

PRIMÆRRENS prosjekt 14: Håndtering av restprodukter og slam fra primærrenseanlegg

Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S


Rapport nr: 04-047
Prosjekt nr: O-04126

Prosjektleder: Siv.ing. Bjarne Paulsrud
Medarbeider: Ing. Arne Lundar

aquateam RAPPORT

Postboks 6875 Rodeløkka
0504 Oslo
Telefon: 22 35 81 00
Telefaks: 22 35 81 10

Rapportnummer: 04-047
Tilgjengelighet: Åpen

Rapportens tittel Håndtering av restprodukter og slam fra primærrenseanlegg	Dato 10.01.05
	Antall sider og bilag 19
Forfatter(e) sign. Bjarne Paulsrud	Ansv. sign. 
	Prosjektnummer O-04126

Oppdragsgiver Statens Forurensningstilsyn	Oppdr.givers ref. Ingunn Hoel Lindemann
--	--

Rapporten fokuserer primært på slam fra silanlegg, og omfatter en gjennomgang av eksisterende regelverk for silslam, en karakterisering av dette slammet basert på 20 prøver fra 11 silanlegg (6 ulike silfabrikat), en vurdering av løsninger for behandling og disponering av silslam og til slutt noen forslag til videre arbeid innenfor dette området. Viktige konklusjoner er at:

- Silslam reguleres av Gjødsekvareforskriften på lik linje med slam fra slamavskillere og høygradige renseanlegg
- Silslam i avvannet form har høyt TS-innhold, meget høyt innhold av organisk stoff, innhold av næringsstoffer (unntatt fosfor) på samme nivå som annet avløpsslam og et lavt tungmetallinnhold
- Ved behandling og disponering av silslam bør det først vurderes om det er muligheter for å benytte eksisterende eller planlagte behandlingsanlegg for våtorganisk avfall eller for slam fra andre typer renseanlegg i kommunen/regionen
- Ved separat behandling av silslam er det mest aktuelt med rankekompostering eller kalkbehandling

Stikkord - norsk

Stikkord - engelsk

Primærrensing	Primary treatment
Finsiler	Fine mesh sieves
Silslam	Fine sieve sludges
Stabilisering	Stabilisation
Hygienisering	Hygienisation

0. Sammendrag og konklusjoner

I dette prosjektet innenfor PRIMÆRENS-programmet er det fokusert spesielt på slam fra silanlegg (silslam), da tidligere rapporter fra SFT og NORVAR gir en bra dokumentasjon for håndtering av ristgods og sand etc. fra forbehandlingsanlegg og for håndtering av septikslam fra bl.a. større slamavskillere og sedimenteringsanlegg. Prosjektrapporten omfatter en gjennomgang av eksisterende regelverk for silslam, en karakterisering av dette slammet basert på 20 prøver fra 11 silanlegg (6 ulike silfabrikat), en vurdering av løsninger for behandling og disponering av silslam og til slutt noen forslag til videre arbeid innenfor dette området.

Følgende hovedkonklusjoner kan trekkes ut av det foreliggende materialet:

- Analyser av slam fra silanlegg i dette prosjektet stemmer godt overens med resultater fra et tidligere NORVAR-prosjekt. Resultatene viser at silslam i avvannet form har et TS-innhold på 15-37% (middel = 27% TS), og innholdet av organisk stoff er svært høyt (72-97% av TS). Innholdet av nitrogenforbindelser, kalsium og kalium er omtrent som for slam fra høygradige renseanlegg, mens fosforinnholdet er vesentlig lavere. Innholdet av tungmetaller er lavt i alle prøvene og ligger godt under grenseverdiene for kvalitetsklasse II i Gjødselevareforskriften.
- Sammensetningen av silslammet (spesielt det høye innholdet av organisk stoff) tilsier at dette slammet ikke kan deponeres på søppelfyllplasser (kfr. Avfallsforskriften), men SFT har foreslått overgangsordninger for deponering av organisk avfall fram til 2009.
- Silslam reguleres etter Gjødselevareforskriften på lik linje med andre slamtyper, så sant det ikke sendes til et forbrenningsanlegg. Dette innebærer at silanlegg bør ha en forbehandlingsenhet som fjerner partikler større enn 4mm, da slik avløpssjøppel ikke skal inngå i gjødseleverer. Alternativt kan denne type materiale fjernes fra silslammet i forbindelse med etterfølgende behandling.
- I henhold til Gjødselevareforskriften må organisk avfall som skal brukes som en ressurs på jordarealer, være stabilisert og hygienisert. Siden silslam fra eksisterende silanlegg allerede er på avvannet form, vil det være mest aktuelt å benytte stabiliserings- og hygieniseringsmetoder som baseres på slam med høyt TS-innhold. Dette betyr i praksis anlegg basert på kompostering, langtidslagring eller kalkbehandling.
- For håndtering av silslam i henhold til Gjødselevareforskriften bør følgende hovedalternativer vurderes i hvert enkelt tilfelle:
 - Behandling og disponering sammen med våtorganisk avfall
 - Behandling og disponering sammen med slam fra andre avløpsrenseanlegg, inkl. septikslam
 - Separat behandling og disponering av silslam, evt. sammen med avvannet septikslam
- Det foreslås videre arbeid med silslam innenfor følgende områder:
 - Utvikle og teste kalkbehandlingsløsninger som er tilpasset silanlegg
 - Inkludere silslam i arbeidet med å definere og dokumentere langtidslagring av slam
 - Etablere forsøksordninger med bruk av behandlet silslam innenfor jordbruk, grøntarealsektoren og som bestanddel i jordprodukter

1. Innledning

I 1991 ble minstekravet til rensing av kommunalt avløpsvann ved utslipp til gode sjøresipienter skjerpet, idet Miljøverndepartementets rundskriv 91/1 fastslår at:

”Fylkesmannen kan som hovedregel ikke lenger gi kommuner tillatelse til å slippe kommunalt avløpsvann urensset til resipienten. Rensekravet skal minimum være slamavskiller eller sil med spalteåpning på 1 mm eller mindre. Andre rensesinnretninger kan også godkjennes dersom det kan dokumenteres at renseseffekten er minst like god som ved bruk av sil med 1 mm spalteåpning”.

Statens forurensningstilsyn (SFT) fulgte opp rundskrivet med å sette i gang prosjektet ”Evaluering av enkle rensemetoder” som skulle gi grunnlag for å lage en veiledning for valg av type rensenanlegg ved utslipp til gode sjøresipienter. Fase 1 i dette prosjektet omfattet en innsamling av opplysninger fra eksisterende anlegg og resulterte i to prosjektrapporter: én om store slamavskillere (NORVAR-rapport 33/94) og én om siler/finnister (NORVAR-rapport 34/94). I fase 2 av prosjektet ble det innhentet flere opplysninger om bygging og drift av både sil-/finnistanlegg og store slamavskillere (hhv. NORVAR-rapport 69/96 og NORVAR-rapport 70/96). Hele prosjektet ble avsluttet med rapporten ”Evaluering av enkle rensemetoder, Fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter” (NORVAR-rapport 71/96).

