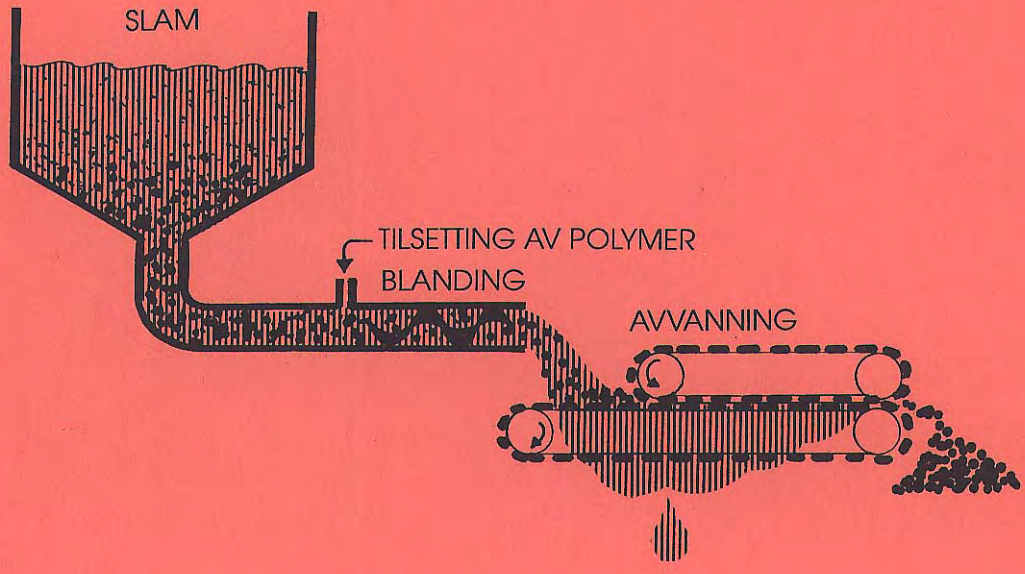




O-86085

Behandling av slam fra settefiskanlegg



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Prosjektnr.:

0-86085

Undernummer:

Løpenummer:

2409

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
Behandling av slam fra settefiskanlegg	23. mars 1990
Forfatter (e):	Prosjektnummer:
Helge Liltved, NIVA Øistein Vethe, JORDFORSK	0-86085
	Faggruppe:
	Geografisk område:
	Norge
	Antall sider (inkl. bilag):
	17

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
NLVF/JORDFORSK	

Ekstrakt:

Som en del av prosjektet "Tiltak mot forurensning fra akvakultur" i regi av Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd har Norsk institutt for vannforskning utført forsøk med slam fra et settefiskanlegg. Ved hjelp av standard tester ble det funnet fram til en polymerkvalitet som var egnet for kondisjonering av slammet, slik at dette kan avvannes og behandles videre, f.eks. i en komposteringsprosess. Innholdet av enkelte tungmetaller, i første rekke kadmium, var foruroligende høyt med tanke på bruk av dette slammet som jordforbedringsmiddel.

4 emneord, norske:

1. Akvakultur
2. Forurensningskontroll
3. Slambehandling
4. Slamkondisjonering

4 emneord, engelske:

1. Aquaculture
2. Pollution control
3. Sludge treatment
4. Sludge conditioning

Prosjektleder:

Helge Liltved
.....
Helge Liltved

Kjell Øren
.....
Kjell Øren

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland
.....
Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1708-8

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side
SAMMENDRAG	2
1. INNLEDNING	3
2. MATERIALER OG METODER	6
3. RESULTATER	11
4. DISKUSJON	14
5. KONKLUSJON	16
6. REFERANSER	17

SAMMENDRAG

Som en del av prosjektet "Tiltak mot forurensning fra akvakultur" i regi av Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd (NLVF) har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utført forsøk med slam fra et settefiskanlegg. Målsetningen med forsøkene var å finne fram til egnede kjemikalier for kondisjonering av slammet slik at det kan avvannes mekanisk. Etter avvanning vil slammet være bedre egnet for transport og bruk som jordforbedringsmiddel eller til kompostering. Slammet ble analysert på fysiske og kjemiske parametere for å vurdere bruksverdien som jordforbedringsmiddel.

Forsøkene ble utført ved Gjerdavågen Fiskeoppdrett på Bømlo i Hordaland i månedskifte november/desember 1989.

Ved hjelp av en standard test (Capillary suction time test) ble det funnet fram til en polymerkvalitet som ga god kondisjonering og gjorde slammet egnet for mekanisk avvanning. Det ble også vist v.h.a. en "Standard shear test" at slammet etter kondisjonering tåler i tilstrekkelig grad en mekaniske belastningen i samme størrelsesorden som den det blir påført ved pumping til en avvanningsenhet.

Etter fortykking inneholdt slammet 3.8 % tørrstoff. Etter kondisjonering med polymer og drenering av vann i ca. 1 minutt gjennom silduk inneholdt slammet 9.4 % tørrstoff.

Analysene viste at slammet er svært rikt på nitrogen, noe som kan føre til et betydelig nitrogentap ved lagring og behandling av slammet. Lavt karbon/nitrogen forhold gjør det nødvendig å tilsette karbon i form av bark, halm, torv el.l. for å unngå nitrogentap ved kompostering.

