

A27671 - Åpen

Rapport

Identifisering av aktuelle løsninger for håndtering og anvendelse av avløpsslam fra settefiskanlegg i Nordland

Mulighetsstudie

Forfatter(e)

Stian Aspaas

Andreas Hagemann

Trond W. Rosten



SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Forskningsbasert rådgivning

2016-04-07

Rapport

Identifisering av aktuelle løsninger for håndtering og anvendelse av avløpsslam fra settefiskanlegg i Nordland

EMNEORD:

Slam

Settefisk

Gjenvinning

Restråstoff

VERSJON

Endelig

DATO

2016-04-07

FORFATTER(E)

Stian Aspaas

Andreas Hagemann

Trond W. Rosten

OPPDRAGSGIVER(E)

NCE Aquaculture

OPPDRAGSGIVERS REF.

Stål Heggelund

PROSJEKTNR

6022115

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

19+ vedlegg

SAMMENDRAG

Kommersielle løsninger for oppsamling, avvenning og lagring av slam fra settefiskanlegg er rett rundt hjørnet slik det ser ut nå. Vi har derfor gått nærmere inn på de mest aktuelle områder for anvendelse av oppsamlet slam. Oppdrett av børstemark, biogassproduksjon, gjødselprodukt, betongproduksjon og forbrenning var fokus for denne undersøkelsen og eksempler på slike anvendelser. I tillegg ble tilgjengelig spredeareal for bruk av slammet som gjødsel i landbruket i Nordland hentet inn. Flere av disse anvendelsesmulighetene virker lovende, men de fleste er i tidlig utviklingsfase. Valget på løsning må gjøres med bakgrunn i de ulike selskapers strategier og satsningsvilje innenfor dette området.

UTARBEIDET AV

Stian Aspaas (sign.)

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Trond W. Rosten

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Ulf Winther

SIGNATUR**RAPPORTNR**

A27671

ISBN

978-82-14-06083-6

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

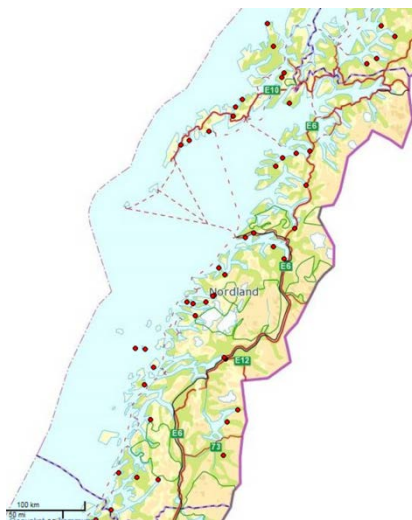
Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	3
1.1	Eksempler på oppsamlingsløsninger.....	4
2	Mål / Metode.....	5
3	Resultat.....	6
3.1	Bruk av slam som næring til intensiv produksjon av børstemark i Norge	7
3.2	Salg av slam som fôr til ekstensiv børstemarkprodusent i utlandet.....	8
3.3	Utnyttelse av slam til biogassproduksjon.	9
3.4	Produksjon av gjødsel	12
3.5	Slam som innsatsfaktor i andre produksjoner.	16
3.6	Lokal /regional forbrenning av slam.	16
4	Samlet vurdering	17
5	Referanser.....	18

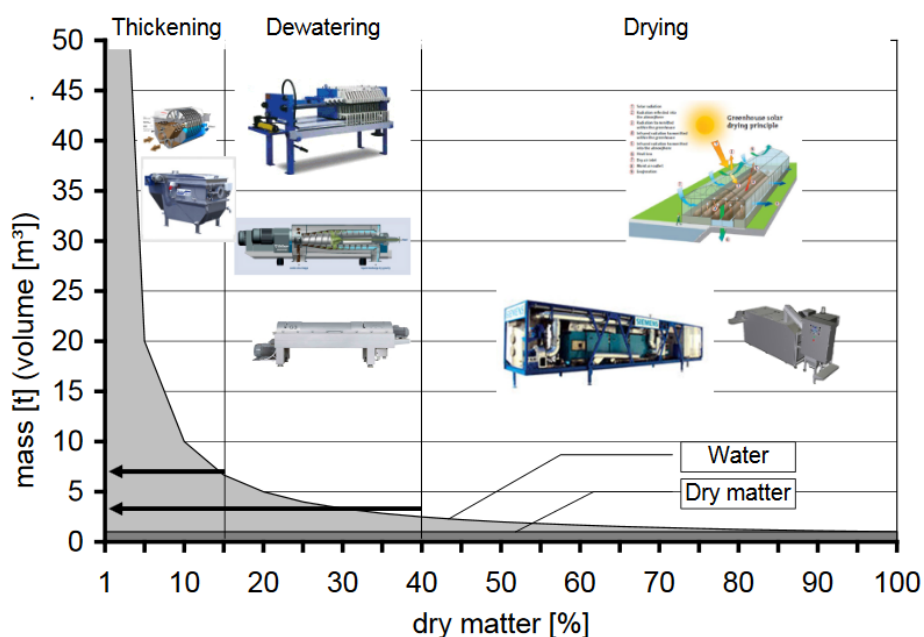
1 Bakgrunn

Prosjektet ble startet som et initiativ fra en gruppe settefiskprodusenter i Nordland som alle enten er eller vil bli pålagt rensing av avløpsvannet fra sine anlegg. Problematikken rundt håndtering og anvendelse av avløpsslam fra settefiskanlegg er et stadig tilbakevendende tema hvor løsningen så langt har uteblitt. Settefiskprodusentene i Nordland er spredt over hele fylket (**Figur 1-1**), men det skal være mindre jordbruk enn i andre deler av landet. Vi jobbet derfor ut fra en hypotese om at det ikke eksisterer nok spredningsareal for å kvitte seg med slammet som jordforbedringsmiddel innad i fylket. Det må derfor identifiseres kostnadseffektive alternativer. En annen hypotese vi jobbet ut fra er at det finnes tilgjengelig teknologi som kan ta ut og håndtere slam.



Figur 1-1: Lokalisering av settefiskanlegg i Nordland. (Kilde: Fiskeridirektoratet, 2015)

For å lage slam med ulikt tørrstoff innhold er det nødvendig å installere et eller flere rensesystem på avløpet (**Figur 2-1**). Disse plasseres på slutten av en vannsløyfe, før vannet går i avløp.



Figur 1-2: Bilde på ulike renseteknikker og hvilke tørrstoffnivå de opererer innen. Modifisert etter Rosten et al. 2013.