Ovennevnte prosjektrapporter inneholder svært lite informasjon om karakterisering og håndtering av restprodukter (ristgods, sand etc.) og slam fra siler og slamavskillere. Disse forholdene er imidlertid behandlet i NORVAR-prosjektet ”Rist- og silgods – Karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger” (NORVAR-rapport 96/99). Prosjektrapporten omfatter en sammenstilling av mengder og sammensetning av både sil- og ristgods, og også noe om sand fra sandfang, samt aktuelle løsninger for behandling og disponering og en kostnadsvurdering av ulike metoder, inkl. såkalte miljøkostnader.

I denne rapporten innenfor PRIMÆRRENS-programmet er det fokusert spesielt på slam fra silanlegg som skal kunne overholde primærrensekravene i den kommende Avløpsforskriften. Dette er gjort fordi det allerede finnes mye informasjon fra tidligere utrednings- og FoU-prosjekter vedrørende slam fra slamavskillere/sedimenteringsanlegg (Paulsrud, 1983; Eikum et al., 1986; Nedland, 1989 og Nedland, 1992), og denne informasjonen er fortsatt aktuell for de kommuner/anlegg som benytter slike løsninger.

2. Rammebetingelser og regelverk

I NORVAR-rapport 96/99 om behandling og disponering av rist- og silgods blir det, på bakgrunn av en spørreunde til Fylkesmennene, konstatert at mesteparten av dette blir deponert på lokale fyllplasser, og det argumenteres for at dette kan være en miljømessig akseptabel måte å disponere dette materialet på når en tar hensyn til miljøkostnadene ved alternativer som forbrenning, kompostering og langtidslagring.

Siden denne rapporten ble skrevet har det skjedd en god del på regelverksiden som har stor betydning for hvordan rist- og silgods skal håndteres i framtiden. Dette gjelder spesielt Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (Avfallsforskriften) som trådte i kraft 01.07.2004 og Forskrift om gjødselvarer m.v. av organisk opphav (Gjødselvarerforskriften) som trådte i kraft 20.07.2003.

2.1. Avfallsforskriften

Avfallsforskriftens kapittel 9 omhandler deponering av avfall, og EU-direktivet fra 1999 om deponering av avfall (Rådsdirektiv 1999/31/EF) er implementert i denne forskriften.

I forskriftens § 9-3 (Definisjoner) sies det at begrepet avfall bl.a. omfatter stoffer fra renseanlegg m.v., og følgende to definisjoner er aktuelle for rist- og silgods:

- Biologisk nedbrytbart avfall: Ethvert avfall som kan gjennomgå en anaerob eller aerob nedbrytning, f.eks. mat- og hageavfall, papir, kartong og trevirke.
- Våtorganisk avfall: Organisk avfall som er biologisk lett nedbrytbart.

Forskriftens § 9-4 lister opp de avfallstyper som det ikke er tillatt å deponere, og som punkt a) står det:

”Våtorganisk avfall med unntak av rester av slikt avfall som det ikke er praktisk mulig å skille ut gjennom utsorteringsordninger. Forurensningsmyndigheten kan i særlige tilfeller gjøre unntak for det enkelte deponi.”

Flere av fylkesmennenes miljøvernavdelinger har allerede innført forbud mot deponering av våtorganisk avfall, men SFT har foreslått at det skal være en overgangsordning fram til 2009 før forskriften gjelder fullt ut på dette området. Miljøverndepartementet har foreløpig ikke stadfestet dette forslaget.

2.2. Gjødselverforskriften

Gjødselverforskriftens § 2 (Virkeområde) lister opp en rekke stoffer/produkter som omfattes av forskriften, og avløpsslam er ett av disse. Avløpsslam er definert som: alle typer avløpsslam/slam som oppstår i forbindelse med

- avløpsrensaneanlegg
- septiktanker/slamavskillere
- mindre innretninger og samlekkummer for avslamming av sanitært avløpsvann og overvann
- andre oppsamlingstanker med ubehandlet sanitært avløpsvann

På spørsmål fra NORVAR høsten 2003 om rist- og silgods omfattes av Gjødselverforskriften svarte Landbrukstilsynet (som da hadde forvaltningsansvaret for denne forskriften) følgende: ”Forskriften regulerer slam som henger igjen på rist- og sil, men i praksis vil kravene vedrørende fremmedlegemer bestemme om dette kan brukes som et jordforbedringsmiddel. Avfallsforskriften vil ellers regulere bortskaffelsen” (Blytt, 2003). Landbrukstilsynet er fra 01.01.2004 blitt en del av det nye Mattilsynet, og det er dette organet som nå forvalter Gjødselverforskriften.

Kravet til innhold av fremmedlegemer i slam og slambaserte produkter som skal brukes på jordarealer, er gitt i Gjødselforeforskriftens § 10, punkt 6: "Totalinnholdet av plast, glass eller metallbiter med partikkelstørrelse større enn 4mm skal ikke utgjøre mer enn 0,5 vektprosent av totalt tørrstoff".

Rist- og silgods som overholder forskriftens krav til innhold av fremmedlegemer, må også overholde en rekke andre krav til produktkvalitet før det kan brukes som et jordforbedringsmiddel. De viktigste er kravene til stabilisering og hygienisering av slam (se kap. 4) og kravet til maksimalt tungmetallinnhold i slam og slambaserte produkter (se kap. 3).

2.3. Oppsummering av regelverk for håndtering av rist- og silgods

Basert på formuleringene i Gjødselforeforskriften og Avfallsforskriften, samt utdypende kommentarer fra Landbrukstilsynet (nå Mattilsynet) har vi forsøkt å trekke noen operative konklusjoner:

- Slam fra silanlegg, hvor hovedformålet er å tilfredsstillere primærrenserekravet i kommende Avløpsforskrift, skal behandles og disponeres i henhold til Gjødselforeforskriften, på samme måte som slam fra slamavskillere/septiktanker og høygradige renseanlegg. Slam fra silanlegg bør derfor kalles "silslam" og ikke "silgods".
- For å sikre at silslammet overholder Gjødselforeforskriftens krav til innhold av fremmedlegemer (også kalt avløpssjøppel), bør silanlegg ha en forbehandling (rist, o.l.) som fjerner partikler større enn ca. 4mm (avløpssjøppel) fra avløpsvannet. For eksisterende silanlegg hvor det ikke er praktisk mulig å gå installert en slik forbehandling, kan kravet til innhold av fremmedlegemer søkes tilfredsstillt i forbindelse med etterfølgende slambehandling (stabilisering og hygienisering).
- Dagens praksis med å deponere silslam på fyllplasser eller bruke det til toppdekke uten forutgående stabilisering og hygienisering, vil bli forbudt i løpet av få år (før 2009?), med mindre man kan få dispensasjon fra Avfallsforskriften i enkelttilfeller.
- Avløpssjøppel som tas ut på grovrister (≥ 4 mm spalteåpning) bør kunne deponeres på fyllplass (evt. etter ristgodsvasking) eller gå til forbrenningsanlegg.
- Separat ristgods fra finrister (ca. 1-3mm spalteåpning) vil være mindre aktuelt ved primærrensereanlegg, men denne type ristgods må trolig vaskes for å fjerne mesteparten av det organiske materialet før resten kan deponeres på fyllplass.