I forhold til de fleste typer kloakkslam var balansen mellom fosfor og nitrogen gunstig med tanke på bruk som jordforbedringsmiddel, f.eks. i kornproduksjon eller på engarealer. Basert på fosforinnholdet i det kondisjonerte slammet anbefales en mengde på ca. 2.5 tonn slam pr. dekar pr. år. Slammet bør moldes ned for best utnyttelse og minst mulig tap av næringstoffer.

Innholdet av enkelte tungmetaller, i første rekke kadmium, var høyt med tanke på bruk i landbruket. Sammenliknet med de sparsomme analyseresultatene som foreligger av slam fra andre norske oppdrettsanlegg, var disse verdiene unormalt høye. En undersøkelse som inkluderer grundig karakterisering av ulike typer oppdrettslam bør gjennomføres før oppdrettslam anvendes i landbruket i stor skala.

1. INNLEDNING

Ved oppdrett av fisk vil det alltid bli produsert organisk materiale og næringsalter som overskudds- eller avfallsprodukter. Uten at det blir satt inn tiltak for å ta hånd om dette, vil det havne i resipienten hvor gjødslingseffekter og økt oksygenforbruk kan bli resultatet. Det arbeides nå med å redusere utslipp til vann og sjøområder. For oppdrettsnæringen betyr dette nye utfordringer, og det kreves betydelig FoU innsats for å kunne sette i verk effektive tiltak mot forurensning.

I dag er det silduksystemene som er dominerende for rensing av avløpsvann fra norske settefiskanlegg. Et av disse systemene er Unik Hjulfilter som er utprøvd for partikkelfjerning i settefiskanlegg av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (Liltved, 1988). Et annet silduksystem er Triangelfilteret. Renseeffekten av dette er målt av NIVA ved Akvaforsk på Sunndalsøra (Langåker, 1988). Triangelfilteret har også vært testet av andre (Makinen m. fl. 1988). Et tredje system er Algas Microfilter. Dette er utprøvd for partikkelfjerning i settefiskanlegg av NIVA (Ohren, 1987).

Hovedkonklusjonene fra rapportene er følgende:

- Under normal drift er konsentrasjonene av suspendert stoff (SS), organisk stoff (TOC), fosfor (tot-P) og nitrogen (tot-N) svært lave sammenliknet med f.eks. kommunalt avløpsvann. I disse periodene er det vanskelig å oppnå høye rensingseffekter ved bruk av silduksystemer. Under vask/sjokktapping av karene frigjøres mye sedimentert materiale og begroingsprodukter som bakterie/sopp-kolonier. I disse periodene er konsentrasjonene i utløpet høye og rensingseffekter over 90 % for de nevnte parametere kan oppnås. Erfaringer fra de nevnte undersøkelsene tyder på at dagens systemer totalt kan fjerne 40 - 50 % SS, 40 - 50 % TOC, 20 - 30 % fosfor og 15 - 20 % nitrogen. Rensingseffektene vil i stor grad være avhengige av driftsrutiner i anlegget, i første rekke foringsrutiner, og utforming av kar og avløpsystem. Ved optimalisering av settefiskanlegget og driftsrutiner m.h.p. rensing, og optimalisering av silduksystemene for å oppnå høye rensingseffekter (lysåpninger i silduker og riktig slamhåndtering), vil resultatene kunne bedres.

Flere steder er det registrert redusert begroing som følge av redusert utslipp av organisk materiale og næringsalter rundt utslippstedet etter at silduksystemer er installert. Med silduksystemer på avløpsvannet unngår man også estetiske problemer som slamansamlinger og flyteslam nær utslippsområdet. Silduksystemer vil i tillegg

effektivt hindre rømming av fisk gjennom avløpet.

I framtiden vil en rekke settefiskanlegg bli pålagt partikkelfjerning av forurensningsmyndighetene. Et av problemene som gjenstår å løse er slambehandling og slamdisponering. Dagens silduksystemer for partikkelfjerning gir et svært tynt slam. Idag har man ingen gode metoder for behandling og bruk av dette slammet.

Gjennom prosjektet i regi av NLVF, "Tiltak mot forurensning fra akvakulturanlegg", er en av målsetningene å komme fram til metoder for behandling og bruk av slam fra oppdrettsanlegg. Senter for jordfaglig miljøforskning (JORDFORSK) har i løpet av prosjektperioden utviklet en reaktor for kompostering av død fisk og annet avfall fra oppdrettsnæringen (Vethe, 1988). Det er imidlertid også aktuelt å behandle slam fra oppdrettsanlegg i en slik reaktor. JORDFORSK har gjort komposteringsforsøk i en laboratoriereaktor og fullskala frilandskompostering i haug med slam blandet med bark. Begge forsøkene ga vellykket resultat (Vethe, 1988). For å utføre reaktorkompostering kreves imidlertid et visst tørrstoffinnhold i slammet. For å oppnå dette må slammet fra settefiskanlegg fortykkes i en oppsamlingstank og avvannes mekanisk.

Fortykking

Ved rensing av vann fra settefiskanlegg i silduksystemer vil slamvannet fra sildukene være svært tynt. Dette må derfor fortykkes i en sedimenteringstank med kon bunn. Slam som tappes fra bunnen av denne konen kan behandles videre i en avvanningsprosess for å øke tørrstoffinnholdet. For mekanisk avvanning (sentrifugering, pressing mellom silduker eller ved gravitasjon) kreves det at slammet er kondisjonert.

