandling av slam og næringsalter fra akvakultur. - Sesjon 2: Biologiske utnyttelse av næringsstoffer og tilknyttet teknologiutvikling. - Sesjon 3: Industriell utnyttelse av næringsstoffene.
Sesjon 1	<b>Teknologi for oppsamling og behandling av slam og næringsalter fra akvakultur</b> Sesjonsleder: Øyvind Hilmarsen, SINTEF Nord Digital ordstyrer: Hanne Wasmuth Brendeløkken, SINTEF Nord
	10:30 Hvordan fange oppløste næringsalter fra oppdrett ved forsker Silje Forbord SINTEF Ocean
	10:45 Oppsamling på land og tørketeknologi. Salgsansvarlig tørker og biogassanlegg Bjørn Rune Heen
	11:00 Fra avfall til ny verdi. Daglig leder Jarl Spandow Waister as
	11:15 Diskusjon og spørsmål til innledningene og eller andre innspill til arbeidet
	11:30 Lunsj
	12:00 Teknologi arbeidsdel I
	13:00 Kaffepause
13:15 Teknologi arbeidsdel II	
14:30 Pause - logg inn felles avslutning og oppsummering ( <a href="http://www.sintef.no/workshop1205">www.sintef.no/workshop1205</a> )	
Sesjon 2	<b>Biologiske utnyttelse av næringsstoffer og tilknyttet teknologiutvikling</b> Sesjonsleder: Aleksander Handå Digital ordstyrer: Matilde Skogen Chauton
	10:30 Akvatiske utnyttelser. Seniorforsker Andreas Hagemann, SINTEF
	10:45 Aquaponics - from ammonia to salads. Dr. Simon Goddek, Wageningen University
	11:00 Insektsproduksjon. Research Group Leader Erik-Jan Lock, Havforskningsinstituttet
	11:15 Diskusjon og spørsmål til innleggene og andre innspill til arbeidet
	11:30 Lunsj
	12:00 Biologisk utnyttelse og nødvendig utvikling del I
	13:15 Kaffepause
13:15 Biologiske utnyttelse og nødvendig utvikling del II	
14:30 Pause - logg inn felles avslutning og oppsummering ( <a href="http://www.sintef.no/workshop1205">www.sintef.no/workshop1205</a> )	
Sesjon 3	<b>Industriell utnyttelse av næringsstoffene</b> Sesjonsleder: Jon Hovland, SINTEF Industri Digital ordstyrer: Randulf Høyli, SINTEF Nord
	10:30 Gjødelsproduksjon av slam ved Bioretur. Torleiv Ugland, Industriell utnyttelse
	10:45 Fiskeslam som gjødsel i jordbruket. Forsker Eva Brod NIBIO
	11:00 Fra slam til protein og biogass. Sales & Project Manager, Stig Amdam, Hyperthermics
	11:15 Diskusjon og spørsmål til innleggene og andre innspill til arbeidet
	11:30 Lunsj
	12:00 Arbeidsmøte industrielle anvendelse og nødvendig utvikling del I
	13:15 Kaffepause
13:30 Arbeidsmøte industrielle anvendelse og nødvendig utvikling del II	
14:30 Pause - logg inn felles avslutning og oppsummering ( <a href="http://www.sintef.no/workshop1205">www.sintef.no/workshop1205</a> )	
14:45-15:15	Felles avslutning og oppsummering

### 3 Deltagere

Det var totalt 105 påmeldte deltagere til arbeidsmøtet. Vedlegg A viser en oversikt med navn og firma for alle påmeldte deltagere.

### 4 Sammendrag fra arbeidsmøtet

Denne delen av rapporten gir en sammenstilling av innlegg, presentasjoner, spørsmål og diskusjoner som ble gjennomført som en del av arbeidsmøtet.

#### 4.1 Første fellesdel

Første del av arbeidsmøtet besto av 5 innlegg, som hver varte i omtrent 15 minutter. Under denne delen ble det kun gjennomført presentasjoner, og det var ikke satt av noe tid til spørsmål eller diskusjon blant deltagerne.

Målet med første fellesdel var å gi deltagerne en innledning i prosjektet og hensikten med arbeidsmøtet, samt informere om grønne verdikjeder i krysningsspunktet akvakultur/agrikultur, informere om delrapport 1 og 2, og gi innføring i hva næringsstoffer fra oppdrett lovlig kan brukes til i dag og i fremtiden.

#### 4.2 Parallele sesjoner

Det ble satt opp 3 parallelle sesjoner med ulike tema. Alle sesjonene hadde samme oppsett med 3 innlegg først, og deretter var det satt av tid for diskusjon og spørsmål til innledningene og andre innspill til arbeidet. Etter dette var det satt av 30 minutter til lunsj, før det ble gjennomført en arbeidsdel. Målet med arbeidsdelen var å få i gang gode og relevante diskusjoner i henhold til temaet i de ulike sesjonene.

#### Sesjon 1: Teknologi for oppsamling og behandling av slam og næringsalter fra akvakultur

Sesjon 1 ble ledet av Øyvind Hilmarsen, med Hanne Brendeløkken som digital ordstyrer.

