

A24445 - Åpen

Rapport

Primærrensing og aktuelle løsninger for slambehandling i norske settefiskanlegg

Rapport fra arbeidspakke II i "Slambehandlingsløsninger for settefiskanlegg"

Forfatter(e)

Trond Waldemar Rosten

Kamal Azrague

Bendik Toldnes



Rapport

Primærrensing og aktuelle løsninger for slambehandling i norske settefiskanlegg

Rapport fra arbeidspakke II i "Slambehandlingsløsninger for settefiskanlegg"

EMNEORD:
Primærrensing
Akvakultur
Slambehandling

VERSJON
01

DATO
2013-05-24

FORFATTER(E)

Trond Waldemar Rosten
Kamal Azrague
Bendik Toldnes

OPPDRAKSGIVER(E)
akvARENA

OPPDRAKSGIVERS REF.
Trude Olafsen

PROSJEKTNR
6020357

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
125+ vedlegg

SAMMENDRAG

Overskrift sammendrag

Første del av rapporten gir en oversikt over de aktuelle prosesser og metoder for slamfangst, avanning og håndtering av slam fra settefiskanlegg. Den andre delen av rapporten gir en bred oversikt over slambehandlingsutstyr / teknologier fra en rekke større og mindre selskap. Rapporten er utarbeidet som en del av arbeidspakke II i prosjektet "Slambehandlingsløsninger for settefiskanlegg", et prosjekt i regi av akvARENA.

UTARBEIDET AV
Trond Rosten

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Merete Gisvold Sandberg

SIGNATUR

GODKJENT AV
Ulf Winther

SIGNATUR

RAPPORTNR
A24445

ISBN
978-82-14-05635-8

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
01	2013-05-24	Endelig versjon

Innholdsfortegnelse

1	FORORD	5
	BEGREPER	6
3	BAKGRUNN	7
4	PROBLEMSTILLINGER	10
4.1	Usikker renseseffekt i de mest benyttede systemene	11
4.2	Manglende implementering av metoder for konsentrering av råslam	11
4.3	Manglende løsninger for viderehåndtering av konsentrert slam	11
5	KARAKTERISERING AV AVLØPSVANN	12
5.1.1	Måling av suspendert stoff (SS)	13
5.1.2	Måling av organisk stoff (BOF/KOF).....	14
5.1.2.1	Biokjemisk oksygenforbruk (BOF).....	14
5.1.2.2	Kjemisk oksygenforbruk (KOF).....	17
5.1.3	Fordelingen mellom partikulært og løst stoff.....	17
5.1.4	Partikkelstørrelsesfordeling.....	18
6	ULIKE STEG I AVLØPSBEHANDLING	19
6.1	Slambehandlingsmetoder	20
6.2	Anvendelse av fiskeslam på jorder	21
7	PROSESSER OG METODER	23
7.1	Sedimentasjon	23
7.2	Membranfiltrering	25
7.3	Separasjon.....	29
7.4	Termisk behandling.....	30
7.5	Kompostprosesser	32
7.6	Luktbehandling	33
7.7	Hygenisering.....	35
7.8	Stabilisering.....	37
7.9	Kjemikaliebruk	38
7.10	Pelleterisering	40
8	SLUTTPRODUKTER	41
8.1	Alternativer for disponering av slam	41
8.2	Kvalitetskrav ved ulik disponering av slam fra settefiskanlegg.....	42
8.2.1	Krav i gjødselvereforskriften.....	42
8.2.2	Sammensetning av fiskeslam.....	44

8.2.3	Hvilke kriterier/krav kommer i tillegg for ulike disponeringsalternativer	45
8.3	Slam som råstoff i produksjon av biogass.....	46
8.4	Forbrenning av slam.....	49
9	EKSEMPLER PÅ UTSTYR OG LEVERANDØRER	51
9.1	Global enviro	51
9.2	Biogass marin AS.....	53
9.3	Alfa laval.....	54
9.4	Green Solutions.....	55
9.5	AgroNova AS	57
9.6	EPCON Evaporation Technology AS	59
9.7	BioTek AS.....	60
9.8	Aquatech Solutions	63
9.9	Salsnes.....	65
9.10	Dantech.....	66
9.11	Sterner Aquatech	68
9.12	Degremont	70
9.13	Siemens.....	78
9.14	Veolia	93
9.15	Hüber	103
9.15.1	Mekanisk avløpsvannsrensing (www.huber.no)	103
9.15.2	Renseavfallsbehandling (www.huber.no)	106
9.15.3	Slambehandling (www.huber.no).....	108
9.16	IVAR IKS.....	114
9.17	AquaOptima	115
9.18	Fjell Industries.....	117
9.19	Andritz.....	118
10	REFERANSER	120
	Vedlegg 1 Kunstig våtmark som avløpsvannbehandling	122

1 FORORD

Behandling av avløp er et stort fag- og forretningsfelt internasjonalt og en rekke store selskap har etablert seg som aktører. Produkter og løsninger for slamfangst og håndtering har utviklet seg gjennom de siste 40 år i motsetning til settefisknæringen hvor teknologitilpasningen innen dette feltet har vært beskjedne.