1.1 Eksempler på oppsamlingsløsninger

Det finnes en rekke ulike system som samler opp og konsentrerer/tørker avløpsslam. De ulike teknologiske løsningene er blant annet samlet og presentert av Rosten et al., (2013). Status i skrivende stund er at det dukker opp mer eller mindre utprøvde metoder for å konsentrere og tørke slammet inn til det tørrstoffinnholdet man ønsker. Disse systemene er designet for å gi tilstrekkelig renseseffekt slik at settefiskanleggene oppfyller pålagte krav fra miljømyndighetene. Eksempler på dette er Sterners MAT-prosess, som samler opp og avvanner slammet til et tørrstoffinnhold på over 90 %. Sterner tester nå dette systemet ved Flatanger Settefisk på et gjennomstrømningsanlegg. Det opplyses om at anlegget er driftsstabilt og krever i snitt ca. 1,5 time med ettersyn pr. dag (vask av tørrstoffmålere, bytte av storesekk for tørt stabilt slam med >90% tørrstoff, generelt vedlikehold som spyling etc.) og driftskostnader pr. år på ca. NOK 80.000,- (inkludert polymerkost og energikostnader). Investeringskostnaden på et slikt system vil trolig ligge i størrelsesordenen 7 – 8 millioner kroner. Flatanger Settefisk bekrefter mye av det produsenten selv oppgir og sier de så langt er godt fornøyd med systemets prestasjon. Driftskostnadene stemmer godt overens med Sterners estimat bortsett fra at de har blitt nødt til å bruke noe mer personalressurser i startfasen enn det som var stipulert. De sier at det er viktig å følge med i alle deler av behandlingen da tørrstoffinnholdet må være korrekt før slammet entrer de ulike fasene i systemet. Alt i alt ser de for seg at det over tid vil gå med ca. 1 personaltime per dag og at dette er en ok pris å betale for et komplett system som gjør at de møter kravene fra Fylkesmannen. De sier videre at nå gjenstår "bare" å finne et bruksområde for slammet som samles opp.

Salsnes Filter har installert sitt system for testing ved Sævareid Fiskeanlegg og foreløpige tester viser at de begynner å få kontroll på første del av prosessen som benytter filter og vakuüm for å redusere avløpsvannet til et slam på mellom 15 og 30 % tørrstoffinnhold. Her er de nå inne i en optimaliseringsfase, men de ser at man for RAS må forvente et noe lavere tørrstoffinnhold enn for gjennomstrømmingsanlegg. Dette anlegget vil ligge på ca. 3-4 millioner i investeringskostnad, avhengig av størrelse og hvor avansert anlegg man velger. Det er tenkt at dette slammet skal ende opp som gjødselpellet og for å komme dit skal det kjøres gjennom reaktorer fra Global Enviro hvor det blir kompostert og tørket til > 90 % TS. Deretter skal det etter planen inn i en pelleteringsenhet som siste ledd. Testing av dette systemet vil foregå i fullskala sommeren 2016.

Disse opplysningene viser at utviklingen av oppsamlingsutstyr har kommet langt. Det virker som at man etterhvert vil ha totalsystem for slamopsamling kommersielt tilgjengelig. Disse systemene gir anledning til å bestemme ønsket tørrstoffinnhold, tørkegraden kan derfor tilpasses bruken av slammet. Man må nå legge fokus på utnyttelsen av dette slamproduktet.

2 Mål / Metode

I denne undersøkelsen ville man se på et utvalg av mulige bruksområder for slam med ulik konsistens og sammensetning. Både nasjonale, regionale og lokale løsninger var aktuelle. Områdene som ble inkludert var:

- 1) *Bruk av slam som næring til intensiv produksjon av børstemark i Norge.*
 - a. Børstemark omsettes allerede som agn og fôringrediens til produksjon av blant annet rekefôr, og det er mulig å se på bruken også i andre sammenhenger. Her tok vi med en introduksjon til tankegangen bak dette og hvordan forskningsmiljøene så for seg prosessen med å komme dit.
- 2) *Salg av slam som fôr til ekstensiv børstemarkprodusent i utlandet.*
 - a. Her undersøkte vi interessen for mottak av slam hos en utenlandsk oppdretter av børstemark. Dermed vil vi få en første indikasjon på om dette er noe som kan forfølges videre.
- 3) *Utnyttelse av slam til biogassproduksjon.*
 - a. Flere har sett på denne muligheten tidligere, men har konkludert med at det ikke er økonomi i det. Det kan imidlertid være nye aktører som har forbedret teknologi for lokal biogass / varmtvann produksjon. Her hentet vi inn informasjon fra flere aktører som tenker på noe ulikt vis. Dette for å vise bredden i denne tilnærmingen og for å gi status på hvor langt avtakersiden for slam er kommet per i dag.
- 4) *Produksjon av gjødsel*
 - a. Næringsinnholdet i slammet gjør at det er mulig å benytte dette som jordforbedringsmiddel og gjødsel i kombinasjon med tilsetninger. Vi undersøkte ulike strategier for å danne et salgbart produkt. I tillegg har noen anlegg mulighet til å levere slam direkte til omkringliggende jordbruk, her gjorde vi en innsats for å identifisere

tilgjengelig spredeareal i Nordland. Det gjør at vi forhåpentligvis kan si noe om dette kan være en aktuell løsning.

5) *Slam som innsatsfaktor i andre produksjoner.*

- a. Signaler fra produsentene peker på at slam kan inngå i lokal betongproduksjon. Vi undersøkte hvilke forutsetninger som ligger til grunn for dette? I tillegg hentet vi inn informasjon om hvem som ønsker å motta og til hvilken pris/gatefee?

6) *Lokal /regional forbrenning av slam.*

- a. Vi undersøkte hvilke forbrenningsalternativer som eksisterer i Nordland og om man kan ta vare på energien i form av varmt vann /vanddamp. Videre forsøkte vi å finne svar på om det er hindringer for å etablere lokal forbrenning.

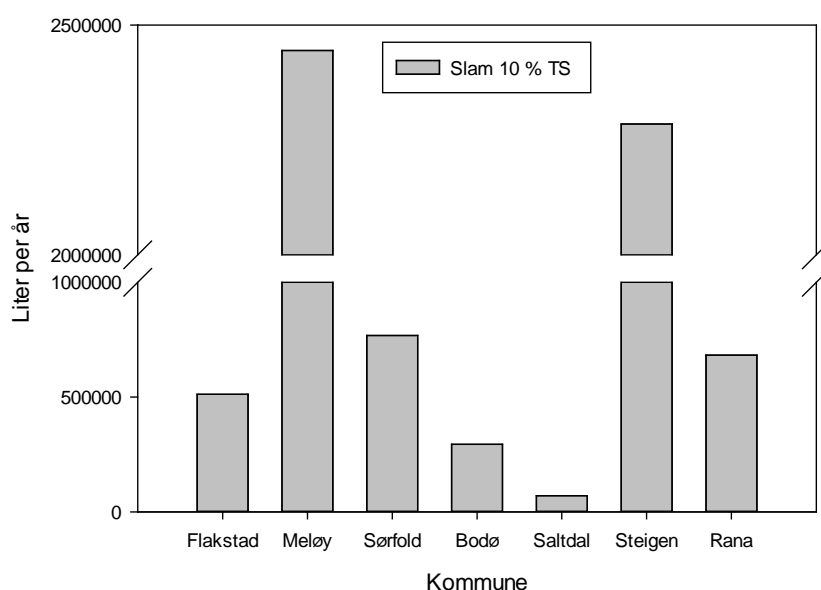
Målet var å identifisere kostnader og realisme i dagens avhendingsalternativer og en eller flere aktuelle nye forbedrede løsninger å gå videre med, for å gjøre slamhåndteringen mer realistisk og lønnsom. Det er deretter nødvendig å bestemme retning for evt. videre prosjektforløp. Finnes det en felles og langsiktig løsning? Hva kan være individuell løsning på kort sikt?