Kondisjonering

Kondisjonering er en fysisk eller kjemisk behandling av slam for å bedre avvanningsegenskapene. Slammets struktur forandres til en porøs masse som lett slipper vannet gjennom.

Den vanligste form for kondisjonering er bruk av kjemikalier som f.eks. jern- og aluminiumsalter, kalk eller organiske polymerer. I forsøkene her ble det valgt å benytte organiske polymerer da det er oppnådd gode resultater med disse på andre typer slam. Organiske polymerer er også gunstige med tanke på viderebehandling i en komposteringsprosess eller direkte bruk som jordforbedringsmiddel. Kalk-kondisjonering kan være interessant dersom slammet skal brukes

direkte på jordarealer, da jorda ofte trenger et kalktilskudd. Kalken gir også en foreløpig stabilisering av slammet og derved luktreduksjon.

Organiske polymerer for kondisjonering av fortykket slam består av langkjedede molekyler som kan ha ulike ladninger (kationiske, anioniske eller nøytrale). Riktig type polymer vil binde sammen slampartiklene til en mer kompakt og porøs masse, mens klarfasen (vannet) lett lar seg skille fra. Filtrerbarheten vil øke og slammet lar seg lettere avvanne mekanisk.

Avvanning

Avvanning er en prosess for å redusere slammets vanninnhold. Lavt vanninnhold og høyt tørrstoffinnhold vil gi volum- og vektreduksjon. Dette er en fordel med tanke på transportkostnader og viderebehandling, f.eks. kompostering. Alternative avvanningsformer kan være sentrifugering, filterpressing eller avvanning i tørkesenger. Ved sentrifugering og avvanning i filterpresser kan tørrstoffinnhold på 20 - 30 % oppnås. Ved å anvende slammet på tørkesenger (seng av grus og sand) vil drenering og fordampning føre til at tørrstoffinnholdet kan komme opp i 20 %.

Stabilisering

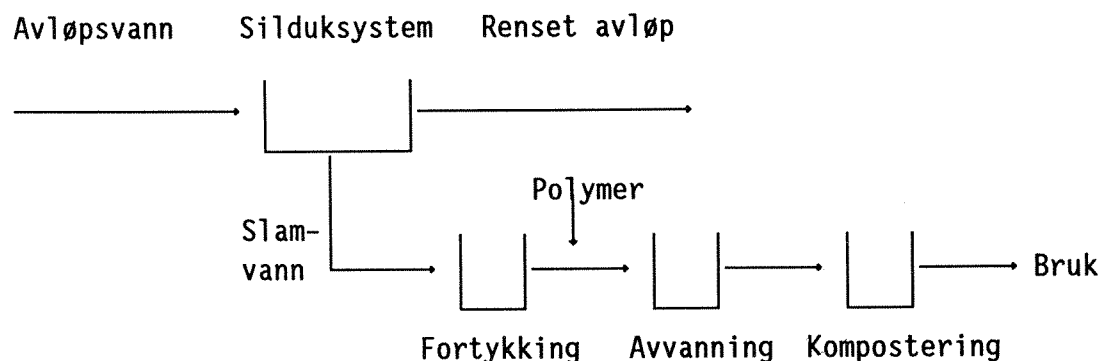
Stabilisering er en prosess for å bedre slammets kvalitet. Dette innebærer at man stanser eller reduserer den biologiske aktiviteten enten midlertidig eller varig. Stabiliseringen vil redusere antallet mikroorganismer i slammet og redusere luktproblemene.

Stabiliseringen kan skje biologisk ved at slammet brytes ned aerobisk eller anaerobisk. Den biologiske aktiviteten kan også reduseres eller stanses midlertidig kjemisk eller termisk (kalkbehandling eller pasteurisering).

En biologisk stabiliseringsprosess som kan anvendes på avvannet slam er kompostering. Prosessen kan kjøres i en reaktor (reaktorkompostering) eller i hauger på åpen mark (frilandskompostering). I prosessen vil organisk materiale brytes ned til karbondioksyd og vann under tilførsel av oksygen. Prosessen utvikler varme. Ferdig kompost vil være stabil, ha høyt tørrstoffinnhold og egne seg godt som jordforbedringsmiddel.

Figur 1 viser hvordan partikkelfjerning og slambehandling i et settefiskanlegg kan foregå. Nødvendigheten av komposteringsprosessen

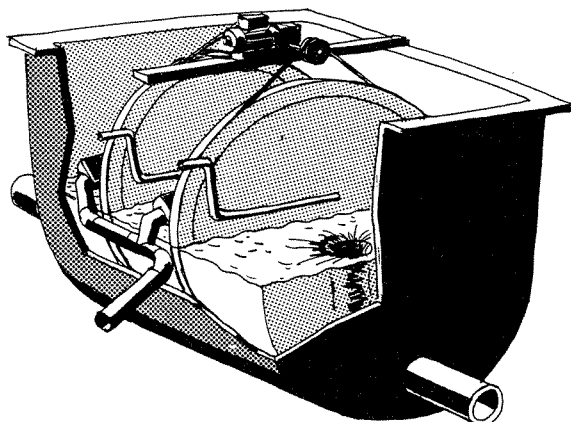
bør vurderes i forhold til aktuelle disponeringsformer. Etter avvanning kan slammet sannsynligvis brukes direkte som jordforbedringsmiddel. Det kan oppstå luktproblemer ved bruk av avvannet slam som ikke er stabilisert.