Settefisknæringen i Norge representerer med sine relativt beskjedne slammengder (ca 30 – 50.000 tonn) et lite og begrenset markedsområde sammenlignet med det globale markedet innen offentlig vann og avløp. De fleste settefiskanlegg har til i dag ikke hatt rensekrav på seg. Dette er i ferd med å snu. Utvidelser og nybygg av settefiskanlegg har medført at stadig flere anlegg får pålegg om rensing av avløpet. Rensekravet ser ut til å følge krav om primærrensing i forskrift om rensing om kommunalt avløp og synergier på teknologi er forventet. Markedet innen slamrensing og behandling er derfor økende og det forventes større interesse for å nyttiggjøre seg slammet i annen produksjon. På denne måten vil det kanskje være mulig å få til ytterligere grønn vekst basert på slam ressurser gjenvunnet fra settefiskanlegg

Denne rapporten har blitt utformet på som leveranse av arbeidspakke II i prosjektet "Slambehandlingsløsninger for settefiskanlegg" Prosjektnummer akvARENA:1-2012. Prosjektinitiativet er fremmet av oppdrettsbedrifter (Marine Harvest, SalMar Farming, Grieg, Lerøy, Mainstream, Nordlaks mfl.) gjennom klyngenettverkene akvARENA (www.akvarena.no) og NCE Aquaculture (www.nceaquaculture.no) med SINTEF Fiskeri og havbruk som prosjektleder.

Hensikten med rapporten er å gi deltakerne en kort innsikt i prinsipper for slambehandlingsløsninger, samt en oversikt over ulike teknologier som er tilgjengelig. En slik teknologi oversikt kan aldri bli fullstendig eller rettferdig. Vi har valgt ut et knippe teknologier og leverandører som etter vår mening representerer bredden på teknologier, aktuelle både for gjennomstrømningsanlegg og resirkuleringsanlegg. Vi gjør oppmerksom på at det ikke har vært vårt mandat å vurdere de ulike teknologiene og leverandørene opp mot hverandre eller presentere disse med stor nøyaktighet, men presentere for settefisknæringen en bredspektret oversikt over hva som finnes. Oversikten er basert på informasjon innhentet fra leverandørene, søk i ISI Web of Science, webservere og via vårt faglige kontaktnett. Vi tar forbehold om at informasjon om produkter fra leverandørene ikke er fullstendig presentert og selskapene oppfordres til direkte kontakt med leverandørene for detaljert informasjon.

På vegne av prosjektgruppa vil jeg benytte anledning til å takke alle de vi har vært i kontakt med for å sette sammen denne rapporten, samt for å organisere leverandørkonferansen; "Primærrensing og slambehandling ved norske settefiskanlegg", som holdes på Stjørdal 13. og 14. Mai 2013. Flere av de teknologiene som er omtalt i denne rapporten presenteres i mer detalj på denne konferansen.

I denne utgaven har også tatt med en kort beskrivelse om kunstig våtmarksfilter som mulig avløpsfilter. Se vedlegg 1. Vedlegget er skrevet av forsker Peggy Zinke fra SINTEF Energi Vannressursgruppe.

Trondheim,

24. Mai 2013



Trond W. Rosten
prosjektleder

BEGREPER

RAS = Resirkuleringssystemer for akvakultur

Pe- personekvivalenter = mål på utslipp av organisk stoff

SS = Suspendert stoff

TP eller tot P = total fosfor

BOF5 = Biologisk oksygenforbruk målt over 5 dager

KOF = Kjemisk oksygenforbruk

Koagulant = kjemikalie som forårsaker små løste partikler til å aggregere til større partikler

Flokkulering = når små løste partikler aggregerer sammen til større partikler

Fellingsmiddel = kjemisk stoff (jerne metallsalt) som binder til seg stoffer i vann og feller ut som bunnfall. Brukes for å klare vann, og fjerne fosfor blant annet.