Presentasjoner i sesjon 1:

1. Hvordan fange oppløste næringsalter fra oppdrett. Forsker Silje Forbord SINTEF Ocean
2. Oppsamling på land og tørketeknologi. Salgsansvarlig tørker og biogassanlegg Bjørn Rune Heen.
3. Fra avfall til ny verdi. Daglig leder Jarl Spandow Waister as.

#### Sammendrag av diskusjoner i sesjon 1:

##### Sirkulærøkonomi og miljøvennlig havbruk:

- Det er et ønske om å få til en sirkulærøkonomi for slam, men for at slam skal samles opp og inngå i en sirkulærøkonomi må det settes strengere krav til rensing av utslipp. Det er mulig å samle opp og utnytte slam i større grad, men per i dag vil dette medføre kostnader for oppdretter.
- Hva må til for å få godkjenning for bruk av slam som gjødsel i landbruket? Det er uklart hvilke regelverk som er gjeldende og hva slam kan benyttes til. Bruk av biorest fra husdyrgjødsel kan bidra til å erstatte torv, og gjøre gjødselprodukter mer miljøvennlig.
- For å få til en god sirkulærøkonomi med slam må man se tidligere i prosessen. Det er noen uønskede stoffer (bl.a. tungmetaller) som inngår i slam, og for at dette ikke skal følge med videre

i et potensielt gjødselprodukt, vil det være nødvendig å se hvordan disse stoffene kan fjernes tidligere i prosessen.

- En mulig anvendelse for slam kan være til produksjon av biogass, og deretter kan bioest fra prosessen benyttes til produksjon av ny mat, eksempelvis tomater i drivhus.
- En norsk slam-politikk er etterlyst. Hva er de viktigste punktene som skal til for å gjøre havbruk mer miljøvennlig. Det bør utvikles nye markeder som støttes opp av en innovasjonspolitik.

#### Uttak av fosfor og tungmetaller

- Arbeider leverandørene av renseteknologi med separasjon av overskuddsfosfor? Dette er en prosess som eksisterer, men er svært kostbar. Det etterlyses ny teknologi som gjør utskilling av fosfor og tungmetaller mer kostnadseffektivt.

#### Regelverk og krav til bruk av slam

- Før var det mulig å bruke slam på dyrket mark, men nå er det strengere krav til prøvetaking. Det stilles spørsmålsteget ved hvilken behandling som kreves for å benytte slam på dyrket mark. Kan økologisk fiskeslam benyttes i økologisk landbruk?
- Det er arbeidet med bruk av slam i en del år. Mangler litt for hva som er mest mulig hensiktsmessig bruk? Miljødirektoratet jobber for å få en standardisering av målingene på slam. Det er blitt spilt inn prosjekt hos FHF for å få standard på næringsstoffer som går i resipient. Ønsker å få tilbakemelding fra næringen på hva de ønsker å nøste opp i. Har sett på hva og hvordan man kan sette krav til oppdrettsanleggene. Hva tåler egentlig resipienten? Hvorfor må man rense når resipient tåler utslipp?
- Bønder har strenge krav til produkter de skal bruke i landbruket. De ønsker ikke å være et deponi for andre sitt produkt.

#### Rensekrav på utlipp

- Det burde iverksettes flere økonomiske insentiver for å få til bedre rensing. Danmark premierer man av statlige organ om man renser mer en kravet. Det er kravene til anleggene som setter teknologien. I Tyskland er konsumenter redd for Norsk laks.
- Det er en utfordring å få oppkonsentrert slammet slik at det kan hentes ut fra avløpet.
- Kan skjell benyttes som en biologisk rensing av avløpsvann og resipient?

#### Økonomiske aspekter

- Skal forurenser eller marked betale? Hva er utviklingen av forretningsmodeller? Hvor stor andel av utvikling og produksjonskostnaden (verdikjeden) kommer til å kunne bære den totale kostnaden.
- Det må lages butikk. Betales dobbel så høy pris i Vietnam i forhold til i Norge. Man må lage gode produkter som markedet er villig til å betale for det.
- Det må lages egne transportløsninger for hvert anlegg. Videre håndtering av slammet setter krav til behandling og transport. 2 uker oppbevaring av slam – deretter kommer det lukt. Ikke fordel å ta imot tørket slam for biogassanlegg. Tørket slam kan gi problemer med støv. Det må tilsettes mye vann for å behandle det i biogassanlegg.
- Fordelen ved rensing av slam må veies opp mot klimautslipp ved transport og videre håndtering. Miljøregnskapet må være avgjørende for rensing og videre behandling. Transport av slam over lange avstander gir ikke godt klimaregnskap.

#### Nye produkter

- Finnes mange muligheter for bruk av slam, eksempelvis kan man ha oppdrett av tanglopper i slam. Tanglopper kan benyttes til fiskefôr, og i avløpet til tanglopper kan det dyrkes mikroalger.

## Sesjon 2: Biologiske utnyttelse av næringsstoffer og tilknyttet teknologiutvikling

Sesjon 2 ble ledet av Aleksander Handå, med Matilde Skogen Chauton som digital ordstyrer.