Anleggene som deltar i denne undersøkelsen omfatter 10 anlegg i Nordland og slammengder for disse ble regnet ut. Dermed fungerer teoretiske slammengder som utgangspunkt for innhenting av priser o.l.

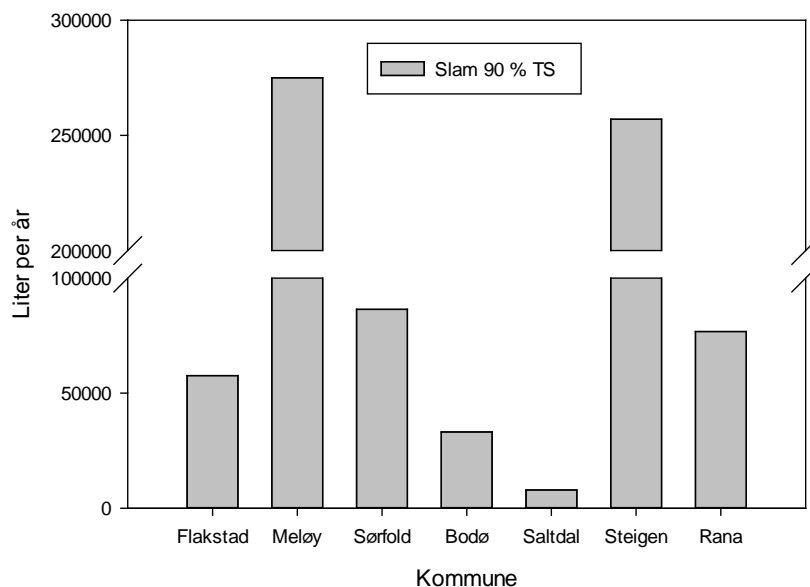
3 Resultat

Resultatet for slammengdene ble fordelt på kommunenivå (**Figur 3-1**). Dette gir kun et bilde på hvor mye slam anleggene i denne undersøkelsen bidrar med.

a)



b)



Figur 3-1: Fordeling av slam per kommune for de 10 anleggene som deltok. a) 10 % tørrstoff og b) 90 % tørrstoff.

3.1 Anvendelse I: Bruk av slam som næring til intensiv produksjon av børstemark i Norge

Slam inneholder mye vann, og har relativt mye næringsalter og verdifulle lipider som bør utnyttes som en ressurs fremfor å bli avfall. Et vanninnhold på 75-90 % taler for rensing på oppdrettsanlegget, og til dette er flerbørstemark (*Polychaeta*) foreslått å være en meget god kandidat (Bischoff et al., 2009, Palmer 2010, Brown et al., 2011). Intensiv produksjon av børstemark kan bidra til å øke ressursutnyttelsen og redusere fotavtrykket fra landbasert oppdrett. Børstemark har høyt innhold av protein og marine fettsyrer og utgjør derfor et potensielt verdifullt fôrråstoff (Olive, 1999, Bischoff et al., 2009). I tillegg så vokser de raskt under optimale miljøbetingelser og deres evne til å omdanne store mengder organiske avfallsstoffer til ny biomasse kan bidra til å redusere miljøpåvirkningen fra oppdrett (Kinoshita et al., 2008, Bischoff et al., 2009).

Flerbørstemark har en rekke anvendelser, og selges i dag som agn, fersk eller frossen som fôr eller som semi-prosessert fôringrediens til produksjon av pellets til reker og en rekke fiskearter. Omtrent 90 % av børstemarken som i dag omsettes på det globale markedet høstes fra naturlige bestander i et omfang som ikke er bærekraftig (Olive, 1999). De resterende 10 % kommer fra kommersielle oppdrettere i Nederland, Wales og USA, som produserer børstemark ekstensivt i store dammer. Fôrprodukter av, eller som inneholder børstemark, er i premium-segmentet når det kommer til kvalitet og har en rekke positive

effekter på oppdrettsarter. De er derfor høyt etterspurt og tilsvarende priset. I dag koster 1 kg våtvekt børstemark rundt 30 US\$ (Brown et al., 2011).

Familien Nereididae utgjør omtrent 550 av de totalt 14 000 til nå beskrevne artene av flerbørstemark på verdensbasis, hvorav 10-12 arter fins i norske farvann. Grønnmark (*Alitta virens*) og broket sjønymfe (*Hediste diversicolor*) er utbredt langs hele norskekysten nord til Helgelandskysten (Moen, 2003, Glasby, 2008), og studier viser at disse artene er gode kandidater for intensiv produksjon av børstemark med bruk av slam fra settefiskanlegg (Bischoff et al., 2009, Brown et al., 2011). Intensiv børstemarkproduksjon er nybrottsarbeid i norsk sammenheng, og for å utvikle industrielle løsninger må utfordringer knyttet til produksjonsbiologi, slamhåndtering, biosikkerhet, produksjonsteknologi, automatisering av prosesser og prosessering av råstoff løses. SINTEF Fiskeri og havbruk har lang erfaring med å ta lavtrofisk produksjon av nye arter i marin akvakultur fra labbskala over til industriell fabrikkkala. Dette gjøres gjennom utvikling av nye produksjons- og kostnadseffektive løsninger som er automatiserte og godt forankret i flerårig grunnforskning. Vi ser derfor et stort fremtidig potensiale i intensiv børstemarkproduksjon. For å lykkes med å gjøre dette til en ny industri i Norge må det ligge et langsiktig forskningsfokus i grunn. SINTEF FH har gjennom interne satsinger påbegynt arbeid med fokus på å øke kunnskap om sammensetning og produksjonspotensial av marine ingredienser fra børstemark.

Biologisk slamrensing vil føre til økt helhetlig utnyttelse av fôrressursene i fiskeoppdrett, reduserte kostnader forbundet med transport og håndtering av slam, samtidig som nye produkter (protein og verdifulle lipider) fra børstemark kan øke verdiskapingen. Ved å kombinere produksjon av børstemark med slamrensing i fiskeoppdrett kan man altså redusere avfallsmengden og øke ressursutnyttelsen ved å produsere høyt etterspurte fôringredienser. Redusert miljøbelastning kan gi økt utslippstillatelse, større produksjon og flere arbeidsplasser ved anleggene.