3. Karakterisering av slam fra silanlegg

I forbindelse med NORVAR-prosjektet "Rist- og silgodskarakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger" (NORVAR, 1999) ble det sammenstilt en del analysedata for slam (silgods) fra silanlegg i Troms fylke for perioden 1995 – 1998, og to siltyper (Salsnes Filter og Masko Zoll) var representert i undersøkelsene. For å få et bredere vurderingsgrunnlag for behandling og disponering av silslam, ble det i herværende prosjekt valgt å innhente slamprøver fra flesteparten av de silanleggene som inngår i ett eller flere av PRIMÆRRENS-prosjektene. På den måten har vi fått dekket opp en rekke typer avløpsvann og de fleste typer (fabrikat) silanlegg (med lysåpning $\leq 1,0\text{mm}$) som er i drift i Norge i dag på kommunalt avløpsvann.

3.1. Anleggsdata og prøvetakingsopplegg

Tabell 1 gir en oversikt over de 11 silanleggene hvor det ble tatt prøver av silslammet. Ved noen av silanleggene ble det brukt silduk med forskjellig lysåpning i prosjektperioden, og i tabellen er det angitt den lysåpningen som ble brukt ved slamprøvetakingen.

Tabell 1. Anleggsdata for silanlegg hvor det er tatt ut slamprøver

Anleggsnavn	Kommune/ int.kom. selskap	Siltype/ -arrangement	Forbehandling foran sil(er)	Merknader
Bore	IVAR	2 stk. Salsnes Filter, 0,35mm	Trapperist, 6mm	Tilføres mye næringsmiddelavløp
Sirevåg	IVAR	2 stk. Salsnes Filter, 0,35mm	Ingen	Nesten bare industriavløp
Kvernevik	Bergen	4 stk. Anebra skivefilter, 0,4mm	Meva Rotoscreen, 3mm	Rotopress for avvanning av silslam
Flesland	Bergen	Anebra skivefilter, 0,5mm	Trapperist, 6mm	Rotopress for avvanning av silslam
Holen	Bergen	Sobye Filter, 0,35mm	Meva Rotoscreen, 6mm + sand- og fettfang	Rotopress for avvanning av silslam
Selnes	Tromsø	Masko Zoll, 0,8mm + Hydrotech, 0,08mm	Ingen	Spyleslam fra Hydrotech trommefilter går til fortykker og pumpes derfra inn på Masko Zoll-silen 1 gang pr. døgn
Brevika	Tromsø	3 stk. Salsnes Filter, 0,35mm	Langsandfang	
Tiendeholmen	Namsos	3 stk. Salsnes Filter, 0,35mm	Trapperist, 6mm + luftet sandfang	
Guldholm- stranda	Namsos	1 stk. Salsnes Filter, 0,35mm	Ingen	
Bangsund	Namsos	Salsnes, 0,84mm + flokkulering + Salsnes 0,25mm	Ingen	
Børsa	Skaun	Huber RoMesh Ro8T, 0,2mm	Ingen	Integrert skruepresse for avvanning av silslammet

Alle slamprøver er blandprøver over en periode på 1-3 timer, sammensatt av ca. 3 stikkprøver tatt på samme sted men på forskjellig tidspunkt innenfor prøvetakingsperioden. Prøvene er tatt ved utkastet fra skruepressene og ikke fra oppsamlingscontainere for silslam, da man her raskt får en uttørring og separering av materialet. Fra Holen renseanlegg er det tatt to slamprøver. Ved den første prøvetakingen (27.09.04) omfattet prøven både ristgods og silslam, mens den andre prøven (09.11.04) bare inneholdt slam fra silen.

I tillegg til avvannet silslam ble det også tatt en stikkprøve av fortykket spyleslam fra Hydrotech trommelfilter ved overpumping til Masko Zoll silen (Selnes renseanlegg), og det ble tatt to stikkprøver fra silduken på den siste Salsnes Filter silen etter polymerdosering og flokkulering (Bangsund renseanlegg).

Slamprøvene fra Tromsø, Namsos, IVAR-anleggene og noen fra Bergen ble tatt av Aquateam-personell, mens de øvrige prøvene er tatt av anleggenes driftspersonell etter anvisning fra Aquateam.

3.2. Resultater fra prøvene av silslam og sammenligning med andre slamtyper

Det ble tatt ut totalt 20 slamprøver i dette prosjektet, basert på de økonomiske rammer som var tilgjengelige. Alle slamprøvene ble analysert på de parametre som inngår i "Innholdsdeklarasjon for slam" (vedlegg 2 til Forskrift om avløpsslam, som nå er erstattet av Gjødselfareforskriften), da denne brukes av de fleste renseanlegg i dag for å karakterisere slam som brukes på jordarealer. På denne måten er det også mulig å sammenligne silslammet med slam fra høygradige renseanlegg (biologiske og/eller kjemiske renseanlegg).

Etter prøvetaking ble slamprøvene frosset, og samtlige er analysert ved AnalyCens laboratorium i Moss.

Alle analyseresultater for de ulike anlegg er sammenstilt i vedlegg 1. Prøveantallet er alt for lite for hvert enkelt anlegg til at resultatene kan brukes til å sammenligne siltyper og avvanningsutstyr. Hovedhensikten har vært å få et bredest mulig materiale for å karakterisere sammensetningen av silslam i Norge med tanke på nødvendig behandling og disponering for å tilfredsstille myndighetenes krav (se kap. 2).

Tabell 2 viser en sammenstilling av analyseresultatene for silslam fra dette prosjektet og fra tidligere NORVAR-prosjekt (NORVAR, 1999), samt typiske verdier for slam fra biologiske og/eller kjemiske renseanlegg som har gjennomgått stabilisering, hygienisering og avvanning.

Tabell 2. Sammenligning av silslam og slam fra biologiske og/eller kjemiske renseanlegg.