EPT= end of pipe treatment

3 BAKGRUNN

Stadig flere norske settefiskanlegg pålegges å etablere løsninger for å filtrere ut partikler fra avløpsvannet før det slippes ut til resipient. Kravet som oppdretterne står ovenfor synes i mange tilfeller å følge primærrensekrav i forskrift (Forskrift 2004-06-01 nr 931, 2004) om rensing av kommunalt avløp. Utstyr og løsninger for primærrensing av avløpsvann er kjent og implementert i kommunal avløpsvannrensing (SFT, 2005), men i mindre grad implementert som helhetlige løsninger for settefiskbransjen blant annet på grunn av andre egenskaper for slammet og de store vannmengdene. Filtrering av avløp fra settefiskanlegg vil medføre løsninger for fangst, lagring og håndtering av et slam med varierende tørrstoffinnhold og sammensatte kjemiske egenskaper. Slammet representerer en ressurs med potensial for gjenbruk av karbon og næringssalter, blant annet i biodrivstoff og som jordforbedring og gjødsel (Blytt et al, 2011).

EUs avløpsdirektiv stiller krav til sekundærrensing av kommunalt avløpsvann fra tettbebyggelse med samlet kystutslipp ≥ 10.000 personekvivalenter (pe). Det er imidlertid mulighet for å søke unntak fra sekundærrensekravet i mindre følsomt område. I Norge har primærrensing blitt vurdert som minimumsrensing på kyststrekningen Lindesnes–Grense Jakobselv, med unntak av Grimstadfjorden. Miljøverndepartementet og SFT tok i Pr 2004 initiativ til et program for utvikling av teknologi for primærrensing av kommunalt avløpsvann (SFT, 2005): PRIMÆRRENS. Dette programmet rettet seg mot avløpsanlegg som tilhører tettbebyggelser med samlet utslipp ≥ 10.000 pe. Flere og flere settefiskanlegg har fått krav om primærrensing av sitt avløp i henhold til (Forskrift 2004-06-01 nr 931 2004) uten at data for personekvivalenter (pe) for utslippet er lagt til grunn (Rosten 2013).

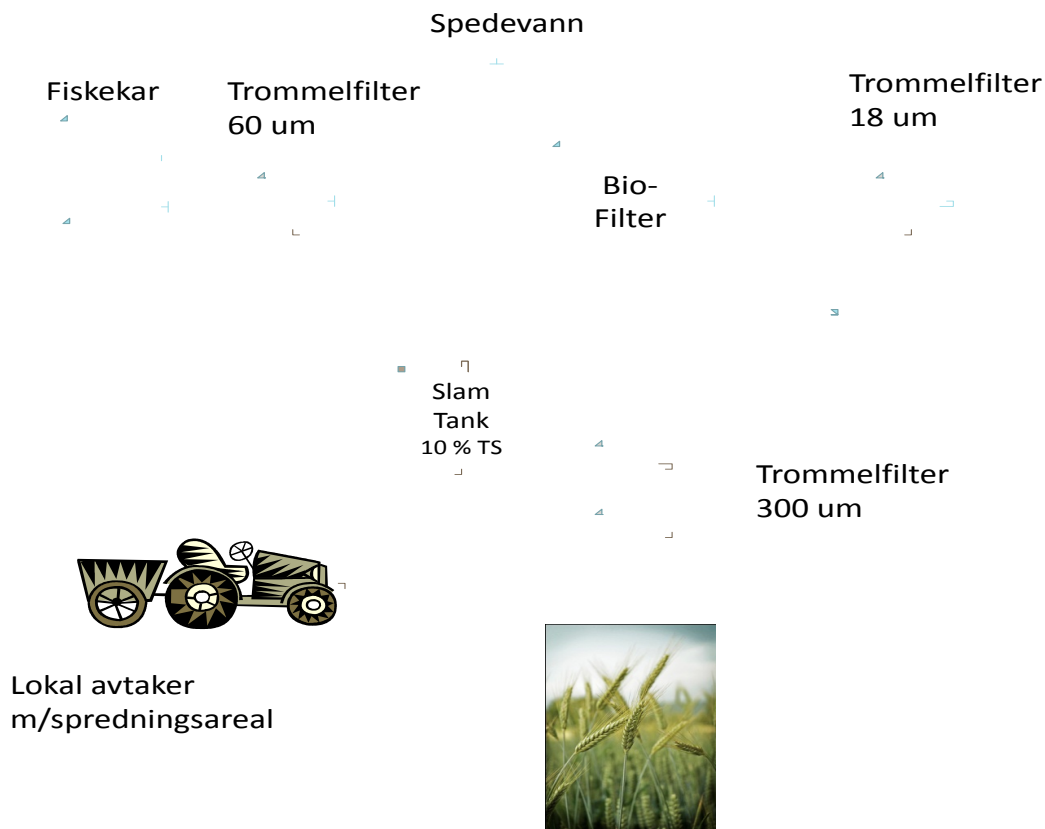
Fangst, avvanning og håndtering og avhending av slam / tørket slam, representerer en stor utfordring for settefisknæringen og kostnads- og energieffektive løsninger ønskes velkomne. Som bakgrunn for denne rapporten har vi inviterer en rekke leverandører som har hel- eller delløsninger for slambehandling om å bidra med beskrivelser og dokumentasjon på dette. Hensikten med arbeidet var å skaffe informasjon om hvilke renseprinsipper som kan anvendes for å oppnå konsentrering og håndteringsløsninger for slammet og kunne etterkomme primærrensekravet. Prosjektet skal i så måte hjelpe eiere av settefiskanlegg litt på vei i forhold til kommunikasjon med myndigheter og leverandører.