Konklusjon: Dette er en av strategiene som kan generere et produkt med høy verdi i framtiden. Veien dit er imidlertid noe lengre enn for øvrige løsninger, men tenker man langsiktig er dette verd å undersøke nærmere.

3.2 Anvendelse II: Salg av slam som fôr til ekstensiv børstemarkprodusent i utlandet

Topsy Baits i Nederland ble kontaktet og innledende samtaler tyder på at de finner ideen interessant. De har et godt etablert marked for mark og dersom slam er et rimelig fôralternativ for dem kan dette være en mulighet. De nevner imidlertid at kvaliteten på marken de produserer er svært viktig for deres kunder. Kvaliteten avgjøres i stor grad av hva som går inn i marken av råstoff. Det er derfor ikke ønskelig å føre marken på noe som kan inneholde tungmetaller og andre uønskede sporstoff. Tilstedeværelse og nivå av slikt innhold må kartlegges i detalj dersom dette skal være en vei å gå. Trolig vil man her måtte ta tak i slamkvaliteten fra hvert enkelt anlegg dersom det viser seg at det er store variasjoner i sammensetningen av slam fra de ulike lokaliteter. Her er det et behov for å gjøre ytterligere undersøkelser for å se om man kan si noe om den generelle kvaliteten på avløpslam fra norske settefiskanlegg. SINTEF har tidligere utført en undersøkelse av avløpsvannet fra et knippe settefiskanlegg (Rosten, 2015). Her ble det undersøkt nivåer av blant annet karbon, fosfor og nitrogen. Dette representerer en start på å samle informasjon om

innholdet i avløpsvann. Disse undersøkelsene ser foreslått videreført i en ny runde nasjonale undersøkelser som også omfatter slam (VK-Slam). Dersom man skal bruke slam til produksjoner som krever svært god og stabil kvalitet blir det viktig å opparbeide datasett over tid. Da vil man kunne si noe om kvalitet i forhold til ulike forhold og tidspunkt på året.

Eksport av slam til slike formål er lite utredet, men når det kommer til eksport av slam bør hovedregelen, ifølge Mattilsynet (MT), være «fri flyt» innenfor Europa. Videre sier MT at ut fra en smittevurdering bør eksport av slam fra settefisk være relativt uproblematisk. I Europa innenfor EU/EØS området er smittestatus viktigere enn landegrensener, og norske settefiskanlegg har normalt ikke sykdommer som reguleres av EUs fiskehelse direktiv (2006/88). Mottakerland kan likevel stille miljøkrav (som ikke reguleres av fiskehelseregulverket og MT). Norge er harmonisert med EUs fiskehelseregulverk, men dersom det er snakk om eksport til land utenfor EU vil mottakerland kunne stille egne og andre krav til fiskehelsestatus i et avsenderanlegg. Dette må undersøkes dersom man har en kvalitet på slammet som tilsier at det kan benyttes til produksjon av børstemark. MT sier videre at til land i og utenfor EU er det i utgangspunktet retningslinjene til Verdens dyrehelseorganisasjon (OIE) som bør gjelde, men at MT har erfart at mottakerland utenfor Europa stiller krav som etter MTs vurdering ikke alltid er i samsvar med OIEs retningslinjer. I tilfellet Topsy Baits så er det ca. 270 mil i veiavstand fra Bodø så her må man se på hvilke alternativer som finnes for transport og ta med dette i helhetsvurderingen når man avgjør lønnsomhet.

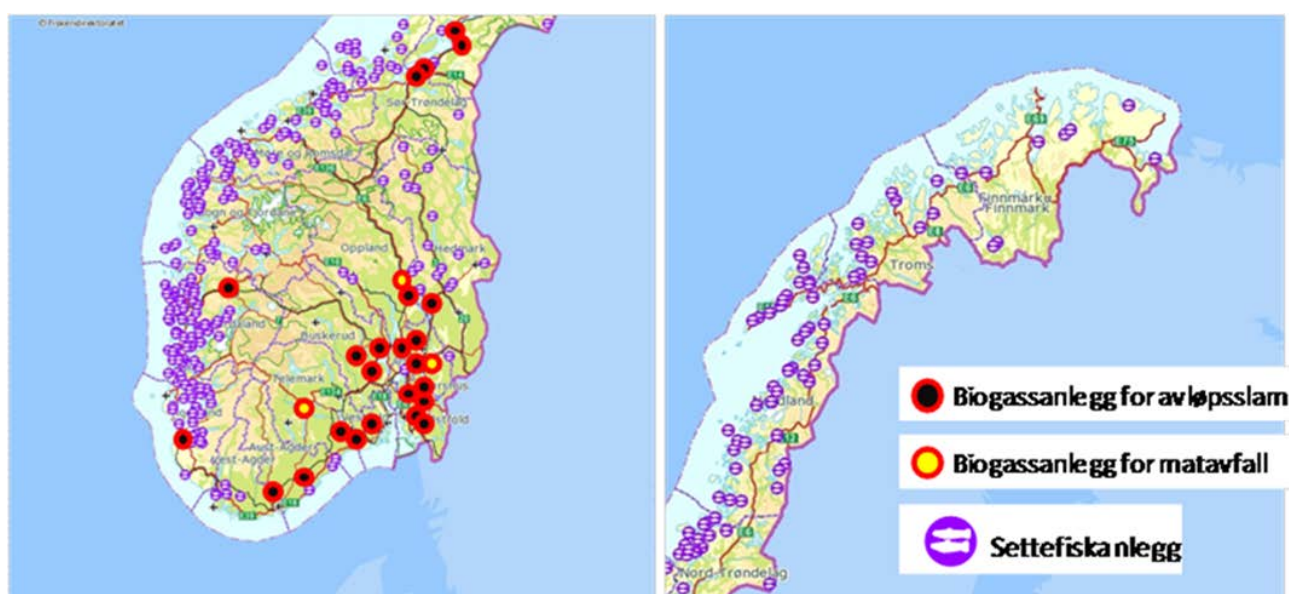
Konklusjon: Eksport av slam kan være en vei å gå, men det er mye informasjon som må hentes inn. Man må blant annet kjenne innholdet i slammet, etablere forretningsforbindelse med mottaker, undersøke importregelverk i gjeldende land og undersøke hvilken pris man kan oppnå for produktet og sammenligne dette med transportkostnadene.