Figur 1. Flyteskjema for partikkelfjerning og slambehandling.

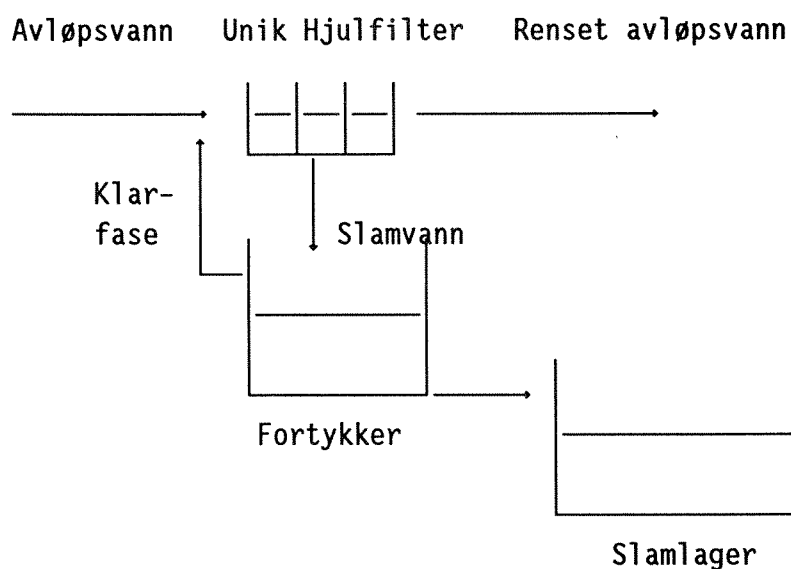
2. MATERIALER OG METODER

I løpet av 1989 har NIVA gjennomført forsøk med fortykking og kondisjonering av slam med tanke på avvanning. Forsøkene ble utført ved Gjerdavågen Fiskeoppdrett på Bømlo hvor det er installert 3 stk. Unik Hjulfiltere type 900 for rensing av avløpsvannet. Et Hjulfilter består av to stk. silduker med forskjellige lysåpninger spent opp på sirkulære rammer med diameter 1 meter. Hjulene står halvt nedsenket i kar. Det innkommende vannet passerer sildukene. Partikulært materiale blir liggende igjen på dukene, blir løftet opp av vannfasen av den roterende bevegelsen, spylt ned i avløpsrenner og ført til slamfortykker. Her skal slammet synke til bunns mens klarfasen skal legge seg over. Hjulfilteret er beskrevet og utprøvd av NIVA (Liltved, 1988). Figur 2 viser et Unik Hjulfilter med innløp på venstre side, utløp på høyre side og avløp for spylevann (slamvann) på midten.



Figur 2. Snitt gjennom et Unik Hjulfilter.

Fortykkeren i anlegget ved Gjerdavågen hadde overløp hvor klarfasen ble ledet tilbake til innløpssiden på filterene. Fortykket slam kunne tappes til en utvendig kum for lagring (slamlager). Figur 3 viser hvordan renseanlegget var bygget opp.



Figur 3. Renseanlegget ved Gjerdavågen Fiskeoppdrett - flyteskjema

Følgende data ble notert om settefiskanlegget og renseanlegget:

SETTEFISKANLEGGET

Antall fisk:	Ca. 500 000 stk.
Fiskestørrelse:	30 - 35 gr. i gjennomsnitt
Biomasse i anlegget:	Ca. 16 000 kg
Type for:	Felleskjøpet, 2 mm
Forfaktor:	Normal
Medisinering:	Formalin ble brukt sporadisk mot costia

RENSEANLEGGET

Type silduksystem:	3 stk. Unik Hjulfiltere type 900
Vannmengde:	Ca. 12 000 l/min
Duktyper:	600 μ m og 355 μ m m/vannspyling
Slamvannmengde:	Totalt ca. 45 l/min
Volum fortykker:	1 000 l
Tid siden tømning:	Ca. 2 mnd.
Volum slamlager:	6 000 l

Slam til forsøkene ble hentet fra fortykkeren etter omblending. Dette slammet (råslammet) viste seg å være for tynt med tanke på kondisjonering. Slammet ble derfor satt til ytterligere fortykking i ca. 2 timer i en 20 liter beholder. Dekantvannet ble tappet av mens det fortykkede slammet ble benyttet for kondisjoneringsforsøkene. Dekantvannet fra fortykking og kondisjonering ble analysert m.h.p. forurensningsparametere. Råslam, fortykket slam og kondisjonert slam ble karakterisert ved en rekke fysiske og kjemiske parametere.

Kondisjoneringsforsøkene ble utført ved å prøve 9 forskjellige polymerkvaliteter ved ulike doseringer. Effekten av polymertilsetningen ble vurdert visuelt og ved hjelp av et apparat for måling av slammets filtrerbarhet (capillary suction time, CST). Det ble også utført en test for å undersøke slammets evne til å tåle mekaniske påvirkninger etter kondisjonering (standard shear test) (The Institute of Water Pollution Control, 1981).