Det er naturlig å vurdere utslipp fra settefiskanlegg opp i mot kravene (og teknologi) for primær- og sekundærrensing i § 14-2 i forurensingsloven¹. Kravene til primær rensing i (Forskrift 2004-06-01 nr 931 2004) er som følger; En renseprosess der både BOF5 mengden i avløpsvannet reduserer med minst 20 % av det som blir tilført rensenanlegget eller ikke overskrider 40 mg O₂ /liter og SS-mengden i avløpsvannet reduseres med minst 50 % av det som tilføres rensenanlegget, eller ikke overskrider 60 mg/l ved utslipp. Et anlegg må enten klare % - kravet eller konsentrasjonskravet på begge parameterne. En svært viktig del av kravet er knyttet til dokumentasjonen med at kravverdien er overholdt. For anlegg mellom 1.000 pe og 10.000 pe skal det tas 12 dokumentasjonsprøver per år og for anlegg > 10.000 pe skal det tas 24 dokumentasjonsprøver per år. Det største antall prøver som tillates å ikke oppfylle rensekravene er 2 for anlegg i området 1.000 pe – 10.000 pe og 3 for anlegg > 10.000 pe. Dette er ikke fullt ut praktisert i akvakultur per dags dato, men forventes å komme?

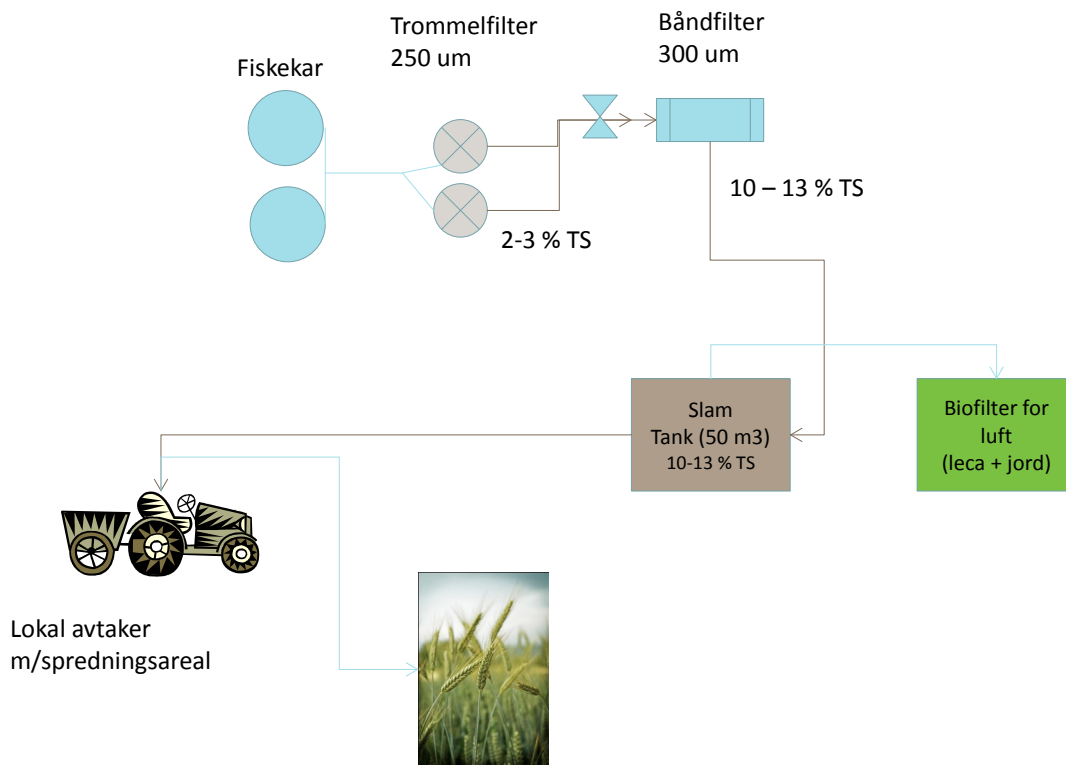
Fôrets innhold av protein, fett og fosfor er avgjørende for utslipp av organisk stoff og næringssalter fra oppdrett (Bergheim 2007). En ny rapport om lukkede oppdrettsanlegg gir en oversikt over forventet utslipp fra oppdrettsanlegg (Rosten 2011) basert på disse massebalansene. Tradisjonelt har man benyttet seg av såkalte "End of Pipe" teknologi (EPT) for å rense avløp. EPT kan omfatte både fysiske, kjemiske og biologiske renseprosesser, men tradisjonelt har man nesten utelukkende benyttet fysisk EPT (mikrosilfiltrering) innenfor akvakultur. Effektiviteten på silene er høyst varierende avhengig av konsentrasjon av suspendert stoff (SS) i avløpsvannet og oppsett. Typiske løsninger for slambehandling i