3.3 Anvendelse III: Utnyttelse av slam til biogassproduksjon

Det er i utgangspunktet tre måter å gjøre dette på, det ene er (1) sentrale anlegg som tar imot fra mange oppdrettere. Alternativt kan man etablere (2) lokale anlegg som plasseres enten i regioner med høy tetthet av settefiskanlegg eller man kan se på (3) små biogass anlegg som plasseres på det enkelte settefiskanlegg. Det som er felles for denne bruken av slammet er at det er ønskelig med slam som har et tørrstoffinnhold på maksimum 20 %. Det kan tørkes mer, men da må biogassprodusentene tilføre fuktighet før det kan brukes. Dette vil i tur trolig føre med seg høyere mottakskostnader (gatefee). Det viktigste for lønnsomheten i anlegg som skal drives økonomisk er stabilt og forutsigbart mottak av slam. Det kreves dermed en stor grad av planlegging og leveransedyktighet. Realiteten for biogassanleggene er at de tjener penger på biogassen, men mengden avfall reduseres ikke enormt mye av selve metanproduksjonen. Dermed sitter man igjen med en stor andel restprodukt. Dette er hygienisert og kan trolig utnyttes i større grad til jordforbedring, men dette er i dag ikke noe biogassanleggene tjener penger på. Ved ustabile leveranser, uegnet tørrstoffinnhold og liten forutsigbarhet er man dermed nødt til å ta en gatefee for ikke å tape penger på å ta imot slam fra settefisknæringen. Dersom leveransene profesjonaliseres vil man kunne redusere størrelsen på gatefee etter stabilitet og kvalitet, og kostnadsfri leveranse er trolig framtiden her. I biogassproduksjonen vil trolig også saltinnhold være avgjørende for om slammet er egnet. Ecopro uttaler at deres produksjon er svært ømfintlig for salt og de vil helst ikke ha det, mens på Smøla Klekkeri og

Settefisk har Sterner kommet fram til at prosessen fungerer opp til 5 ppm kloridioner. Hva man kan gjøre med saltslammet bør utredes, men dersom det tørkes ved hjelp av avanning, for så å vannes ut på biogassanleggene er muligens saltinnholdet redusert nok til at det kan inngå i prosessen i blanding med annet råstoff. Dette blir i tilfelle en ny prosess som biogassanleggene må ta inn over seg og se om det er mulig å benytte.

Hovedargumentet mot sentrale biogassanlegg blir trolig transportdistansen, spesielt dersom man ikke skal tørke det på forhånd. Fordelen er derimot at dette allerede eksisterer som en mulighet da det allerede er mottakskapasitet på plass spesifikt for avløpsslam fra oppdrettsnæringen og flere er på vei for å bygge ut denne kapasiteten (**Figur 3-2**). Anleggene til Ecopro på Verdal og Biokraft i Skogn er de to som ligger nærmest oppdrettere i Nordland og begge har sagt seg villig til å motta settefiskslam.



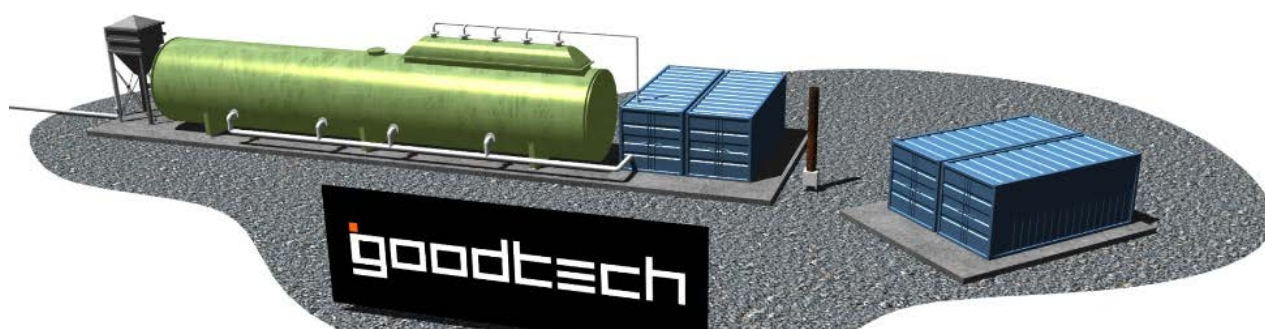
Figur 3-2: Norgeskart med plassering av settefiskanlegg og biogassanlegg (2011). Kilde Blytt et al., 2011.

Biokraft Skogn ønsker langsiktig samarbeid og ser på muligheten for å ta imot settefiskslam av ønsket kvalitet uten gatefee, mens Ecopro foreløpig ser for seg en gatefee på rundt 1000 kroner per tonn. Uansett må oppdretter forholde seg til transportkostnadene. Biogassanlegget til Biokraft ligger mellom 407 og 749 kilometer unna anleggene som er med i denne undersøkelsen. På spørsmål om de kan ta imot alle typer slam uavhengig av saltinnhold og tørrstoffnivå svarer Biokraft at de ønsker å gjøre undersøkelser rundt mengden gass de kan få ut av ulike råvarer. De vil da bruke dette til å vurdere økonomien i det for å kunne si mer om ønsket tørrstoffinnhold. Utgangspunktet er uansett at de skal kunne ta imot vederlagsfritt. De mener også at de skal takle en del salt i slammet, men dette må undersøkes nærmere da salt i tillegg til å påvirke råtneprosessene også kan ha en korrosiv effekt på utstyret.

Diskusjonen rundt lokale anlegg bør være om settefiskanleggene har interesse av å ta investeringskostnaden ved å bygge ut biogassproduksjon på anlegget for så å gjenvinne energien i slammet til bruk i produksjonen. Alternativt så kan flere aktører gå sammen og bygge regionale mottaksanlegg til

produksjon av biogass. Den alternative kostnaden er her relatert til transport til Trøndelag, Retura Iris sier følgende om transport av slam: "En generell regel hos oss er en transportpris på rundt kr 26 pr km, men dette har sitt utgangspunkt i bulkkjøring, med containere og krok bil. Dette forutsetter igjen at slammet ikke er for vått." Her bør det gjøres utredninger på om det er mulig å få lønnsomhet ut av driften av regionale anlegg og hvor store de må være for å oppnå dette. Her vil det være delingen av investeringskostnadene som er den store fordel og det må gjøres utregninger på hvor stor transportkostnad som utgjør grensen for lønnsomhet.

Goodtech undersøker nå muligheten rundt førstnevnte strategi, nemlig å plassere en biogassreaktor på anleggene. Deres system med en behandlingskapasitet på opptil 1000 tonn fôr/år har en investeringskost på 9 millioner som de med sine utregninger mener skal være nedbetalt etter 2-3 år. Input i dette systemet er slam med 10 % tørrstoffinnhold og forbehandlingen består dermed kun av en filterløsning. Slammet går inn i reaktoren og biogassen brukes så til energiproduksjon som så benyttes i anlegget. I tillegg produseres en god del varmeenergi samt at prosessen sitter igjen med en biorest som fortsatt må avhendes (**Figur 3-3**).



Figur 3-3: Skisse av Goodtechs biogassløsning

Sterner Biotek tenker i samme retning med sin uttesting av biogassproduksjon direkte på settefiskanleggene. Det første fullskala anlegget ble bygd ved Smøla Klekkeri og settefisk høsten 2015, det produserer biogass per dags dato og er nå under uttesting (**Figur 3-4**). Selskapet opplyser at de fortsatt er inne i en analyse og uttestingsfase med dette systemet, men at det er planlagt ferdigstilt høsten 2017. Slik det ser ut per i dag håper de likevel på å kunne framskynde dette noe slik at de kan kommersialisere anlegget allerede senhøsten 2016.