PARAMETER	ENHET	SILSLAM				SLAM FRA BIOLOGISKE OG/ELLER KJEMISKE RENSEANLEGG
		Denne undersøkelsen (20 prøver)			Prøver tatt 1995-98 (NORVAR, 1999)	Typiske verdier ²⁾ (NORVAR, 2003)
		Variasjonsområde	Middel	Median	Middelverdi av 43 prøver	
Tørrstoff (TS)	%	15-37 ¹⁾	27,0	27,6	23,6	20-30
Organisk stoff (FTS)	% av TS	72-97	89,4	91,0	89,7	40-60
Kjeldahl-N	% av TS	0,8-9,4	2,1	1,5	1,6	1,5-3
Ammonium-N	% av TS	<0,01-3,3	0,3	0,1	-	0,1-1
Totalfosfor	% av TS	0,1-1,1	0,4	0,3	0,3	1-2
Kalsium	% av TS	0,37-2,9	0,9	0,7	0,5	0,5-1,5 ³⁾
Kalium	% av TS	0,04-0,32	0,12	0,09	0,2	0,1-0,2
Kadmium	mg/kg TS	0,15-1,0	0,3	0,23	0,2	0,5-1,5
Bly	mg/kg TS	<1,4-77	11	4	8,2	10-20
Kvikksølv	mg/kg TS	0,06-0,84	0,3	0,22	0,3	0,5-1,5
Nikkel	mg/kg TS	<0,3-23	5,5	3,5	7,2	10-20
Sink	mg/kg TS	56-520	163	130	93	200-400
Kobber	mg/kg TS	12-270	71	41	59	150-400
Krom	mg/kg TS	1,5-51	12	7	7,7	15-40

¹⁾ Prøvene av ikke-avvannet slam er holdt utenfor

²⁾ Disse verdiene gjelder slam som er stabilisert, hygienisert og avvannet

³⁾ Gjelder slam som ikke er tilsatt kalk i rense- eller slambehandlingsprosessen

Tabell 2 viser at tørrstoffinnholdet i silslammet er høyt ved de fleste anleggene som har enkelt avvanningsutstyr i form av skruepresser, enten som en integrert del av selve silanlegget eller som en separat avvanningsenhet. Sammenlignes tallene fra perioden 1995-98 (middelverdi – TS = 23,6%) med 2004-tallene (middelverdi – TS = 27%) kan det tyde på at det har skjedd en utvikling på teknologisiden mot høyere TS-innhold i det avvannede silslammet, og dette ligger nå i de øvre området av det som er vanlig for avvannet slam fra f.eks. sentrifuger ved høygradige renseanlegg. Dette forholdet er for så vidt ikke overraskende, da silslammet inneholder veldig mye grovt fibermateriale som slipper vannet lett og det er lite biologisk aktivt når det avvannes (sammenlignet med slam fra biologiske renseanlegg, hvor vannet er sterkt bundet til bakterieceller og kolloidale partikler). Prøvene fra de to anleggene (Bangsund og Holen) hvor det ble kjørt forsøk med dosering av fellingskjemikalier og/eller polymer foran silen, gir ikke noen entydige svar på hvordan en slik driftsform vil påvirke TS-innholdet i silslammet, men rent teoretisk burde TS-konsentrasjonen bli lavere dersom kjemikaliedoseringen medfører en bedre fjerning av fin-partikulært materiale (kolloider) som binder vannet sterkt til seg.

Innholdet av organisk stoff (målt som flyktig tørrstoff = glødetap) er svært høyt i silslammet og utgjør ca. 90% av TS-innholdet. Ubehandlet mekanisk-biologisk-kjemisk slam har til sammenligning et innhold av organisk stoff på ca. 65-70% av TS, avhengig av hvilke renseprosesser og fellingskjemikalier som brukes. Etter stabilisering og hygienisering vil typiske verdier være 40-60% av TS for disse slamtypene, avhengig av hvilke slambehandlingsmetoder som benyttes, og silslammet vil selvsagt også få redusert innholdet av organisk stoff når det viderebehandles før disponering, men det vil likevel være et høyt innhold tilbake som kan nyttiggjøres ved bruk på jordarealer.

Silslammets innhold av nitrogenforbindelser, kalsium og kalium er på samme nivå som i ferdigbehandlet slam fra biologiske og/eller kjemiske renseanlegg, og det innebærer at i hvert fall nitrogeninnholdet i silslammet vil bli lavere enn i øvrige slamtyper etter stabilisering og hygienisering med de mest aktuelle metodene (se kap. 4).

Fosforinnholdet i silslammet er naturlig nok vesentlig lavere enn i slam fra høygradige renseanlegg, siden disse benytter fellingskjemikalier for å overføre fosfor fra vannfasen til slamfasen. Fosforet i silslammet er imidlertid ikke kjemisk bundet til slike kjemikalier og bør derfor være lettere tilgjengelig for plantene ved bruk på jordarealer.

Silslammet har lavt tungmetallinnhold sammenlignet med øvrige slamtyper. Dette gjelder også selv når man korrigerer for den økningen som skjer i tungmetallinnholdet (angitt som mg/kg TS), dersom innholdet av organisk stoff (og derved også tørrstoffinnholdet) reduseres ved etterfølgende stabilisering og hygienisering. Det er sannsynlig at slammene fra mange silanlegg vil tilfredsstille kvalitetsklasse I i Gjødselforskriften. Det lave tungmetallinnholdet i silslammet kan forklares ved at tungmetallene i kommunalt avløpsvann foreligger både i løst og partikulær form, og silene fjerner bare en liten del av dette sammenlignet med høygradige renseanlegg som både fjerner en del løste og kolloidalt bundne tungmetaller.

4. Vurdering av løsninger for behandling og disponering av restprodukter/slam fra silanlegg

4.1. Innledning

På bakgrunn av eksisterende regelverk (se kap. 2) og dokumentasjonen av silslammets sammensetning (se kap. 3) synes det klart at slam fra silanlegg, som skal tilfredsstille primærrenserekravene, må håndteres i henhold til Gjødselevareforskriften på lik linje med bl.a. slam fra septiktanker/slamavskillere (septikslam), slam fra høygradige renseanlegg og våtorganisk avfall. I noen fylker vil det muligens i en overgangsperiode (3-4 år) fortsatt være tillatt å deponere silslam på søppelfyllplasser eller bruke det ubehandlet til toppdekke der, men nye silanlegg må planlegges og prosjekteres ut fra Gjødselevareforskriftens krav.

Ett av Gjødselevareforskriftens krav, som er spesielt aktuelt for silslam, er at produkter som skal brukes på jordarealer, ikke skal inneholde mer enn 0,5% av TS av plast, glass og andre fremmedlegemer (avløpssjøppe) med partikkelstørrelse over 4mm. Dette betyr at alle nye silanlegg bør utstyres med en grovrivst e.l. som kan fjerne avløpssjøppe foran silen(e). Eksisterende anlegg bør om mulig etterinstallere slikt utstyr, med mindre de har en silslamhåndtering hvor avløpssjøppe ikke betyr noe (forbrenning) eller det kan fjernes etter slambehandlingen (f.eks. kompostering med etterfølgende sikting).