¹ Forskrift 2004-06-01 nr 931

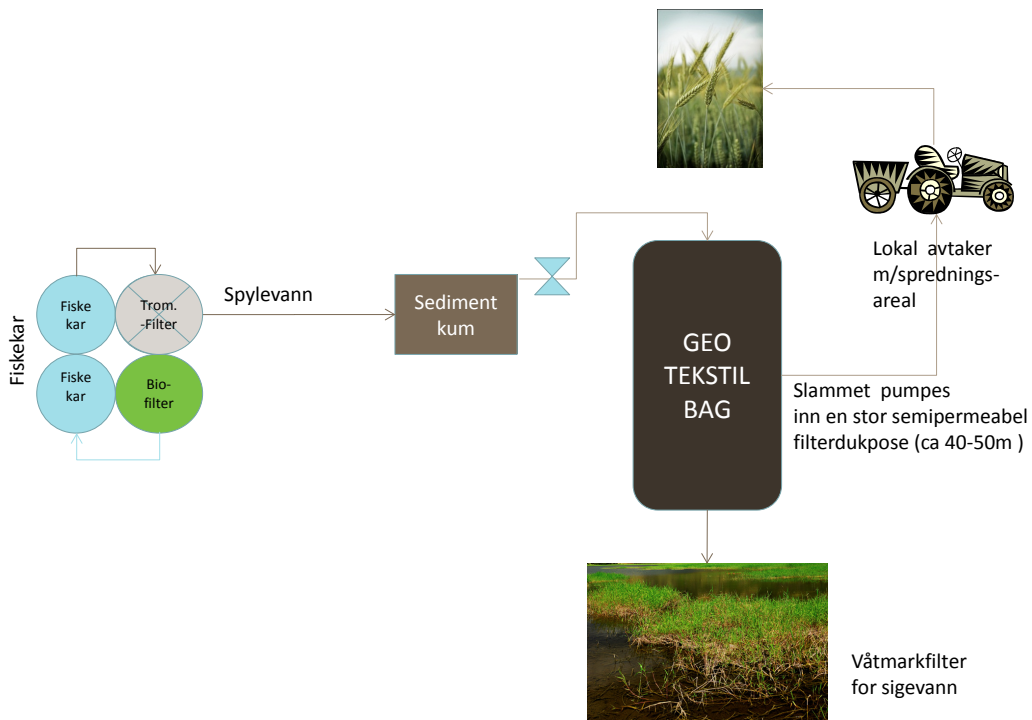
bruk i dagens settefiskproduksjon er vist i Figur 1 og Figur 2, mens vanlig løsning i dansk ørretproduksjon er vist i Figur 3.



Figur 1 Eksempel på løsning under anvendelse på smoltanlegg med RAS teknologi.



Figur 2 Eksempel på løsning under anvendelse på smoltanlegg med gjennomstrømmingsteknologi.



Figur 3 Eksempel på løsning under anvendelse på landbasert ørretanlegg med RAS i Danmark.