Figur 3-4: Bilde av Sterners biogassløyfe

Konklusjon: Dette er en løsning med mange variasjoner og idétilfang. Det virker som det mest nærliggende alternativet er å kjøre slammet til mottak i Trøndelag. Det er derimot ikke sikkert at dette er den mest egnede løsningen på sikt for oppdrettere fra Nordland. Andre lokale løsninger/alternativer må verifiseres før man kan ta stilling til dette i en alternativ kost betraktning.

3.4 Anvendelse IV: Produksjon av gjødsel

Slam fra oppdrettsanlegg har et innhold som gir en god gjødselklasse (**Tabell 3-1**), og muligheten for å benytte det som jordforbedringsmiddel er tilstede. For å få verdier ut av denne strategien bør man produsere et produkt som kan markedsføres på kvalitet og/eller som økologisk, eller ha lave investerings og driftskostnader.

Tabell 3-1: Krav til innhold av tungmetaller i de ulike gjødselkvalitetsklassene i hht. Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav

1. Tungmetaller

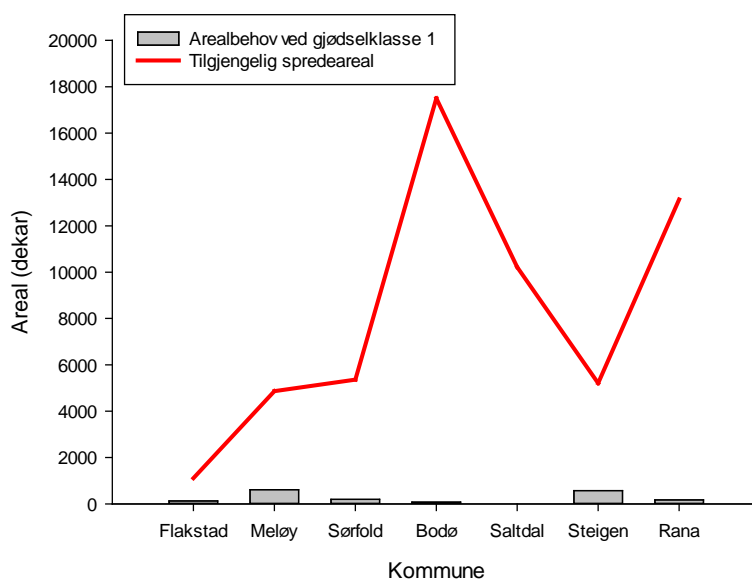
Følgende maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller angitt i mg/kg tørrstoff (totalinnhold) gjelder:

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	80	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

Spredning på lokalt landbruksareal er et alternativ som allerede er tatt i bruk av flere anlegg som har denne muligheten i nærområdet. For Nordland sin del kan dette være et alternativ for flere (**Figur 3-5**).

De ulike kommunene med settefiskanlegg ble kontaktet i et forsøk på å avdekke tilgjengelig lokalt spreddeareal. Langt fra alle kom med konkrete svar på denne henvendelsen, men inntrykket er at det er svært begrenset areal som er tilgjengelig etter at det er gjort fratrekk for det som i dag brukes til spredning av annet husdyrgjødsel. Det er også sannsynlig at en slik løsning kan bli utfordrende logistikkmessig for enkelte og det vil ikke være et produkt man får betalt for. For de som har muligheten til å kvitte seg med slammet på denne måten er det derimot en god løsning og anleggene bør undersøke denne muligheten før det gjøres store investeringer på prosessering av avløpsvannet.

Gjødselproduksjon kan også undersøkes som en del av biogasskjeden da man sitter igjen med en varmebehandlet og hygienisert biorest etter fullført prosess. Denne er trolig egnet til blanding med andre komponenter for å lage et fullverdig jordforbedringsmiddel. Per i dag er ikke dette noe de store biogassanleggene får betalt for ifølge Ecopro.



Figur 3-5: Arealbehov for settefiskanleggene som er med i denne undersøkelsen i forhold til tilgjengelig spredeareal i de ulike kommunene.

Statistisk sentralbyrå har en landbrukstelling fra 2010 som viser at de kommunene anleggene i denne undersøkelsen ligger i har en god del tilgjengelig spredeareal (**Tabell 3-2**). Usikkerheten blir tilgjengelighet og om alt kan brukes til slamspredning.

Tabell 3-2: Oversikt over spredeareal i hjemkommunene til settefiskanleggene som deltar i denne undersøkelsen

Kommune	Antall jordbruksbedrifter	Totalt fulldyrket areal (dekar)	Totalt spredeareal med husdyrgjødsel (dekar)	Teoretisk tilgjengelig spredeareal (dekar)	Behov for Spredeareal fra settefisk i kommunen*
Bodø	80	28 862 (2008)	11 360 (2010)	17 502	74
Rana	102	25 586 (2008)	12 450 (2010)	13 136	171
Meløy	58	13 636 (2008)	8 772 (2010)	4 864	611
Saltdal	38	13 040 (2008)	2 822 (2010)	10 218	18
Sørfold	13	6 190 (2008)	831 (2010)	5 359	192
Steigen	81	19 690 (2012)	14 483 (2010)	5 207	571
Flakstad	16	2 491 (2008)	1 384 (2010)	1 107	128
Totalt	388	109 495	52 102	57 393	1765

* Tallet er regnet ut fra mengde tørrstoff i slam per år og utgangspunktet er at man oppnår gjødselkvalitetsklasse 1 og dermed får tillatelse til å spre 400 kg tørrstoff/dekar/år. Tallene er kun regnet ut for settefiskanleggene som deltar i denne undersøkelsen, det reelle kravet til spredeareal kan derfor være høyere.

En god del areal er altså tilgjengelig, men ikke all jord vil være like aktuell til dette formålet på grunn av beliggenhet, tilstand og bruk. Spredningen av slam som gjødsel krever at slammene nedmoldes straks og senest 18 timer etter spredning, dermed er all overflatedyrket mark uaktuell (Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav). Videre heter det at produkter som inneholder slam ikke kan spres på areal der det dyrkes grønnsaker, poteter, bær eller frukt. Slam må heller ikke spres i eng eller brukes i gartnerier. I private hager, parker, lekeareal og lignende må slam bare brukes som del av et dyrkingsmiddel. Trenden er også at antall dekar fulldyrket areal går noe ned etterhvert som deler av jordbruket avvikles. De fleste tallene i tabellen er fra 2008, eneste kommune som leverte noe mer oppdaterte tall var Steigen som oppga 2012 tall. Tall fra 2008 i Steigen viste 24 361 dekar fulldyrket areal, altså en nedgang på 4671 dekar på fire år. Med de gitte begrensningene og med tenkte utvidelse av settefiskkapasiteten framover vil denne løsningen trolig ikke være den beste på lang sikt.