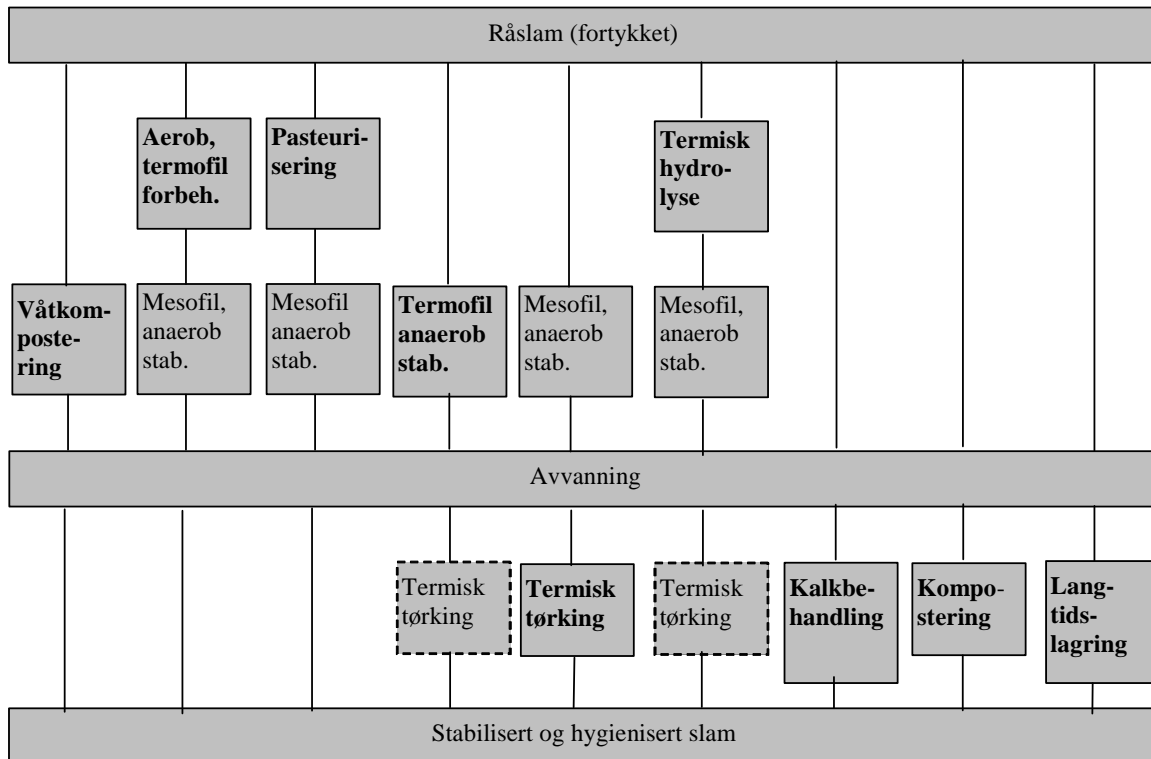
Avløpssjøppe som tas ut separat ved silanleggene, vil ikke kunne gjenbrukes på noen fornuftig måte, og det må forventes at dette vil bli tillatt deponert på fyllplasser, evt. etter forutgående ristgodsvasking dersom innholdet av organisk stoff er høyt. Forbrenning av avløpssjøppe er selvsagt også et aktuelt alternativ for de silanlegg som har tilgang til dette.

4.2. Behandling og disponering av silslam

Det er i utgangspunktet en rekke lokale/regionale forhold som avgjør hvilke løsninger som miljømessig og teknisk-økonomisk vil være best for den enkelte kommune når det gjelder håndtering av silslam etter Gjødselevareforskriften. Forhold av stor betydning er bl.a. størrelsen på anlegget (antall pe.) og antall silanlegg i en kommune/region, eventuelle eksisterende opplegg for håndtering av andre slamtyper (f.eks. septikslam) og for håndtering av våtorganisk avfall eller andre organiske restprodukter, samt muligheter og interesse hos lokale bønder og i grøntarealsektoren for å bruke avfallsbaserte restprodukter.

Gjødselevareforskriftens hovedkrav til produkter som skal brukes direkte på jordarealer eller inngå som bestanddel i jordblandinger og dyrkingsmedier, er at de har gjennomgått en stabilisering og en hygienisering før bruk. Med stabilisering menes det at produktene ikke skal forårsake luktulempen eller andre miljøproblemer ved lagring og bruk. Hygienisering innebærer at produktene ikke skal inneholde salmonellabakterier eller infektive parasittegg, og innholdet av termotolerante koliforme bakterier skal være mindre enn 2500 pr. gram tørrstoff.

Siden slutten på 80-tallet er det bygd ut et stort antall anlegg for stabilisering og hygienisering av slam i Norge, og etter hvert er det også kommet behandlingsanlegg for kildesortert våtorganisk avfall mange steder. Situasjonen i dag er at for slambehandlingen har man et stort spekter av prosesser å velge mellom (se figur 1), og det finnes mye erfaringsmateriale for de fleste av disse prosessene (Nybruket et al., 2003). For stabilisering og hygienisering av våtorganisk avfall har det tradisjonelt vært benyttet ulike komposteringssystemer, men i de senere årene er det også bygget noen få anlegg med anaerob stabilisering (biogassanlegg) (Paulsrud & Nedland, 2004).



Figur 1. Slambehandlingsmetoder som kan gi et stabilisert og hygienisert slam.

For silslam vil det generelt sett være 3 hovedalternativer som i utgangspunktet bør vurderes:

1. Behandling og disponering sammen med våtorganisk avfall
2. Behandling og disponering sammen med slam fra andre renseanlegg, inkl. septikslam
3. Separat behandling og disponering av silslam, evt. sammen med avvannet septikslam

4.2.1. Behandling og disponering sammen med våtorganisk avfall

Silslammets sammensetning (høyt innhold av organisk stoff, høyt C/N-forhold, mye fiberholdig materiale og lavt tungmetallinnhold) tilsier at det bør være godt egnet for en sambehandling med våtorganisk avfall der hvor det finnes eller planlegges et behandlings- og disponeringsopplegg for slikt avfall. Dette kan enten være biogassanlegg eller komposteringsanlegg eller en kombinasjon av begge metoder. Tidligere var det en stor skepsis i renovasjonssektoren til å samkompostere avløpsslam og våtorganisk avfall, fordi regelverket tilsa at en slik kompost automatisk ble plassert i kvalitetsklasse II, uansett tungmetallinnhold. I den nye Gjødselevarsforskriften (fra 2003) er det imidlertid bare det faktiske tungmetallinnholdet i komposten som bestemmer klassifiseringen (og derved bruksmengden pr. arealenhet), og da vil neppe silslammet bidra til økt tungmetallinnhold i kompost av våtorganisk avfall. Enkle komposteringsforsøk som ble utført i forbindelse med NORVAR-prosjektet "Rist- og silgodskaraktisering. Behandling og disponering" (NORVAR, 1999), viste også at silslam var godt egnet for kompostering. En annen fordel med slik kompostering av silslam er at det neppe er kritisk om silslammet inneholder avløpssjøppel (d.v.s. fra anlegg som mangler forbehandling foran silen(e)), fordi sikting av materialer ofte inngår både før og etter komposteringen.

Et problem for en slik samkjørt løsning kan være at avløpssektoren og renovasjonssektoren ofte er atskilt rent organisatorisk på kommunalt/regionalt nivå. Det kan også fortsatt være holdninger hos brukere av kompost som tilsier at man ikke vil blande avløps slam (silslam) og våtorganisk avfall i det samme produktet.