Presentasjoner i sesjon 2:

1. Akvatiske utnyttelser. Seniorforsker Andreas Hagemann, SINTEF
2. Aquaponics – from ammonia to salads. Dr. Simon Goddek, Wageningen University
3. Insektsproduksjon. Research Group Leader Erik-Jan Lock, Havforskningsinstituttet

### Sammendrag av diskusjoner i sesjon 2:

#### Omfang og tilgjengelighet

- Forventer økt mengde slam fra landbaserte anlegg med etablering av nye anlegg, og postsmolt på eksisterende anlegg bidrar også til en viss økning i mengde slam. Utslippstillatelse er basert på visse krav, de som får tillatelse til å etablere anlegg må ha en løsning på dette.

#### Potensielle anvendelser og nye ideer

- Torvprodusent blander inn tørket slam og hevder at det er egnet. Salt inn i gass/deponi er problem, utfordring i kompostering. Avstand gjør transport til en sensitiv faktor, tørking er (nødvendig) løsning. Landbaserte anlegg med en viss innblanding av sjøvann gir ikke praktiske problem ifm. slambehandling, men saltinnhold må vurderes ift. anvendelse.
- Sopp er en mulighet, kan dyrkes direkte på fiskeslam, men er det tillatt? Mattilsynet svarer at fiskeslam blir å regne som en organisk gjødsel også her.
- Fôringredienser fra mikroorganismer? Hvilke mikroorganismer er aktuelle for industriell produksjon med fiskeslam som fôr for videre bruk til insektlarver? Kan blandes i fôr til insekter, men blir et ekstra ledd i næringskjeden, unødvendig.
- Groe/påvekst kan være en kilde, kan få store mengder fra et oppdrettsanlegg, spennende å se hvordan det kan utnyttes! kan bli problem med spyling og frislipp av nesleceller/gjellehelse osv.
- Innovasjonsmotoren, studenter og studentbedrifter, lavteknologiske løsninger med for eksempel børstemark kan kanskje gi ny boom innen innovasjon? Mulighetsrommet innen regelverket må åpne for det, må gå fra "hjemmesnekret" til piloter, men la kreative grundere bidra.

#### Lønnsomhet i nye produksjoner

- Blir f.eks. børstemark produsert på land lønnsomt? Regner med stort globalt marked for børstemark, i dag går mye til agn/sportsfiske som betales godt. Antar omsetning 120 000 tonn til agn/sportsfiske, verdi 6 milliarder pund årlig, lavteknologiske system kan oppnå 3-4 kg produksjon per m<sup>2</sup>. Etterspørsel overgår tilførsel, høstes for mye av naturlige bestander. Prod er også bidrag mot overutnyttelse.
- Børstemark er på høyde med premium fiskemel, inneholder alle essensielle aminosyrer og omega-3 m.m. men som forråstoff er det usikkert mht. til pris når det gjelder børstemarkmel. Kan bli lønnsomt, spesielt ved bruk av slam fra oppdrett. Japan, Kina, asiatiske land har full produksjon av børstemark til rekeproduksjon så kjøperne finnes.

#### Kontroll og regelverk

- Veldig rigid regelverk, målet er å unngå å spre sykdom oppover i næringskjeden, men foregår det forskning om hvilke sykdommer som faktisk kan spres oppover? Prioner, andre?
- Mangel på forskning her, mest opptatt av næringsverdi. Lovverket går etter hva som er trygt, mangler dokumentasjon. Førre var-prinsippet er viktig, mye av det som ikke er lov er "ikke lov" pga. mangel på kunnskap. Eks. smitte fra laks/bakterier, kan smittes videre eller være bærer av

smitte. Tørking/prosessering dreper bakterier, men transport og forproduksjonen tilfører ny smitte.

- Er regelverk det samme for organismer som lever i ulike fraksjoner, i slam/på slam/av slam osv.? Den som høster har ansvaret og må dokumentere trygghet ift. mattrygghetsregelverk.
- Hvis man samler opp slam i sjø, så inntreer regelverket og bruk av slam faller innenfor nasjonalt regelverk for "Organisk avfall". Bør det tilbake i Biprodukt-regelverket? Må sees i lys av smittemessige forhold, krav til varmebehandling osv. tydeliggjøres. Organisk gjødsel ligger hos en annen seksjon i MT enn de som var med på møtet.