Også innen gjødselproduksjon finnes det initiativ som ser på muligheten for å plassere enheter på settefiskanleggene for å produsere høyverdi gjødselkomponenter for salg direkte fra anleggene. Er dette av god kvalitet og rettes mot privatmarkedet er det mulig man kan skape verdier av det. Her er det danske firmaet Pyrogas et eksempel på en aktør som er i startgropa og som mener at de skal klare å levere en løsning som vil gi bedre lønnsomhet enn borttransport av slammene til alternativ avhending. Dette er basert på at man plasserer komposteringsenheter på anleggene, denne prosessen produserer nok varme til at produktet regnes som hygienisert. Her er det nødvendig med omfattende uttesting.

En annen mulighet er også her å opprette regionale aktører for mottak av slam. Ett eksempel på en slik aktør i Nordland er K2 Nord som per i dag har anlegg med kapasitet på ca. 12 000 tonn, med mulighet for å ta 60 m³ per leveranse. Dette anlegget er ikke igangsatt per i dag og det vil være behov for samarbeidspartnere for å starte et utviklingsløp dersom dette skal komme videre. Her er saltinnhold noe problematisk, men det lar seg ordne ved at det blandes ut med annet avfall. Videre er det ønskelig med så høyt tørrstoffinnhold som mulig. Dette firmaet skal produsere gjødsel, jord og jordforbedringsmidler primært i klasse 0, altså den beste. Dette anlegget ligger i Holandsvika i Vefsn kommune noe som gir transportavstander på vei fra 79 til 420 km for anleggene som deltar i denne undersøkelsen. Her er eneste krav til tørrstoffinnhold at det bør ligge fra ca. 20 % og oppover, så her kan man tørke etter det som gir lavest total kostnad inkludert transport.

Nibio har utført tester med bruk av slam fra ferskvannsoppdrett som plantegjødsel med lovende resultat (Brod, E., 2015). Fokus på gjenbruk av begrensede ressurser er et viktig framtidsperspektiv og representerer en mulighet for settefisknæringen til å ligge i forkant av forventninger og eventuelle krav som kommer. Dette vil trolig kunne ha en omdømmeeffekt og vil på den måten kunne bidra til økonomi gjennom økt salg. Ved sammenligning av havbruksnæringen med landproduksjon viser det seg at oppdrettsnæringen står for størstedelen av fosfor utslippet som foregår per i dag (Hamilton et. al, 2015). Dette vil utgjøre enda mer dersom oppdrettsnæringen nå skal vokse inn i framtiden. Undersøkelsen utført av Nibio og NTNU ser på oppdrettsnæringen som en helhet, slik at tallene for settefisknæringen vil være mye lavere. Likevel er det viktig å starte et sted for å bevise at det er mulig å samle opp og produsere noe som sørger for gjenbruk av fosforet for å ta ansvar for framtidig global matproduksjon.

Konklusjon: Jordforbedringsmiddel er i utgangspunktet produkter man kan få avsetning på og eventuelt noe betalt for. Dette representerer derfor en reell anvendelsesmulighet man allerede kan ta i bruk. Selv om det ikke gir økonomisk gevinst å gi slammet videre til jordbruker, så gir det en grad av gjenbruk og bidrag til grønn bioøkonomi. Skal man skape verdier ytterligere må produktet bearbeides før det kommer ut på markedet som for eksempel gjødsel pellett ell.. Men egenskapene som fullverdig gjødselprodukt har fortsatt behov for utvikling, uttesting og dokumentasjon av teknologi og kvalitet.

3.5 Anvendelse V: Slam som innsatsfaktor i andre produksjoner

Avløpsslammet kan tenkes å inngå som et element i produksjonen av betong, dette kommer som et signal fra industrien selv. Kriteriene er at slammet har høy brennverdi eller at det installeres et tørkesystem ved mottaksanlegget. Dette vil koste mottaker både i utvikling og investering noe som vil resultere i en gatefee deretter. Leveres derimot slammet som et tørrstoff med god brennverdi er det aktuelt å få betalt for det, men da må tørkesystem installeres på settefiskanlegget. Uansett valg av strategi vil det dermed påløpe ekstrakostnader for oppdretter, men undersøkelser rundt brennverdi kan med fordel gjennomføres da slam kanskje kan gi en god nok brennverdi allerede ved 20 % tørrstoffinnhold. Norcem og Heidelberggruppen svarte at de har sett på mottak av slam fra havbruk og at dette kan være aktuelt for dem. De har en fabrikk i Kjøpsvik som trolig vil være beste alternativ med tanke på slammet fra Nordland. Dette gir en transportdistanse på vei mellom 88 og 323 km for de deltagende anleggene. Ved bruk inn i denne produksjonen er det kun utnyttelsen av energi utløst ved forbrenning som er av interesse. Slammet vil brennes på opptil 1400 grader, noe som vil gi total destruksjon og dermed ingen rest man må hankses med. Det mest nærliggende i denne sammenheng virker å være tørking av slammet ved anleggene for deretter å levere brennbart slam til et regionalt samlingspunkt. I dette tilfellet vil det ikke være snakk om noen form for gjenbruk av råstoffene i slammet da alt forsvinner, dermed kan man diskutere verdien av bærekraften i en slik løsning. Det er derimot en brukbar løsning for de anleggene som har slam med høyt innhold av eksempelvis tungmetaller som er uønsket inn i øvrige produksjonsalternativer.

Konklusjon: Dette er et alternativ som kan benyttes av de som allerede har eller vil installere systemer for å tørke slammet til et tørrstoffinnhold som gir god brennverdi.

3.6 Anvendelse VI: lokal /regional forbrenning av slam

For de som har oppsamling i dag og lang distanse til gjenvinningsstasjoner, er etablering av et forbrenningssystem på anleggene tilsynelatende en mulig vei å gå. Her er det interesse for å gjøre undersøkelser rundt verdien av oppsamlingen fra et bærekraftperspektiv. Hvilken strategi gir minst fotavtrykk av oppsamling sammenlignet med utslipp til sjø. Førstnevnte bør deles opp i ulike bruksområder for slammet og undersøke hver enkelt for seg. Forbrenning er nødvendigvis avhengig av at slammet på et tidspunkt tørkes, det er dermed trolig mest aktuelt som en lokal strategi for å gjenvinne noe av energien i slammet til varme for enten å tørke mer slam eller varme opp vann til produksjonen. Etablering av regionale forbrenningsanlegg er trolig mindre aktuelt da det er vanskelig å se at dette skal gi lønnsomhet for noen av de involverte partene.

Konklusjon: Dette alternativet virker som en nærliggende løsning for de som tørker slammet. Hovedmålet blir å redusere massen av det tørkede slammet og samtidig kanskje utnytte varmen som genereres. En utfordring er at man vil ha mest varme tilgjengelig når slamproduksjonen i anlegget er størst, typisk i varme måneder.