Primærrensing betyr å separere slampartikler fra avløpsvannet for derigjennom fjerne tilstrekkelige mengder med suspendert stoff (SS) og organisk stoff (BOF5). Generelt kan man si at karakteristika for de partiklene som er i avløpsvannet, vil være avgjørende for om en rensemetode vil kunne fjerne tilstrekkelig med slampartikler eller ikke. Partikkelstørrelsesfordelingen og avløpsvannets sammensetning blir helt sentralt. Det er stor variasjon i mengde og sammensetning av avløpsvann fra kommunalt avløp (SFT, 2005), både fra ett anlegg til et annet, fra et tidspunkt til et annet på døgnet og fra en nedbørsituasjon til en annen. Det er grunn til å anta at det samme er tilfelle for avløpsvann fra norske settefiskanlegg. Rensemetoden som brukes må være god nok til å kunne klare primærrenningskravet, både ved å fjerne slampartikler ned til en bestemt størrelse. Metoden må også beherske dette under svært varierende forhold når det gjelder avløpsvannets mengde og sammensetning. I tillegg må metoden være kostnadmessig akseptabel.

Det er lite data på slamproduksjon ved rensing av avløp fra smoltanlegg for laksefisk, og de referansene som finnes, er basert på arbeid 10 – 15 år tilbake i tid. Tabell 1 gir en kort oversikt over noen sentrale arbeider.

Tabell 1 Data for spesifikk slamproduksjon fra ulike kilder. Modifisert etter (Blytt 2011).

Art	Slam Tørrestoff (TS)	Spesifikk slamproduksjon	Referanse
Laks	5 – 10 %	1 – 1,5 L/kg fôr	(Bergheim, Sanni et al. 1993)
Laks	10 %	0,7 L/kg fôr	(Bergheim, Cripps et al. 1998)
Laks	9,7 %	1,5 L/kg fôr	(Ulgenes 1997)
Laks	10 – 12 %	2 L/kg fôr	(Lund 2011)

Målt slamproduksjon i forsøk med laks har ligget i området 0,7 – 2 L/kg fôr (Blytt et al, 2011). Produksjon av slam med 10 % TS vil ligge i området 1,5 – 2 kg råslam pr kg fôr som brukes i produksjonen (Blytt et al, 2011).

4 PROBLEMSTILLINGER

En rekke problemstillinger med slam fra settefiskanlegg er dokumentert tidligere (Ulgenes 1993; Blytt 2011; Hognes 2013). De mest akutte utfordringene for settefisknæringen med slam, kan oppsummeres langs tre linjer:

1. Usikker renseeffekt i de mest benyttede systemene
2. Manglende implementering av metoder for konsentrering av råslam
3. Manglende løsninger for videre håndtering av konsentrert slam

Problemstillinger med lukt og varierende gjødselkvaliteter er også beskrevet (Blytt et al, 2011). Nedenfor beskrives kort litt mer om disse tre utfordringene.

4.1 Usikker renseeffekt i de mest benyttede systemene

Det er lite empiri på renseeffektivitet på utslipp fra landbaserte oppdrettsanlegg med laksefisk, men noe er beskrevet (Bergheim, Sanni et al. 1993). Gjennomsnittlig renseeffekt for SS og total fosfor (TP) med en neddykket mikrosilduk² (60 - 350 μM) var 63-68 %. Rensesystemet produserte normalt en slammengde på 10-20 liter pr m^3 avløpsvann ved 10 % tørrstoffinnhold. Ved etablering av vakumsug kunne slammengden reduseres til 0,3 liter pr m^3 avløpsvann. Ved bruk av to stegs vannrensing (mikrosiling og sedimentasjon) kunne man oppnå ytterligere konsentrering av slammet og oppnå en slamproduksjon³ på 1-1.5 liter /kg fôr tilført⁴. Karakterisering av utslippet fra to kommersielle settefiskanlegg i Skottland og renseeffektivitet for SS, TP og BOD5 ved ulike lysåpninger i filterduk⁵ er undersøkt (Kelly, Bergheim et al. 1997). Fra denne studien vet man at utslippet typisk er karakterisert ved at opp til 80 % av BOD5 og SS var representert i en partikkelstørrelse mellom 100 – 60 μm , mens bare 66 % av TP utslippet var representert ved denne partikkelstørrelsen. Høyest rense % ble oppnådd ved belastningstopper (rengjøring av fiskekar). Det kunne ikke oppnås en fast renseeffekt % fra filtrene. Renseeffekten gikk ned under mindre belastning på tilførselssiden. Ingen av filtrene oppnådde mer enn 40 % renseeffekt for BOD og SS ved lav belastning (normal produksjon) og maksimal renseeffekt ble funnet å være 46 % for BOD5 og 48 % for SS. Utslippet fra et ørretanlegg med delvis resirkulering og et vannforbruk på omlag 120 liter /sek og to trinns silduksrensing på 80 μM og 63 μM er beskrevet (Sindilariu, Brinker et al. 2009). En renseeffekt for SS på 33-53 % ble oppnådd i denne undersøkelsen. Utslipp av SS og BOD5 fra landbaserte gjennomstrømnings anlegg for ørret ser ut å ligge i området 0.9 – 14 mg/l BOD5 og 1,6 – 17.8 mg/l SS (Sindilariu, Schulz et al. 2007).