### Oppgradering

- Kloakkslam som parallell: Det er ikke lov til å dyrke i kloakkslam og bruke produktet til fôr. Kloakkslam forblir slam uansett omdanning via f.eks. bakterier osv. Når slutter slam å være slam oppover i kjeden, end-of-waste? Klart skille mellom husdyrgjødsel og kloakkslam, men kan heller ikke bruke husdyrgjødsel (animalsk biprodukt).
- Hva med blåskjell som tar opp en %-andel slam ifm. IMTA? Skjell i anlegg regnes som produksjonsdyr, selv om de ikke føres aktivt med slam. Hvis man tilfører slam aktivt, så regnes det som fôrsubstrat?
- I insektproduksjon har man sett bioakkumulering av arsen/kadmium. Interessant at disse metallene kan foreligge i andre former = mindre biotilgjengelig i insekter, kanskje samme effekt i børstemark? Tungmetaller arsen, kadmium via insekter kan være en vei for å få bort tungmetaller i fôr til fisk. Viktig med regelverksendring, stor mulighet i å gå via insekter.
- Kan slammet renses for tungmetaller før bruk? Når det gjelder ulike dyr brukt i fôr (insektlarver eller børstemark), vil hele dyret brukes eller vil man alltid ekstrahere rent protein og fett først? Er tungmetallproblematikken veldig relevant hvis man f.eks. bare bruker 5% av børstemarken som en del av fôr til fisk?

### Begrensninger rundt anvendelse

- Er det logisk/faglig sammenheng mellom hva regelverket sier om anvendelse av gjødsel fra landdyr og anvendelse av slam/gjødsel fra havbruk?
- Mye basert på erfaring fra prosjekter, og MT tydelig på at regelverk ikke er skrevet mtp disse dyrene, eks detritivore dyr. Ikke logisk sammenheng kanskje, men føre var viktig her også, og få opp kunnskapsgrunnlaget. Spesifikke produksjonsmetoder/organismer, få opp muligheter/begrensninger.
- Ønske fra MT om å få case'r rundt ny produksjon. Basert på slam/havbruk og bioslam, kan teste konkrete tilfeller ift. regelverk og kunnskap. Gjerne industri-case. SINTEF har spilt inn overordnede eksempler til Rådet f Matvaretrygghet (?), innmelding henger sammen med EU-vurdering.
- Overordnet nivå er viktig for å gå i dialog rundt regelverksutforming for nye produksjonssystemer og organismer, kommer ikke videre ved å ta alle samtidig - ta noen prinsipielle faglige vurderinger, gå videre med det og ikke detaljer for hver og en.
- Dyr er omfattet av regelverk, mikroorganismer er ikke det. Ikke nødvendig å skille mellom organisk og uorganisk råstoff når man skal produsere mikroorganismer, ikke omfattet av regelverk. Kan f.eks. gjær dyrket på fiskeslam brukes som fiskefôr? Forutsatt at det er trygt så kan det brukes. Insekter gjelder ikke som mikroorganismer, de er klassifisert som dyr og det er samme krav som til ku og svin o.l.

### Skalering

- Hva er størrelsen/ skaleringen av de bioproduksjonsanleggene som er utført? Er det aktuelt med få sentrale anlegg? Neppe enkeltaktører som drar opp produksjonsstørrelsene, vi trenger sannsynligvis både store aktører/sentralt og mindre aktører/desentralisert.



- Teknologiutvikling går på produksjonseffektivitet/arealutnyttelse, motivasjon at systemet skal oppskaleres til industrielle anlegg, lite hensiktsmessig om slammet må transporteres langt, helst "nær løsning". Må ta inn at det kan være snakk om kompliserte biologiske prosesser (reproduksjon, larveproduksjon. Osv.), kan se for seg en verdikjede der noen få aktører har "stamdyr" og produserer "såkorn", leverer til større produsenter som fortsetter produksjonen av voksne individer.
- Skala i oppdrettsbransjen, problem at det kreves enorme areal å produsere nødvendig fôrmateriale, må tenke alternativ produksjon av materiale selv f.eks. i akvaponi? Volumkrav, kanskje ikke behov for så stor produksjon av de ingredienser vi har diskutert her, vurdere anrikning av fôr med mindre mengder av verdifulle komponenter?

#### Kunnskapsstatus

- Mangler vi mer kunnskap om bruk av slam fra havbruk? Lang historikk rundt husdyrgjødsel, mangler vi tilsvarende om oppdrettsgjødsel?
- MT: Nødvendig med kunnskap, men ingen automatikk at kunnskap innhentes. Forskere forholder seg kun til mattrygghet o.l., MT og de som lager regelverk må forholde seg til mange andre ting som f.eks. følelser knyttet til matproduksjon, eks. Fr aksepterer ikke forekomst av materialer fra landdyr i fôr til fisk.

#### Veien videre

- Tiden er inne, det er økende bevissthet rundt sirkulær produksjon. Dagens strenge regelverk og restriktive holdninger kan endres med yngre generasjoner, kanskje bidra til endringer.
- Hva med Norge, hvordan bør industri/forskning innrette seg? Bør ha fokus på å påvirke det politiske systemet, EU-systemet (er EU-regelverket veldig agri-orientert?).
- Utnytte innovasjonsmotoren, studenter og studentbedrifter, lavteknologiske løsninger med for eksempel børstemark kan kanskje gi ny boom innen innovasjon?
- Se på eksempler i andre produksjoner, f.eks. hummeroppdrett: Det er luksusmat med enkel produksjonssyklus, men krevende å produsere mathummer. Vi må tenke enkelt, og ikke minst la forskning må få jobbe seg ferdig, investorer kan bli giret og sette i gang for tidlig.