4.2.2. Behandling og disponering sammen med slam fra andre renseanlegg

Dette er et svært aktuelt alternativ for kommuner som allerede har et bra opplegg for slam fra høygradige avløpsrenseanlegg og/eller for septikslam. Det kan også være aktuelt å benytte eksisterende slambehandlingsanlegg i nabokommuner eller interkommunale anlegg, dersom transportavstander og behandlingstkostnader er akseptable. Tilgjengelig kapasitet for de økte slammengdene må selvsagt vurderes i hvert enkelt tilfelle.

De aller fleste silanlegg vil produsere et slam i avvannet form og med et høyt tørrstoffinnhold. Det betyr at eksisterende slambehandlingsanlegg hvor stabilisering og hygienisering skjer etter at slammet er avvannet, vil være godt egnet for å ta imot silslam også. Av de veletablerte metodene som er vist i figur 1, er det kompostering, langtidslagring og kalkbehandling som bruker avvannet slam som utgangspunkt. Av disse metodene er det særlig kompostering som brukes mye i de områdene av landet hvor silanlegg vil være mest aktuelle, d.v.s. langs kysten fra Lindesnes til grensa mot Russland.

Ved mange større avløpsrenseanlegg som gjennomfører stabilisering og hygienisering av slam i væskeform (før avvanning), er det bygd egne mottaksanlegg for avvannet slam fra mindre renseanlegg eller for avvannet septikslam. Dette slammet blir fortynnet med en delstrøm av internt slam fra renseanlegget eller med slamvann fra fortykkere og avvanningsutstyr før det blandes med internslammet for videre prosessering. Dette er selvsagt også et opplegg som kan benyttes for silslam der hvor det finnes slike renseanlegg i rimelig nærhet. Mange av disse anleggene benytter anaerob stabilisering (biogassanlegg) i kombinasjon med en hygieniseringsprosess (se fig. 1).

4.2.3. Separat behandling og disponering av silslam, evt. sammen med avvannet septikslam

Dersom det av ulike årsaker ikke er aktuelt å viderebehandle silslammet verken ved fellesanlegg for avløps slam eller for våtorganisk avfall, må det vurderes egne, separate løsninger for å tilfredsstille Gjødselforskriftens krav om stabilisering og hygienisering av slammet før endelig disponering. På grunn av silslammets konsistens og høye TS-innhold vil det som nevnt i kap. 4.2.2 være mest hensiktsmessig å vurdere følgende behandlingsmetoder:

- kompostering
- langtidslagring
- kalkbehandling

I det etterfølgende er det gitt en kortfattet beskrivelse av disse metodene, og fordeler og ulemper er vurdert med tanke på behandling av silslam.

Kompostering

Kompostering er en velkjent prosess hvor organisk materiale i slammet brytes ned av mikroorganismer som bakterier og sopp under tilgang på oksygen, og man får et humuslignende sluttprodukt (kompost) som er relativt stabilt. Omsetningen av organisk stoff frigir varme, og temperaturen kan komme over 60°C dersom oksygentilførsel, struktur (TS-innhold) og isolering er tilstrekkelig ivaretatt. Den høye temperaturen vil medføre en tilfredsstillende hygienisering av slammet, så lenge enhver slampartikkel blir utsatt for temperaturer over 55°C i en viss periode (normalt 3 uker ved rankekompostering). Det er vanlig å skille mellom rankekompostering (frilandskompostering), kompostering på luftet

plate og reaktorkompostering. Ytterligere informasjon om dimensjonering og drift av disse komposteringsmetodene kan bl.a. finnes i NORVAR-rapport 51-1995 (Paulsrud & Nedland, 1995).

Silslammet med høyt TS-innhold, høyt C/N-forhold og en fiberholdig struktur vil være godt egnet for kompostering (evt. sammen med avvannet septikslam, f.eks. fra mobile avvanningsenheter). Det vil likevel være en fordel å blande inn strukturmateriale (bark, flis o.l.) for å få større porøsitet og lavere vanninnhold i silslammet, og derved bedre oksygentilførsel og utlufting av karbondioksid. Ved rankekompostering av slam (som er den vanligste metoden i Norge, særlig ved mindre anlegg) er det spesielt viktig at blandingen av slam og strukturmateriale blir vendt ofte med en maskinell rankevender i starten av komposteringsprosessen for å sikre at temperaturen kommer over 55°C og ikke minst at alt materialet skal ha vært utsatt for denne temperaturen i en viss tid.

Erfaringene med rankekompostering av slam (Nedland & Paulsrud, 1999; Nybruket et al., 2003) viser at flere anlegg i områder med mye nedbør i vinterhalvåret har problemer med å opprettholde tilstrekkelig høy temperatur i rankene i denne perioden. I tillegg er det et faktum at veldig mange komposteringsanlegg har problemer med lukt som generer nabolaget, og det er etter hvert svært vanskelig å etablere nye komposteringsanlegg på egnede plasser i nærheten av bebygde områder. Dette vil også gjelde for eventuelle nye anlegg som skal behandle silslam.

Langtidslagring

Langtidslagring av slam innebærer at avvannet slam legges i hauger eller ranker og lagres for et visst antall år før det går til endelig disponering. Det er mange kommuner som praktiserer denne metoden som er lite kostnadskreven dersom man har arealer tilgjengelig, f.eks. i tilknytning til søppelfyllplasser. Noen steder blir slammet vendt med hullaster/gravemaskin 1-2 ganger pr. år for å få en bedre struktur på sluttproduktet, men til forskjell fra skikkelig kompostering, vil man ikke her få noen temperaturøkning som kan gi hygienisering i løpet av kort tid. Hygieniseringseffekten skal oppnås ved at slammet lagres over lang tid, men hovedproblemet er at det ikke er dokumentert hvor lenge slam må lagres under ulike klimatiske forhold for at Gjødselevareforskriftens krav til et hygienisert slam blir tilfredsstillt. Dette gjelder spesielt kravene om at infektive parasittegg og potetcystenemetoder ikke skal finnes i slam som skal brukes på jordarealer. Basert på en sammenstilling av erfaringer med rankekompostering og langtidslagring (Nedland & Paulsrud, 1998) ble det foreslått å bruke 3 år som en minimum lagringstid, men grunnlaget for denne anbefalingen er dårlig.

Slammineraliseringsanlegg (også kalt sivbed) er en form for langtidslagring av slam. Her pumpes uavvannet slam til flere parallelle tørkesenger hvor det vokser spesielle planter, og det er et oppsamlingssystem for slamvannet. De fleste anlegg er basert på at slammet skal avvannes og nedbrytes i løpet av en periode på ca. 10 år, før det tas ut igjen for endelig disponering. Denne anleggstypen er neppe aktuell for silslam, siden dette slammet kan avvannes svært enkelt og til en lav kostnad i de eksisterende skruepressene.