Ut fra disse arbeidene ser vi at renseeffekten varierer fra oppsett til oppsett og generelt *går ned* når avløpsvannet fortynnes.

4.2 Manglende implementering av metoder for konsentrering av råslam

Filtrering av avløp fra settefiskanlegg genererer store mengder slam. Anslag på slammengder fra den samlede smoltproduksjonen ligger mellom 30.000 – 60.000⁶ tonn pr år (Rosten 2013), men slammengden vil være avhengig av vanninnholdet. Volum er kostnadsdrivende for både lagring og transport av slam og settefiskbransjen har derfor ønsket seg løsninger hvor råslam konsentreres. Pilottester av utstyr for dette har vært gjennomført med varierende hell (Blytt et al., 2011), men nye storskala installasjoner er i gang med blant annet slamtørking (eks. Global Enviro). Slamtørking er kjent fra kommunal avløpssektor og store kommersielle løsninger finnes, men er foreløpig ikke vanlig i settefisknæringen.

4.3 Manglende løsninger for viderehåndtering av konsentrert slam

Slam fra settefiskanlegg inneholder en rekke kjemiske komponenter (Hognes og Rosten, 2013, Blytt et al., 2011) som er av interesse og har betydning for anvendelse (Blytt et al, 2011). Utslipp av fortynnet slamholdig vann med rørledning til god resipient, kan være en klimamessig gunstig sammenlignet med lagring og transport til sentralt biogassanlegg (Hognes og Rosten, 2013), men da utnyttes ikke ressursen til biogass eller gjødsel. Settefiskbransjen har vært avhengig av lokale avtakere med tilgang til tilstrekkelig spredningsareal for å bli kvitt slammet. Hensiktsmessige løsninger med innsamling og foredling av større mengder slam til gass og eller jordforbedring har vært fraværende og settefiskanlegg som er lokalisert i områder uten tilgang til spredningsareal har store problemer med å kvitte seg med slam som er tatt ut fra avløpsvannet. I den senere tiden har det dukket opp selskap som ønsker å tilby sentraliserte løsninger for innsamling og foredling av slam fra settefiskanlegg (f.eks Biogass Marin), samt flere selskap som ser på