#### Akvaponi

- Et akvaponi-anlegg har helårsdrift (ønsker mikroflora) med jevn temperatur, fisken har optimal temperatur ift. økt biomasse, mange planter tåler godt å stå i kaldere vann (tomat, salat og noen tåler også salt, Salicornia). Jobber med lukking av sirkel, tar vann inn i samme mengde som vann ut via plantene, litt slam går ut men ikke store mengder. Pilot, mindre skala, kan tenke og sette flere små systemer sammen til stor anlegg og kanskje 2000 m<sup>2</sup> planter. To hovedkategorier: Decouplet vs. sirkulære systemer.
- Balanse viktig i sirkulære systemer, ammoniakk omdannes til nitrat. Har dere sammenlignet utbytte i systemet uten tilsetning av ekstra næring/balansering? Oppdaget betydningen av fôret, hvilket fôr som brukes (eks jerntilstting). Er det noen som jobber med utvikling av spesialisert fôr til akvaponics i dag? Eller er det kommersielle RAS/settefisk fôret som finnes på markedet i dag bra nok med tanke på aquaponic systemer? Undersøke ulike fôr, f.eks. fôr til kaldtvannsarter kan være bedre egnet?
- Ved å benytte restvarme i kjølevann fra tørke for fiskeslam (partikler) til å varme opp tilførsel til akvaponi for oppløst stoff kan det sikres at også varmekjære planter kan trives også i våre arktiske forhold.
- Saltinnhold gir vel problemer i aquaponic systemer om man skal ha fra RAS-anlegg og fra marine miljøer? Utfordringen er størst i klimastyrte produksjon (veksthus). Der er problemet at de fleste planter som er etablert i veksthusindustrien ikke er glad i salt (f.eks. agurk og salat). Derfor er aquaponics-anlegg utformet med fisk og planter som matcher hverandre, gjerne ferskvannsfisk

altså. Men det er jo fullt mulig å utvikle aquaponics basert på marine eller salttolerante planter, men da blir det en pilot også markedsmessig. Makroalger kan være aktuelt i et akvaponi-system med saltvann.

### Slam og omgivelsene

- Bidrar utslipp fra oppdrett til økt produksjon i naturen? Noe som ikke har vært nevnt her, er fôrspill - en betydelig mengde utslipp, men det er ikke slam som sådan. Underfokuset at villfisker spiser fôrspill før det når bunnen, krepsdyr spiser spill som når bunnen, nå er det også mindre og mindre lusemidler o.l. i fôret. Effekten på livet rundt anlegg viser at det kan være en ressurs inn i naturlig produksjon, et mulighetsrom i "ressurser på avveie".

### **Sesjon 3: Industriell utnyttelse av næringsstoffene**

Sesjon 3 ble ledet av Jon Hovland, med Randulf Høyli som digital ordstyrer.

Presentasjoner i sesjon 3:

1. Gjødelsproduksjon av slam ved Bioretur. Torleiv Ugland, Industriell utnyttelse.
2. Fiskeslam som gjødsel i jordbruket. Forsker Eva Brod, NIBIO
3. Fra slam til protein og biogass. Sales & Project Manager, Stig Amdam, Hyperthermics.

### Gjødselproduksjon av slam ved Bioretur. Torleiv Ugland, Høst.

- Høst tar imot og håndterer organisk avfall fra industri og kommunale virksomheter. Forutsetning at slammet må være hygienisert og garantert smittefritt. Tørket fiskeslam blandes med andre fraksjoner og tilsettes N og K for å få et fullverdig gjødselprodukt. Gjødselproduktet eksporteres til Vietnam der organiske gjødselprodukter har høyere verdi pga. jorda er fattig på organisk materiale. I Norge er jorda humusrik og det er i dag ikke et tilstrekkelig, nasjonalt marked for denne type gjødselprodukt. Tørket slam transporteres i bulk til Vietnam hvor det pakkes om i 40/25 kg sekker (6000 tonn / 250 containere). Viktig at gjødselproduktet er oppløselig pga. mindre automatisert/maskindrift. Høst er ikke bekymret for saltinnhold i slam fra matfisk ettersom de kun blander inn en andel slam i gjødselproduktet.
- Andre teknologiske muligheter som biogass og pyrolyse egner seg ikke for organisk gjødsel. Biogassprosessen vil redusere det mineralske innholdet, slik at produktet blir mindre interessant for Vietnam. Pyrolyse er fortsatt noe umodent, både teknologisk og markedsmessig – ingen betalingsvilje for biokullet. Vietnam forbruker over 11 millioner tonn mineralgjødsel og 1,2 millioner tonn organisk gjødsel.
- Høst samarbeider med Skretting som har fôrleveranse langs hele kysten. Slammet transporteres med skip tilbake til anlegget i Stavanger, sannsynligvis den billigste transportløsningen i markedet. Hygienisering viktig når slammet fraktes med fôrboat, ikke alle tørkeprosesser som oppnår hygienisering. Erfaringer viser at kvaliteten på fiskeslammet varierer både fysisk og kjemisk. For eksempel kan det være stor forskjell i egenvekt, som gir ulike transportkostnader.