Polymer

Polymer ble levert fra Fure & Strømner A/S. Det ble først tillaget forrådsløsninger ved å tilsette 2 ml ren metanol til 0.5 gr. polymer. Disse ble fortynnet med 98 ml. destillert vann (0.5 % forrådsløsninger). Før bruk ble 10 ml av forrådsløsningene fortynnet med 90 ml vann til 0.05 % bruksløsninger.

Det ble tatt ut 100 ml fortykket slam til hver test. Det ble dosert fra 0 til 11 ml 0.05 % polymer til hver slamprøve. Polymeren ble blandet inn ved å helle slamprøvene fra et begerglass til et annet 10 ganger.

Det ble testet anioniske og kationiske polymerer med molvekter på 18 og 20 millioner. Andelen av polymeren som var ladet er oppgitt i prosent i tabell 1. I kommunale renseanlegg brukes ofte kationiske polymerer under reduserende (oksygenfattige) forhold. Forholdene i slamfortykkeren ble antatt å være reduserende, og det ble derfor lagt hovedvekt på utprøving av kationiske polymerer.

Capillary suction time (CST)

Slammets filtrerbarhet blir målt med et såkalt CST-instrument. Instrumentet er spesielt utviklet for å raskt å kunne avgjøre filtrerbarheten til forskjellige slamtyper med god reproducerbarhet. Instrumentet er beskrevet av Baskerville og Gale (1968) og vist i figur 4. Det består av en filterenhet og en enhet for automatisk tidtaking. Filterenheten består av et rektangulært filterpapir mellom to pleksiglass plater. I midten av den øvre platen er det et hull med en stål-sylinder. Slamprøven helles opp i cylinderen. På undersiden av den øvre pleksiglass-platen er det lagt inn to sirkulære ledere med forskjellige diametere. Den øvre pleksiglass-platen hviler på metall-følere mot filterpapiret. Følerene er koblet til de sirkulære lederene som igjen er koblet til enheten for tidtaking.

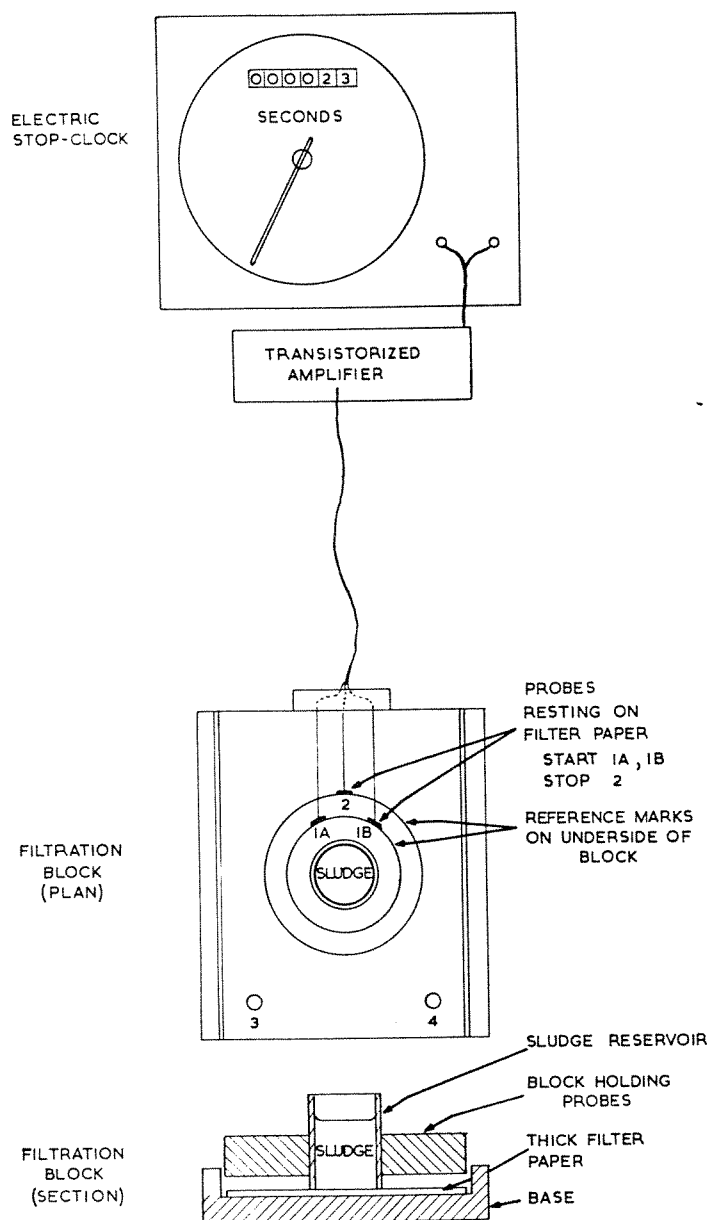
Når ca. 3 ml slam helles i cylinderen vil vannet bli trukket utover i filterpapiret v.h.a. kapillærkrefter. Når vannet når en av de innerste følerene starter tidtakingen. Klokken stopper når vannet når den ytre føleren. Tiden som registreres (CST) er et mål for slamprøvens filtrerbarhet. Jo lavere CST, jo bedre er filtrerbarheten.

Standard shear test

I tillegg til CST-testen ble det utført en test for å undersøke slammets evne til å tåle mekanisk påvirkning etter kondisjonering. Denne testen (standard shear test) utføres med hurtigomrøring ved ulike tidsintervaller. Virkningen av omrøringen blir målt med CST-instrumentet. Et slam med sterke fnokker vil vise relativt liten endring i CST etter omrøring, mens et slam med svake fnokker vil vise stor økning i CST etter en liten periode med omrøring.