4 Samlet vurdering

Bruken av slam er fortsatt et umodent felt i oppdrettsnæringen, men mange begynner å få øynene opp for tematikken og det jobbes svært aktivt med å finne løsninger (**Tabell 4-1**). Dette vil forhåpentligvis medføre et økt fokus fra virkemiddel apparatet på gode prosjekter med avløpsslam som fokus. Alle de ovennevnte løsningene er områder det jobbes med, i tillegg finnes det initiativ på utnyttelse også av løste næringsalter i avløpsvannet (Aquaponics). Sistnevnte går i hovedsak på dyrking av planter og alger. Det vil høyst sannsynlig være grunnlag for noe ulike valg av løsning ettersom hvilke muligheter som befinner seg i nærheten av anlegget. Dette skyldes at transportkostnader foreløpig utgjør en betydelig del av kostnadsbildet for en del av løsningene.

Tabell 4-1: Utnyttelse av slam fra settefisk etter bruksområde og antatt modenhet

Hva	Når	TS %	Kommentar
Gjødsel (lokal spredning)	Nå	10 - 90	Tilgjengelig for de som har samarbeid med lokal jordbruker
Gjødsel (høyverdi for salg)	1-2 år	20 – 90	Gir trolig noe høyere verdi på kortere sikt enn børstemark
Biogass lokalt/regionalt	1-2 år	10 – 20	Forsøk igangsatt
Biogass nasjonalt	Nå – 1 år	20	Forsøk igangsatt
Biogass + gjødsel	2-3 år	20	Naturlig trinn 2 i biogassutredningen
Børstemark utland	1 år	10 – 90	Mottaker må identifiseres og slamprøver tas, forretnings samarbeid etableres.
Børstemark Norge	5 år	10 – 90	Kan gi høy verdi, men krever et omfattende forsknings- og utviklingsløp
Forbrenning	Nå	20 - 90	Varmegjenvinning
Andre løsninger	Nå	Høy brennverdi (20 - 90)	Sementproduksjon

Et tilbakevendende element er manglende karakterisering av slam fra settefiskanlegg. Det finnes noe data fra enkeltlokaliteter, men lite som sier noe om fellestrekk ved settefiskslammet og hvilken kvalitet man kan forvente. Dette er et naturlig steg for å komme videre med utredningen av hvilke muligheter man har for utnyttelse av slammet.

Vi kan ikke forkaste hypotesen om at spredning av slam på lokalt jordbruksareal i Nordland er en mulig strategi. De tilgjengelige data vi fant i denne undersøkelsen tyder på at det i teorien finnes tilgjengelig areal for å ta unna de mengder slam som produseres.

Hypotesen om at det finnes tilgjengelig teknologi for oppsamling og håndtering av slam viser seg langt på vei å stemme. Flere systemer er under uttesting og de kan etterhvert bestilles fra leverandør. Disse er designet for å tørke slammet i varierende grad, men har fortsatt et restprodukt man må kvitte seg med. Dersom utgangspunktet er salt slam som anvendes etter begrenset avvanning eller dominerende bruk av tørking kan det være et problem for avtaket og anvendelsen. Salt fjernes som kjent best ved å avvanne vannfasen der NaCl i stor grad er oppløst, ikke ved inndampning av slammet i reaktorer.

Hvilken strategi man bør velge er avhengig av lokale forhold, nærhet til avtakings muligheter og alternative kost betraktninger. Til sist bør det være en avgjørelse basert på hva man ønsker å oppnå. Vil du bare bli kvitt slammet? Vil du skape verdier? Vil du øke graden av gjenbruk og bidra til et annet miljøregnskap? Det første er nok det enkleste, men også det minst framtidsrettede. Tanken til oppdretter kan med fordel være å forsøke å komme seg i forkant av kommende krav. Det ligger i kortene at det vil komme krav til bruken av slammet, når oppsamling først er foretatt.

5 Referanser

Bischoff A, Fink P, Waller U, 2009. The fatty acid composition of *Nereis diversicolor* cultured in an integrated recirculated system: Possible implications for aquaculture. *Aquaculture* 296, 271–276.

Brod E. (2015) Referert i NIBIO artikkel av Kathrine Torday Gulden publisert 19.10.2015 lastet ned fra: <http://www.nibio.no/nyheter/store-fosfortap-i-norsk-akvakultur>.

Brown N, Eddy S, Plaud S, 2011. Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed Source for the polychaete worm, *Nereis virens*. *Aquaculture* 322-323, 177–183.

Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (FOR-2003-07-04-951) Landbruks- og matdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet. Lastet ned fra Lovdata.no.

Glasby, C. (2008). *Alitta virens* (M. Sars, 1835). In: Read, G.; Fauchald, K. (Ed.) (2015) World Polychaeta database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/polychaeta/aphia.php?p=taxdetails&id=234851> on 2016-04-04

Glasby, C. (2008). *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776). In: Read, G.; Fauchald, K. (Ed.) (2015) World Polychaeta database. Accessed at <http://www.marinespecies.org/polychaeta/aphia.php?p=taxdetails&id=152302> on 2016-04-04

Hamilton H.A, Brod E, Hanserud O.S, Gracey E.O, Vestrum M.I, Bøen A, Steinhoff S, Müller D.B. and Brattebø H. (2015) *Investigating Cross-Sectoral Synergies through Integrated Aquaculture, Fisheries, and Agriculture Phosphorus Assessments – A Case Study of Norway*.

Kinoshita K, Tamaki S, Yoshioka M, Srithonguthai S, Kunihiro T, Hama D, Ohwada K, Tsutsumi H, 2008.

Bioremediation of organically enriched sediment deposited below fish farms with artificially mass-cultured colonies of a depositfeeding polychaete *Capitella* sp. I. *Fish. Sci.* 74, 77–87.

Moen, Frank Emil (2003). *Dyreliv i havet - Nordeuropeisk marin fauna* (3 utg.). Kristiansund: KOM Forlag. ISBN 82-90823-54-1

Olive PJW, 1999. Polychaete aquaculture and polychaete science: a mutual synergism. *Hydrobiologia* 402, 175–

183.

Palmer PJ, 2010. Polychaete-assisted sand filters. *Aquaculture* 306, 369–377.

Rosten, T.W. (2015) Karakterisering av avløpsvann fra norske landbaserte settefiskanlegg. *VANN 03* 2015. pp 267 – 277.

Rosten, T.W., Azrague, K. & Toldnes, B. (2013) Primærrensing og aktuelle løsninger for slambehandling i norske settefiskanlegg. Rapport fra arbeidspakke II i "Slambehandlingsløsninger for settefiskanlegg." SINTEF Fiskeri og havbruk AS, rapportnr: A24445, ISBN: 978-82-14-05635-8.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no