### Fiskeslam som gjødsel i jordbruket. Eva Brod, Nibio.

- Fiskeslam må fortsatt ses på som avfall og oppdrettere må fortsatt forvente å måtte betale for avhending. Fiskeslam kan kun anses som gjødsel når det erstatter mineralgjødsel, ikke når det brukes i tillegg. Derfor må fiskeslam være av god nok kvalitet.
- Kvaliteten på slammet påvirkes både av fiskefôret og tørking/prosessering. Nitrogenet forsvinner først med avvanning og delvis med tørking (følger vannfasen + noe til luft). Slammet inneholder



også for lite K (følger vannfasen). Tungmetaller (Cd og Zn) kan være utfordrende, påvirkes av fôret og ikke behandlingsteknologi.

- Gjødseleverdien er varierende, men fiskeslam er uansett ikke et fullverdig og balansert gjødselprodukt. Tilgjengeligheten av organisk nitrogen i slam er avhengig av hvordan det er behandlet (hypotese: tørketemperaturen er viktig) + det er fosforoverskudd i Norge. N/P-forholdet er lavere i fiskeslam enn husdyrgjødsel. Vi overgjødsler med fosfor ved bruk av fiskeslam. N gjødseleffekt til fiskeslam er god (men avhengig av behandlingsteknologi). Ikke like god P-effekt som husdyrgjødsel. Selv om det totale næringsinnholdet kan være bra, er det nødvendig å vurdere hvor mye som er tilgjengelig for plantene.
- Det er gjennomført få studier så langt (bl.a. potteforsøk 2016 & 2018 og feltforsøk 2019) og det er viktig å ikke vektlegge de eksisterende studiene for mye. Viser potensialer, men vanskelig å konkludere. Vet bl.a. for lite om uønskede stoffer, f.eks. organiske miljøgifter. Samt vet for lite om saltinnhold fra marint slam. Annet: spredning, logistikk og bondens aksept.

#### Fra slam til protein og biogass. Stig Amdam, Hyperthermics.

- Teknologileverandør for en hypertermofil prosess – med bakterien *Thermotoga* – for biogassproduksjon. Prosessen bryter ned organisk materiale og skal være egnet for husdyrgjødsel, matavfall, marint avfall (fiskeslam, alger, mm.), osv. Ikke levert noen kommersielle anlegg, men har et pilotanlegg.
- Prosessen skal kunne produsere biogass raskere enn konvensjonelle biogassanlegg; en uke vs. 20-30 dager. De har også en variant med proteinproduksjon, anvendelse f.eks. som ingrediens til fôrprodukter.

#### Diskusjon

- Man vet ikke hvilke behandlingsteknologier som best bevarer nitrogenet i slammet, men problemstillingen adresseres i flere prosjekter. Jobber ut ifra en hypotese at tørketemperaturen har noe å si.
- Mange planter er sensitive for salt, som kan skape utfordring ved anvendelse av marint slam – gitt at saltet blir igjen, det vet vi ikke. Hvis salt, som ammonium, følger vannfasen kan forholdet mellom N, P og salt være OK.
- Det er prisen på nitrogen i større grad enn prisen på fosfor som styrer gjødselprisen. Vi har mer P enn vi trenger i Norge, og overskuddet vil bare øke. Da må eksport være riktig strategi.
- Pyrolyse og biokull. Karbonbalansen i norsk jordbruksareal går ned, men usikker på effekten fra biokull. Biokull inneholder mye fosfor, men fosforet er bundet slik at tilgjengeligheten for planter er begrenset. Biokull ser også ut til å fungere best på jorder som er fattige; i Norge har vi karbonrik jord, slik at biokull kanskje ikke er så nyttig i Norge – men kanskje andre steder i verden. I dag er det heller ingen betalingsvilje for biokull i Norge.
- Biorest er på samme måte som biokull (og fiskeslam) ikke ett produkt – men avhenger av hva man setter inn i prosessen. Fiskeslam er vanskelig å behandle alene i biogass. Generelt medfører biogassbehandling at nitrogen til slutt er i en tilgjengelig form som ammonium; kanskje kan man si at biogassbehandling har god effekt på gjødslingseffekt – men samtidig inneholder biorest 90+ % vann. Og for flere anlegg er det begrenset hvor mye som kan brukes lokalt. Det er ikke lønnsomt å transportere vandig biorest over lengre distanser. Ved separasjon for eksempel med skruepresse kan man få en vannfase med N og K, og en faststoff-fase med en større andel av P. Dette kan være aktuelt noen steder. Og andre metoder kan være dyrt. Nitrogen er hovednæringsstoff som i stor grad styrer vekst, men plantene trenger mer enn det. Må være balansert med tanke på alle næringsstoffer.
- Muligheter for å endre fiskefôret, slik at slammet blir lettere å utnytte? Det er en fordel med lavt innhold av Cd og Zn, men likevel er det nok behandlingen av fiskeslammet som har mest å si for verdien på produktet. I tillegg må eventuelle fôrendringer ikke gå utover fiskeprodusentene.