Testen ble utført med de polymerkvalitetene og de polymerdoseringene som ga best resultat i CST-testen. 100 ml kondisjonert slam ble

overført til et 250 ml beger og omrørt med en standard laboratorie-omrører i 10 sekunder. Ca. 3 ml. prøve ble så tatt ut og overført til sylindren i CST-instrumentet for CST-måling. Resten av slammet ble så omrørt i ytterligere 30 sekunder. Ny CST ble målt. Deretter ble prøven til sist omrørt i nye 60 sekunder før CST-måling.



Figur 4. Instrument for måling av slamprøvers filtrerbarhet (CST) (fra Gale og Baskerville, 1968).

3. RESULTATER

Innledende forsøk viste at vi måtte dosere fra 5 til 11 ml 0.05 % polymer til 100 ml slamprøve for å oppnå resultater. Visuelt ble det da et godt resultat ved å benytte de kationiske polymerene med høyest ladning. Forskjellen mellom klarfasen og slamfasen ble tydelig, og slamfasen fikk en volumreduksjon og en mer kompakt form. Inntrykket ble bekreftet med CST-målingene som er vist i tabell 1.

Tabell 1. CST i sekunder ved bruk av ulike polymerkvaliteter og doseringer. CST- middel for slam uten polymertilsetning var 110 sekunder.

Polymerkvalitet	D o s e r i n g		
	5.0 ml	8.0 ml	11.0 ml
<u>Anioniske - molvekt 20'</u>			
FA 920 SH - ladning = 0 %	125.1	128.9	142.9
AN 915 SH - ladning = 5 %	187.2	195.0	-
AN 934 SH - ladning = 30 %	210.0	-	226.5
<u>Kationiske - molvekt 18'</u>			
FO 4107 SH - ladning = 3 %	157.8	169.5	153.2
FO 4115 SH - ladning = 5 %	102.0	76.0	62.6
FO 4140 SH - ladning = 8 %	40.8	14.7	13.0
FO 4190 SH - ladning = 10 %	39.4	20.0	12.9
FO 4240 SH - ladning = 20 %	34.2	18.9	12.3
FO 4440 SH - ladning = 30 %	22.3	11.1	10.8

Lavest CST ble oppnådd med polymerkvalitetene FO 4190 SH, FO 4240 SH og FO 4440 SH og en dosering på 11.0 ml 0.05 % polymer til 100 ml slamprøve, tilsvarende 55 g/m³. Det ble kjørt Standard shear test på de slamprøvene som ga best resultat i CST-testen (lavest CST-verdi). Resultatene er vist i tabell 2. Av tabellen framgår også doseringsmengder og kostnader for kondisjonering pr. m³ slam og pr. tonn tørrstoff (TS).

Tabell 2. Resultater fra Standard shear test (CST i sekunder etter ulike omrøringsstider) og kostnader for kondisjonering av fortykket slam (3.8 % tørrstoff).

Polymer- kvalitet	Dosering		Kostnader		Total omrøringsstid i sek.			
	g/m ³	kg/tonnTS	kr/m ³	kr/tonnTS	0	10	40	100
FO 4190 SH	55	1.45	1.50	40;	12.9	29.3	50.2	94.1
FO 4240 SH	55	1.45	1.50	40;	12.3	19.0	40.8	65.4
FO 4440 SH	55	1.45	1.50	40;	10.8	11.2	23.2	55.9

Dekantvannet fra fortykket slam og vann som ble ledet fra kondisjonert slam ved gravitasjon ble analysert m.h.p. forureningsparametere. Resultatene er vist i tabell 3.

Tabell 3. Dekantvannets sammensetning.

Type vann fortykkning	Dekantvann fra kondisjonering	Dekantvann fra
pH	5.4	5.4
SS, mg/l	267	212
Tot-N, mg/l	140	281
Tot-P, mg/l	33.0	75.0
TOC, mg/l	1399	614

Som tidligere nevnt ble råslam, fortykket slam og kondisjonert slam analysert på en rekke parametere. Resultatene er vist i tabell 4.

Tabell 4. De ulike slamtypenes fysiske og kjemiske sammensetning.

Slamtype		Råslam	Fortykket slam	Kondisjonert slam
pH		5.3	5.3	5.1
Tørrstoff	% av våtvekt	0.33	3.8	9.4
Organisk stoff	% av tørrstoff (TS)		84.3	83.8
Suspendert stoff	mg/l	2630	28300	
Susp. gløderest	mg/l	340	4400	
Konduktivitet	mS/m	38	168	420
KOF (Cr)	mg/l	350	5300	10300
Råfett	% av TS		19.4	19.8
Cellulose	% av TS		8.3	10.4
Protein	% av TS	33.8	42.4	41.6
Kjeldahl-N	% av TS	6.5	7.4	7.0
Ammonium-N	% av TS	1.1	0.7	0.4
Nitrat-N	% av TS	0.09	0.01	0.02
Total-P	% av TS	1.56	1.65	1.64
Løst Tot-P	% av TS	1.45	0.68	0.27
Kalium	% av TS	0.11	0.06	0.05
Kalsium	% av TS	2.75	2.83	2.83
Magnesium	% av TS	0.09	0.06	0.07
Natrium	% av TS	0.18	0.06	0.16
Klorid	% av TS	0.037	0.009	0.023
Total-S	mg/kg TS	0.86	0.79	0.79
Jern	mg/kg TS	2000	2180	2300
Mangan	mg/kg TS	280	290	300
Kobber	mg/kg TS	40	41	46
Sink	mg/kg TS	855	770	780
Bor	mg/kg TS	15	7	8
Molybden	mg/kg TS	0.8	0.7	0.8
Bly	mg/kg TS	31	55	53
Kadmium	mg/kg TS	2.3	2.2	2.3
Kvikksølv	mg/kg TS	<0.1	<0.1	<0.1
Krom	mg/kg TS	19	18	14
Nikkel	mg/kg TS	<5	<5	<5
Kobolt	mg/kg TS	4.0	3.8	3.8