Myndighetene (Mattilsynet) er skeptiske til fortsatt bruk av langtidslagring som en metode for hygienisering av slam, så lenge det ikke finnes dokumentasjon på hygieniseringseffekten. Mattilsynet har derfor nylig bedt VA-bransjen (NORVAR) om å definere hva slags behandling som omfattes av begrepet "langtidslagring" og framskaffe dokumentasjon på effekten av denne (NORVAR, 2004). Det vil derfor neppe være særlig fornuftig å satse på langtidslagring av silslam som en metode for å tilfredsstille Gjødselevareforskriften, før det er nærmere avklart om dette blir en metode som myndighetene vil akseptere. Det er også i ulike fora vært stilt et spørsmålstegn ved om langtidslagring av slam kan ende opp som en permanent deponering, dersom slammet blir liggende veldig lenge eller aldri blir flyttet på igjen for bruk et eller annet sted.

Kalkbehandling

Ved tilsetning av ulesket (brent) kalk til avvannet slam vil man få en kraftig temperaturøkning i slammet i tillegg til at pH-verdien øker. Temperaturstigningen skyldes den energien som frigjøres når ulesket kalk kommer i kontakt med vann, og økningen vil i første rekke avhenge av tilsatt kalkmengde og TS-innholdet (eller vanninnholdet) i det avvannede slammet. I tillegg vil isoleringen av lagersiloen/containeren for det avvannede slammet avgjøre hvor raskt temperaturen synger igjen under lagring. De kritiske driftsbetingelsene for å oppnå tilfredsstillende hygienisering med denne metoden, er at temperaturen i hele den behandlede slammassen er minst 55°C i minst 2 timer etter kalktilsetningen (Paulsrud et al., 2003).

Ved kalktilførselen vil noe vann fordampe p.g.a. temperaturøkningen. Sammen med tørrstofftilførselen som kalken representerer, vil dette medføre at man får en betydelig økning av TS-innholdet i slammet, og det kalkbehandlede slammet får ofte en kornaktig konsistens som gjør det lett å håndtere. Slam med TS-innhold på 25% før kalktilsetning vil oppnå 35-40% TS-innhold med en kalkdosering på ca. 500 kg CaO/tonn TS (125 kg CaO/m³).

Denne slambehandlingsmetoden er i bruk ved ca. 10 norske avløpsrensaneanlegg, men ingen av dem behandler silslam. Kalkbehandling innebærer lave investeringskostnader sammenlignet med de fleste andre hygieniseringsmetodene for slam, da hovedkomponentene i et slikt anlegg består av en kalksilo, en blandeenhet for kalk og slam og en isolert slamsilo/container for å sikre hygieniseringsbetingelsene (min. 2 timer ved ≥55°C). Driftskostnadene kan imidlertid bli relativt høye dersom det må tilsettes mye kalk for å oppnå en hygienisering, men økt TS-innhold i det avvannede slammet vil redusere nødvendig kalkbehov. Silslam med TS-innhold over ca. 25% bør derfor være godt egnet for kalkbehandling.

De viktigste ulempene med kalkbehandling er at man får en kraftig ammoniakkavdrivning fra slammet ved kalktilsetningen (luktpoblemer og redusert nitrogeninnhold i slammet), og man kan få et så høyt kalkinnhold i slammet at det begrenser slammets bruksområde noe (gjelder spesielt dersom slammet brukes ublandet ved noen typer planter). Ved noen kalkbehandlingsanlegg som ligger nær boligbebyggelse, har man løst luktpoblene ved å installere luktfjerningsanlegg på avluften fra kalkblandeheten og slamsiloen.

5. Forslag til videre arbeid vedrørende slam fra silanlegg

I de tilfeller hvor silslam kan behandles sammen med enten våtorganisk avfall eller slam fra andre avløpsrensaneanlegg i eksisterende eller planlagte behandlingsanlegg med stabilisering og hygienisering, vil det neppe være grunnlag for ytterligere utvikling, utredninger eller tester for å iverksette dette. Dersom det må etableres separate løsninger for silslam innenfor en kommune eller en region, vil det etter vår mening være hensiktsmessig å bruke mer ressurser innenfor følgende områder:

- Utvikle og teste kalkbehandlingsløsninger spesielt tilpasset silanlegg og silslammets egenskaper
- Inkludere silslam som en svært aktuell slamtype ved dokumentasjon av hygieniseringseffekten til langtidslagring av slam
- Gjennomføre forsøk og dokumentere bruken av stabilisert og hygienisert silslam i jordbruket, på grøntarealer og som ingrediens i jordforbedringsmidler/jordblandinger

Et videre arbeid for å tilpasse kalkbehandling av slam til silanlegg er viktig for å få et skikkelig grunnlag for å vurdere denne behandlingsmetoden, da teknologien i eksisterende kalkbehandlingsanlegg neppe er direkte overførbart til silanlegg, som også i mange tilfeller må kunne ta i mot og behandle silslam og evt. avvannet septikslam fra andre anlegg.

Siden Mattilsynet nå har oppfordret VA-bransjen v/NORVAR til å fastlegge hva som menes med langtidslagring av slam og til å dokumentere hygieniseringseffekten som kan oppnås, vil det være svært interessant å se på silslam i denne sammenhengen. En slik lavteknologiløsning med lave investerings- og driftskostnader vil være svært aktuell for mindre silanlegg som ligger i spredt bebygde områder langs kysten, dersom man kan tilfredsstillende hygieniseringskravene med metoden.

Det foreligger lite eller ingen erfaringer med praktisk bruk av behandlet silslam på ulike typer jordarealer, og det ville være svært nyttig å få dokumentert både praktiske erfaringer og vekstresultater ved bruk av slikt slam i jordbruket, på grøntarealer og som en bestanddel i jordprodukter. Dette vil være spesielt interessant ved bruk av kalkbehandling som hygieniseringsmetode for silslammet.

6. Referanser

Blytt, L.D. (2003) Fra slamforskrift til gjødselvarer m.v. av organisk opphav. Foredrag på NORVARs slamseminar 21.11.2003, Oslo.

Eikum, A.S., Rusten, B. og Finsrud, R. (1986). Mobil avvanning av septikslam. NTNf's Program for VAR-teknikk. Prosjektrapport 45/86.

Nedland, K.T. (1989). Avvanning av kloakkslam i laguner. Resultater fra en brukerundersøkelse av 130 laganeanlegg. Aquateam-rapport av 23.10.89, Aquateam AS, Oslo.

Nedland, K.T. (1992). Erfaringer med mottak av septikslam på renseanlegg og ledningsnett og bruk av mobilt avvanningsutstyr. SFT-rapport nr. 92:31 (TA-883/1992), Oslo.

Nedland, K.T. og Paulsrud, B. (1999). Driftserfaringer fra anlegg med rankekompostering og langtidslagring av avløpslam. Veiledning. Aquateam-rapport 99-038, Aquateam AS, Oslo.

NORVAR (1994a). Evaluering av enkle rensemetoder. Slamavskillere. NORVAR-rapport 33-1994, Hamar.