### 4.3 Felles avslutning

Siste del av arbeidsmøtet besto av en felles avslutning. Her ble sammendraget fra alle tre sesjonene presentert.

## 5 Leveranser fra arbeidsmøte

<https://www.sintef.no/workshop1205#Presentasjonerogopptakframte>

### 1. Sammendrag fra arbeidsmøte

### 2. Video med opptak av første fellesdel og alle sesjoner:

- Åpning og innledning:  
<https://www.youtube.com/watch?v=sSNHK2fnDBI&feature=youtu.be>
- Sesjon 1: <https://www.youtube.com/watch?v=HNjkyuWwSxY&feature=youtu.be>
- Sesjon 2: <https://www.youtube.com/watch?v=cypHHXq9770&feature=youtu.be>
- Sesjon 3: <https://www.youtube.com/watch?v=VuaTe5EOcdQ&feature=youtu.be>

### 3. Presentasjoner fra arbeidsmøtet:

Felles innledning:

- Åpning og innledning om prosjektet og hensikten med arbeidsmøtet. Prosjektleder Øyvind Hilmarsen, SINTEF Nord: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/001-apning-og-innledning-om-prosjektet-og-hensikten-med-arbeidsmotet---sintef-ocean.pdf>
- Grønne verdikjeder i krysningpunktet akvakultur/agrikultur. Spesialrådgiver Karl Almås, SINTEF Ocean: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/002-gronne-verdikjeder-i-krysningpunktet-akvakultur-agrikultur-sintef-ocean.pdf>
- Presentasjon av delrapport I - Kvantifisering av utslipp fra oppdrett i Norge. Seniorforsker Ole Jacob Broch, SINTEF Ocean: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/003-kvantifisering-av-utslipp-fra-oppdrett-i-norge---sintef.pdf>
- Presentasjon av Delrapport II - Effekter av utslipp fra oppdrett i Norge. Forskningsssjef Ingebrigt Uglem, NINA: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/004-effekter-av-utslipp-fra-oppdrett-i-norge---nina.pdf>
- Hva kan næringsstoffer fra oppdrett lovlig brukes til i dag og i fremtiden? Seniorrådgiver Anne Synnøve Bøen og Seniorrådgiver Toril Tveito Compaore, Mattilsynet: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/005-fiskeslam---for-og-gjodselvareregelverket-mattilsynet.pdf>

Sesjon 1 - Teknologi for oppsamling og behandling av slam og næringssalter fra akvakultur:

- Hvordan fange oppløste næringssalter fra oppdrett. Forsker Silje Forbord, SINTEF Ocean: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/006-hvordan-fange-opploste-naringssalter-fra-oppdrett-ved-forsker---sintef.pdf>
- Oppsamling på land og tørketeknologi. Salgsansvarlig tørker og biogassanlegg Bjørn Rune Heen, Sterner: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/007-oppsamling-pa-land-og-torketeknologi.-salgsansvarlig-torker-og-biogassanlegg---sterner.pdf>
- Fra avfall til ny verdi. Daglig leder Jarl Spandow, Waister: <https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/008-fra-avfall-til-ny-verdi---waister.pdf>

Sesjon 2 - Biologiske utnyttelse av næringsstoffer og tilknyttet teknologiutvikling

- Akvatiske utnyttelser. Seniorforsker Andreas Hagemann, SINTEF Ocean:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/009-akvatiske-utnyttelser--sintef-ocean.pdf>
- Aquaponics - from ammonia to salads. Dr. Simon Goddek, Wageningen University:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/010-aquaponics---from-ammonia-to-salads---wageningen-university.pdf>
- Insektsproduksjon. Research Group Leader Erik-Jan Lock, Havforskningsinstituttet:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/011-insektsproduksjon---havforskningsinstituttet.pdf>

### Sesjon 3 - Industriell utnyttelse av næringsstoffene

- Gjødelseproduksjon av slam ved Bioretur. Torleiv Ugland, Høst AS:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/012-gjodselproduksjon-av-slam-ved-bioretur---host-as.pdf>
- Fiskeslam som gjødelse i jordbruket. Forsker Eva Brod, NIBIO:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/013-fiskeslam-som-gjodsel-eva-brod-nibio.pdf>
- Fra slam til protein og biogass. Sales & Project Manager Stig Amdam, Hyperthermics:  
<https://www.sintef.no/globalassets/sintef-ocean/arrangement/slam/014-fra-slam-til-protein-og-biogass-hyperthermics.pdf>