4. DISKUSJON

For at slam skal være egnet for avvanning i filterpresser, bør vannet kunne dreneres ved gravitasjon fra slammet, slik at slammet blir en tilnærmet fast kake. Filtrerbarheten bør være god, CST verdiene bør komme ned mot verdier for rent vann, d.v.s. <10 sek. (The Institute of Water Pollution Control, 1981).

CST tester med dosering av ulike kvaliteter og mengder anioniske polymerer ga dårlige resultater. Dette er vist i tabell 1. Ved bruk av polymerkvalitetene med høyeste kationiske ladninger lot vannet seg lett drenere fra slamkaken. Ved høyeste dosering med polymerkvaliteten FO 4440 SH var CST verdien 10.8 sek., en verdi som regnes som tilfredstillende med tanke på filtrerbarhet og avvanning i filterpresser. Som en videreføring av disse forsøkene bør kationiske polymerer med høyere ladninger og andre molvekter prøves. Det vil også være interessant å prøve kalk for kondisjonering dersom slammet kan brukes som jordforbedringsmiddel direkte etter avvanning.

Det har blitt vist at slam som pumpes til en filterpresse utsettes for skjærkrefter som tilsvarer omrøring i ca. 40 sek. i Standard shear testen. CST-verdien som avleses etter 40 sek. i Standard shear testen vil derfor omtrentlig tilsvare CST-verdien ved innløpet til en filterpresse i fullskala når samme polymerkvaliteten og doseringsmengde benyttes. Verdier ned mot 20 sek. ansees som akseptable ved innløpet til filterpresser.

Resultatene fra Standard shear testen i tabell 2 viser at ved omrøring i 40 sek. ble det avlest en CST-verdi på 23.2 sek. når polymerkvaliteten FO 4440 SH ble benyttet ved en dosering på 55 gr./m³. Resultatet tolkes som tilfredstillende med tanke på avvanning i filterpresse etter pumping.

Med bakgrunn i disse forsøkene konkluderes det med at den kationiske polymerkvaliteten FO 4440 SH er egnet for kondisjonering av denne type slam og gir slamfnokker med tilstrekkelig styrke for pumping til avvanningsenhet. Denne polymerkvaliteten består av acrylamid og trimetyl-aminoetyl-acrylat og er klassifisert som "non-toxic".

Tabell 3 viser den fysiske og kjemiske sammensetningen til råslammet, fortykket slam og kondisjonert slam (FO 4440 SH, 55 gr./m³). Som vi ser var råslammet tynt (0.33 % TS). Etter gravitasjonsfortykking i 2 timer ble tørrstoffprosenten økt til 3.8. Etter kondisjonering og ca. 1 minutt drenering gjennom filterduk kom tørrstoffprosenten opp i 9.4. Tallene i tabell 3 viser videre at slammet inneholdt mye organisk

stoff, fett, cellulose og protein. Fett og protein kan stamme fra forrester som tas opp på silduken og havner i fortykkeren. Det ble også funnet rester av død fisk i fortykkeren. Dette var fisk som kom inn på filteret og ble kastet i slamfortykkeren. Disse kan også ha bidradd til det høye fett og proteininnholdet.

Slammet var svært rikt på nitrogen. Dette gir et lavt karbon/nitrogen forhold (ca. 6-7), noe som kan føre til betydelig nitrogen-tap ved lagring og behandling av slammet. Ved kompostering er det nødvendig med en effektiv tilleggs-karbon-kilde som f.eks. bark, halm, torv el.l. for å unngå et stort nitrogen-tap i prosessen. Karbon-kilden kan også fungere som et strukturmedium.

I forhold til de fleste typer kommunalt kloakkslam var det en bedre balanse mellom fosfor og nitrogen med tanke på bruk som jordforbedringsmiddel. Kommunalt kloakkslam kan ha et stort fosfor overskudd. Basert på fosfor innholdet bør det doseres ca. 2.5 tonn av det kondisjonerte slammet pr. dekar pr. år. Dette er i samme størrelsesorden som ved bruk av husdyrgjødsel. Slammet bør moldes ned for å sikre best mulig utnyttelse og redusere tap av næringstoffer. Slammet var svært fattig på kalium som er et viktig makronæringstoff i planteproduksjonen.

Konduktiviteten i det kondisjonerte slammet var noe høyt. Dette kan ha sammenheng med polymertilsetningen. Nivået er neppe problematisk dersom det ikke brukes svært store mengder slam rett før såing.