NORVAR (1994b). Evaluering av enkle rensemetoder. Siler/finrister. NORVAR-rapport 34-1994, Hamar.

NORVAR (1996a). Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Siler/finrister. NORVAR-rapport 69-1996, Hamar.

NORVAR (1996b). Evaluering av enkle rensemetoder, fase 2. Store slamavskillere samt underlag for veileder. NORVAR-rapport 70-1996, Hamar.

NORVAR (1996c). Evaluering av enkle rensemetoder, fase 3. Veileder for valg av rensemetode ved utslipp til gode sjøresipienter. NORVAR-rapport 71-1996, Hamar.

NORVAR (1999). Rist- og silgodskaraktisering. Behandling og disponering. NORVAR-rapport 96-1999, Hamar.

NORVAR (2004). VA-bulletin 4-2004, NORVAR BA, Hamar.

Nybruket, S.; Paulsrud, B. og Nedland, K.T. (2003). Erfaringer med hygienisering av slam i Norge, VA-forsk rapport 2003-32, Svensk Vatten AB, Stockholm.

Paulsrud, B. (1983). Mottak av septikslam. Erfaringer fra kommunale renseanlegg. SFT-rapport nr. 56, Statens Forurensningstilsyn, Oslo.

Paulsrud, B. og Nedland, K.T. (1995). Slambehandling, NORVAR-rapport 51-1995, NORVAR, Hamar.

Paulsrud, B., Gjerde, B. and Lundar, A. (2003). Full scale validation of helminth ova (*Ascaris suum*) inactivation by different sludge treatment processes. In *Proceedings of the IWA Specialist Conference. Biosolids 2003 Wastewater Sludge as a Resource*. Trondheim, 23-25 June.

Paulsrud, B. og Nedland, K.T. (2004). Erfaringer med biogassanlegg for behandling av våtorganisk avfall, Aquateam-rapport 04-004, Aquateam AS, Oslo.

VEDLEGG 1.

Anleggets navn	Siiltype	Prøve- dato 2004	Kjemkalle- dosering foran silen	TS- innhold (%)	Organisk stoff (% av TS)	Kjeldahl- nitrogen (% av TS)	Ammo- nium (% av TS)	Total- fosfor (% av TS)	Kalsium (% av TS)	Kalium (% av TS)	Kadmium (mg/ kg TS)	Bly (mg/ kg TS)	Kvikksølv (mg/ kg TS)	Nikkel (mg/ kg TS)	Sink (mg/ kg TS)	Kobber (mg/ kg TS)	Krom (mg/ kg TS)
Bore	Salsnes, 0,35mm	29.09	Nei	22,8	94,3	1,5	0,1	0,29	0,69	0,13	<0,22	6,6	0,09	17	86	28	28
Sirevåg	Salsnes, 0,35mm	30.09	Nei	20,5	85,4	9,4	3,3	1,1	2,9	0,08	<0,34	<3,4	0,29	1,5	170	25	6,8
Kvernevik	Anebra, 0,4mm	28.09	Nei	28,0	71,9	1,2	0,1	0,44	1,4	0,09	<0,18	2,5	0,12	6,1	74	98	7,1
Flesland	Anebra, 0,5mm	27.10	Nei	26,5	95,8	0,8	<0,01	0,14	0,6	0,05	<0,23	<2,3	0,29	<2,3	57	41	3,4
Holen	Sobyte, 0,35mm	27.09	Nei	16,6	77,7	4,3	0,12	0,82	1,9	0,32	1,0	77	0,84	23	520	270	51
Holen	Sobyte, 0,35mm	09.11	Nei	30,1	94,7	1,3	0,05	0,20	0,58	0,08	<0,23	14	0,22	3,7	130	74	16
Selnes	Masko Zoll, 0,8mm	27.10	Nei	35,0	95,7	1,8	0,08	0,25	0,53	0,08	0,34	<1,4	0,06	2,6	360	34	2,9
Selnes	Hydrotech, 0,08mm	27.10	Nei	3,6	77,8	2,0	0,38	0,39	1,0	0,14	<0,28	11	0,50	14	190	100	12
Breivika	Salsnes, 0,35mm	27.10	Nei	26,9	95,9	0,8	0,05	0,16	0,37	0,06	<0,19	2,2	0,10	2,2	77	40	4,8
Tiende- holmen	Salsnes, 0,35mm	29.10	Nei	30,9	95,1	0,9	0,02	0,10	0,76	0,04	<0,19	<1,9	0,14	2,3	56	12	5,5
Guldholm- stranda	Salsnes, 0,35mm	29.10	Nei	31,0	94,2	1,3	0,06	0,31	0,65	0,15	0,23	1,9	0,32	<1,6	90	25	3,9
Børsa	Huber, 0,2mm	02.12	Nei	15,4	96,8	1,3	0,14	0,17	0,49	0,07	0,71	< 3,2	0,06	< 0,3	62	29	3,2
Bangsund	Salsnes, 0,84mm	28.10	Nei	27,3	96,3	1,3	<0,01	0,12	0,41	0,04	0,15	<1,5	0,06	<1,5	58	14	1,5
Bangsund	Salsnes, 0,25mm	28.10	polymer	18,8	91,0	2,1	0,16	0,15	0,46	0,11	<0,27	3,7	0,25	<2,7	86	18	2,7
Holen	Sobyte, 0,35mm	02.11	PAX + polymer	37,1	88,9	1,5	0,05	0,51	0,49	0,07	<0,16	13	0,76	3,5	130	110	8,6
Holen	Sobyte, 0,35mm	21.10	jern + polymer	34,9	83,7	2,1	0,13	0,68	0,63	0,13	0,23	15	0,34	5,7	160	150	13
Holen	Sobyte, 0,35mm	15.10	jern + polymer	28,5	89,8	1,8	0,14	0,54	0,85	0,11	<0,21	14	0,60	3,5	160	130	-

Anleggets navn	Silttype	Prøvedato 2004	Kjemkalie-dosering foran silen	TS-innhold (%)	Organisk stoff (% av TS)	Kjeldahl-nitrogen (% av TS)	Ammonium (% av TS)	Total-fosfor (% av TS)	Kalsium (% av TS)	Kalium (% av TS)	Kadmium (mg/kg TS)	Bly (mg/kg TS)	Kvikksølv (mg/kg TS)	Nikkel (mg/kg TS)	Sink (mg/kg TS)	Kobber (mg/kg TS)	Krom (mg/kg TS)
Holen	Soby, 0,35mm	14.10	jernklorid	27,9	91,0	1,8	0,13	0,41	0,70	0,14	<0,22	17	0,68	4,7	150	110	35
Bangsund	Salsnes, 0,25mm	28.10	polymer (0,6g/m ³)	4,9	85,7	2,6	0,16	0,61	0,88	0,27	0,41	16	0,12	6,1	340	65	8,2
Bangsund	Salsnes, 0,25mm	28.10	polymer (1,0g/m ³)	5,6	85,7	2,6	0,20	0,54	0,88	0,23	<0,36	8,9	0,10	5,4	310	54	7,1