## A Vedlegg Deltagerliste

Etternavn	Fornavn	Firma
Abelsen	John Morten	Kvarøy Smolt
Aga	Halvor	Hauge Aqua Solutions AS
Almklov	Robert	MossHydro AS
Amdam	Stig	Hyperthermics AS
Arnarsson	Sigmar	Elvevoll Settefisk AS
Azrague	Kamal	SINTEF
Barsnes	Øystein	Green Marine Development as
Bekkeli	Karl Erik	Salaks AS
Berge	Arne	RyFish AS
Bilberg	Bjørn	Preline Fishfarming System AS
Bjordal	Mari	Miljøstiftelsen Bellona
Bolme	Magnar	Lyse Neo AS
Breivik	Inger Lise	Bremnes
Brod	Eva	NIBIO
Bærøe	Marit	Sjømat Norge
Cabell	Joshua	NIBIO
Dahl-Hansen	Ida Elisabeth	Akvaplan-niva AS
Dalsgaard	Anne Johanne Tang	DTU Aqua
Dåvøy	Atle	Øygarden Kommune
Erbs	Stefan	Miljøstiftelsen Bellona
Flo	Vegard	Cargill
Flø	Kjell Martin	Alfsen og Gunderson as
foss	atle	akvaplan-niva
Giezendanner	Bård Steinar	VWR International
Hallbäck	Pontus	Huber Wastewater
Hammer	Jan	LindumAS
Handå	Aleksander	SINTEF Ocean
Hansen	Eivind	NSK Ship Design
Hansen	Wenche	Sweco Environment AB
Harendza	Astrid	Akvaplan-niva AS
Haugsbø	Erlend	Hyperthermics AS
Henry	Ingrid	Akva Group Land Based Norway
Homme	Tor Eirik	Grieg Seafood ASA
Honig	Konrad	Lødingen Fisk AS
Humlen	Rikard	Fylkesmannen i Nordland
Hønsi	Torunn	Vestlandsforskning
ILEA	Crina	CMR Prototech
Jensen	Pål Mugaas	Norsk Fiskeoppdrett
Johansen	Christian	Kystmiljø AS
Jørgensen	Øyvind	KUPA
Jøstensen	Nils	Sisomar
Kanstad	Marianne	Bioeq
Kiessling	Anders	Sveriges Lantbruksuniversitet
Kildal	Steffen	Blueplanet AS
Kvalnes	Jon-Arne	Nordland Akva AS
Le Naour	Jessika	Krüger Kaldnes
Lorentzen	Mette Kristin	Mattilsynet
Maroni	Kjell	FHF
Meriac	Andre	Nofima
Misund Bringslid	Kristine	Akva Group ASA
Myrseth	Christine	Forum for natur og friluftsliv Troms
Nguyen	Anh Quynh	Iris Produksjon AS - Bodø
Nordli	Trude	Sjømat Norge

Normann	John Andre	Biomar
Norvik	Ole Christian	AquaCon AS
Næss	Ingfrid Slaatto	Vesteraalens AS
Oddsens	Odd Geir	Valemare Nutrition AS
Olaussen	Tina	Kystmiljø AS
Olsen	Anders Waldemar	Fylkesmannen i Innlandet
Olsen Skjerping	Eirik	Krüger Kaldnes
Paulsen	Jan Kjetil	Canima Services AS
Pederstad	Anders	Air Liquide Skagerak
Plesner	Lisbeth Jess	Dansk Akvakultur
Prestvik	Øyvind	Salsnes Filter AS
Putnam	Zeben	Lindum AS
Ramstad	Gunhild jørgensen	Plany AS
Ramsøy	Hermund	Bioretur AS
Rasmussen	Tone	SEA ECO AS
Reiss	Katrin	Fylkesmannen i Nordland
Rosche	Timo	Billund Aquaculture
Røsting	Kristine	Krüger Kaldnes
Sandberg	Merete Gisvold	Teknologi Akvarena
Schistad Berg	Ingrid	Iris Produksjon AS
Seivåg	Maria	Fylkesmannen i Nordland
Skantze	John	Hydropress HUBER AB
SKAR	Siv Lene Gangenes	NIBIO
Skaugvold	Ann-Kristin	Nordland Akva AS
Skogholt	Pål Julius	SVs kommunestyregruppe i Tromsø
Sparboe	Lars Olav	Akvaplan-niva AS
Sporshem	Kamilla	Fiskeridirektoratet Region Vest
Standal	Inger	SINTEF Ocean
Steffensen	Harald	Skretting AS
Steien	Svein Hallbjørn	S H Steien
Steigum	Endre	VWR International AS
Stokke	Stig L.	ServiTech AS
Stoknes	Ketil	Lindum AS
Stoknes	Per Gunnar	Biogass Møre as
Svensson	Signe	Lerøy
Sæbø	Arne	NIBIO
Sæther	Kristin	Akvaplan-niva
Tangen	Sigfrid	Lerøy Vest AS
Tombre	Ole Kristian	Tombre Fiskeanlegg AS
Tveiten	Svein	Fiizk system as
Tveter	Ida	Fylkesmannen i Troms og Finnmark
Tøndel	Bjørnar	Cargill
Uglem	Ingebrigt	NINA
Valseth	Marit S.	Innovasjon Norge
Veivåg	Ove	Egersund Net
Vaage	Ole Arthur	Aquapro AS
warvik	kenneth	Energigass Norge
Wold	Geir Wilhelm	Vesteraalens AS
Wolff	Robert	SINTEF Ocean
Woll	Tore	Energigass Norge
Østerlie	Tonje	SINTEF Ocean
Aas	Turid Synnøve	Nofima