Innholdet av tungmetallene kobber, kvikksølv, krom og nikkel var lavt i slammet som vi undersøkte sammenliknet med normalt innhold i slam fra norske kloakkrensaneanlegg. Konsentrasjonene av mangan, sink, bly og kadmium var i området hvor man kan finne disse i kloakkslam, men lavere enn grenseverdiene satt av Statens forurensningstilsyn (SFT) for bruk av slam i landbruket. På tross av dette vurderes innholdet av bly og kadmium som foruroligende høyt, da ingen av disse stoffene har noe i et oppdrettsystem å gjøre. Begge er svært giftig for fisk selv ved lave konsentrasjoner.

Det er vanskelig å si hvor disse metallene kan stamme fra, da det ifølge oppdretteren ikke nyttes kjemikalier eller medisiner som kan inneholde slike. En mulighet kan være at vannet som brukes til spyling av dukene i silsystemet, og som fører slammet til fortykkeren, er forurenset. Dette gjelder spesielt varmtvannet som brukes periodisk for spyling. Dette har et lengre opphold i varmtvannsbereder hvor metallutlekking kan finne sted. Andre muligheter kan være utlekking fra metallholdige malinger eller metallkomponenter som er brukt i

oppdrettsystemet eller i vannbehandlingsystemet.

Kadmium er et stoff som er i fokus når det gjelder bruk av kloakkslam i landbruket, og det er sannsynlig at grenseverdien blir senket i nær framtid. I Sverige er grenseverdien i dag 4 ppm, og det er aktuelt å senke den til 2 ppm innen 1995. I Danmark foreligger det et forslag om å sette verdien så lavt som 1.2 ppm nå, og ytterligere senke den til 0.8 ppm innen 1995. Sett på denne bakgrunn er innholdet av kadmium i vårt slam bekymringsfullt, men resultater fra de fåtallige andre undersøkelsene av norsk oppdrettslam som foreligger, tyder på at nivået i vårt slam er unormalt høyt.

Sammenliknet med slam fra marint matfiskanlegg (Myhr, 1989) var innholdet av sink, mangan og kadmium i vårt slam høyere, mens innholdet av kobber, bor og nikkel var lavere.

Tabell 4 viser at innholdet av SS, tot-N, tot-P og TOC var høyt både i dekantvann fra fortykning og dekantvann fra kondisjonering. Med tanke på forurensningsbelastning fra et anlegg som inkluderer slambehandling er det derfor viktig at dekantvannet behandles på beste måte.

5. KONKLUSJON

- Slamvannet lot seg fortykke ved gravitasjon til en tørrstoffprosent på 3.8. Ved bruk en kationiske polymer lot fortykket slam seg kondisjonere til en tørrstoffprosent på 9.4 etter ca. 1 minutt drenering gjennom silduk. Ved bruk av "Capillary suction time test" (CST-test) og "Standard shear test" ble det vist at kondisjonert slam hadde en filtrerbarhet og en styrke mot mekanisk påvirkning som gjør det egnet for avvanning i filterpresser, senterifuger og alternativt i tørkesenger.

- Slammets kjemiske sammensetning viste at forholdet mellom organisk stoff og nitrogen var lavt, noe som kan gi nitrogentap dersom det ikke tilsettes en tilleggs-karbon-kilde, som f.eks. bark, halm eller torv ved lagring eller viderebehandling. Forholdet mellom nitrogen og fosfor var fordelaktig med tanke på bruk som jordforbedringsmiddel, f.eks. på engarealer og til kornproduksjon. Innholdet av enkelte tungmetaller, i første rekke kadmium, var høyt sammenliknet med verdier målt i oppdrettslam andre steder. En undersøkelse bør gjennomføres, hvor en grundig karakterisering av ulike typer oppdrettslam inngår, før oppdrettslam anvendes i landbruket i stor skala.

6. REFERANSER

Baskerville, R.C. og Gale, R.S. 1968. A Simple Automatic Instrument for Determining the Filtrability of Sewage Sludge. J. Inst. Wat. Pollut. Control, 1968, 233-236.

Langåker, R.M. 1988. Forureining frå smolt og settefiskanlegg. Hovedoppgave ved Institutt for akvakulturforskning, Norges landbrukshøgskole, 71 s.

Liltved, H. 1988. Utprøving av Unik Hjulfilter for rensing av vann i settefiskanlegg. NIVA VA-rapport 6/88, 31 s.

Makinen, T., Lindgren, S. og Eskelinen, P. 1988. Sieving as an Effluent Treatment Method for Aquaculture. Aquacultural Engineering 7 (1988) 367-377.

Myhr, K. 1989. Fiskeslam som gjødsel til grønncorbygg. Norsk Landbruksforskning, 3, 71-78.

Ohren, J.A. 1987. Renseeffekter av avløpsvann fra settefiskanlegg med Algas Microfilter. NIVA VA-rapport 20/87, 39 s.

The Institute of Water Pollution Control 1981. Sewage Sludge II: Conditioning, Dewatering and Thermal Drying. Manuals of British Practice in Water Pollution Control. Kent, 117 s.

Vethe, Ø. 1988. Fullskala forsøksanlegg for kompostering av fiskeoppdrettsavfall. GEFO rapport 61.031, 26 s.

Vethe, Ø. 1988. Undersøkelse av fiskeoppdrettslam fra Farsund Aqua. Upublisert notat datert 09.09.88, 4 s.