² UNIK Rotary filter

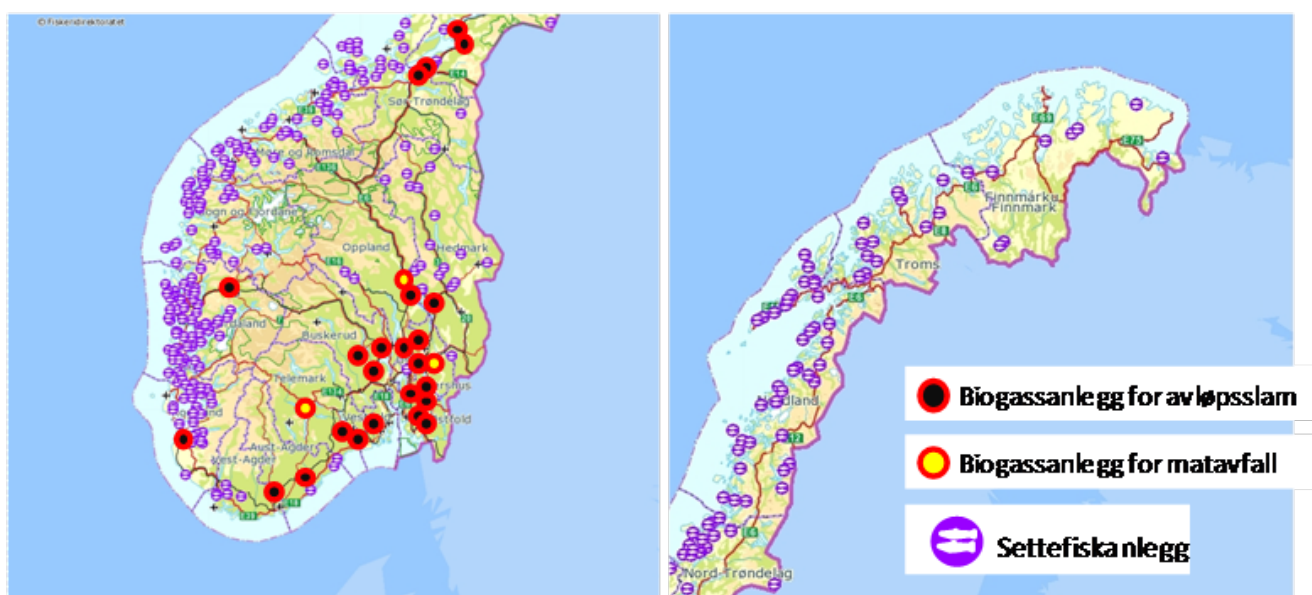
³ Tørrstoff innhold på 50 – 100 g/liter

⁴ Førfaktor 1.2

⁵ >200 μm , 200-100 μm , 100-60 μm , 60-30 μm and <30 μm

⁶ 10 % TS

mulighet for å tilby lokale biogass anlegg. Plasseringen av eksisterende settefiskanlegg og eksisterende og planlagte biogassanlegg (Figur 4) er undersøkt av Blytt et al, 2011. Minste avstander mellom settefiskanlegg og biogassanlegg for behandling av avløpslam fra ca 5 mil (f eks i Stavanger-regionen) til ca 40 mil (for Møre regionen). I Nord-Norge er avstand fra settefiskanlegg til biogassanlegg meget lang. Korteste avstand mellom settefiskanlegg og biogassanlegg for matavfall vil ligge i området 30 mil til ca langt over 100 mil dersom man ser hele landet under ett (Blytt et al., 2011). Kartet i Figur 4 viser plassering av settefiskanlegg og biogassanlegg for hhv matavfall og avløpslam. Oppkonsentrering av slammet er svært aktuelt dersom slammet fra settefiskanlegg skal transporteres til felles behandlingsanlegg. I dag er det liten kunnskap om hvilke metoder for fortykning og avvanning av slam som er mest egnet for slam fra settefiskanlegg (Blytt et al, 2011) og det er behov for tilpassing av utstyr og metoder for dette formål. Teknologi som man nå bruker for oppkonsentrering av avløpslam i kommunal sektor antas å være et godt utgangspunkt (Blytt et al., 2011).



Figur 4 Oversikt over plassering av settefiskanlegg (Fiskeridirektoratet, 2011) og eksisterende og planlagte biogassanlegg. Etter Blytt et al., 2011.

Erfaringen med håndtering av slam hos settefiskanlegg tilsier at det er behov for utvikling av en on-line prosessløsning for oppsamling og behandling av slam som minimum håndterer lukt og gir en slamkvalitet som er egnet for videre transport til annet behandlingsanlegg (Blytt et al., 2011). Lokal behandling av slammet på settefiskanleggene er også et alternativ, men fra settefiskproduzentens ståsted må slamhåndteringen være kostnadseffektiv.

5 KARAKTERISERING AV AVLØPSVANN

I dette kapitlet gir vi en overordnet innføring i noen sentrale begrep og prosesser som settefiskprodusenter bør kjenne til når man ser på rensing av avløpsvannet.

Sammensetning av avløpsvannet har stor betydning for renseresultatet i alle metoder for avløpsrensing (SFT 2005), men har spesielt stor betydning i primærrensing hvor kravet til rensing er mindre og knyttet til en prosentuell renseeffekt. Det er fire karakteristika som man bør kjenne til når det gjelder avløpsvannet som skal behandles i et primærrensianlegg (SFT, 2005);

- (1) innholdet av kravparametrene (SS og BOF5)

- (2) variasjonen i disse over året
- (3) andelen av løst organisk stoff i forhold til totalt organisk stoff
- (4) partikkelstørrelsesfordelingen av det suspenderte stoffet.

Vi har ikke funnet informasjon som tilsier at dette er annerledes innenfor avløp fra settefiskanlegg, med unntak av det da her dreier det seg om større vannmengder og lavere konsentrasjoner, og sannsynligvis samt mer løst organisk stoff. Flere settefiskanlegg har fått et prosentuell krav om 50 % eller 60% reduksjon i suspendert stoff og 20 % reduksjon i organisk stoff. Måle metode som er foreslått benyttet er partikler som suspendert stoff (SS, definert som partikler $> 0,45 \mu\text{m}$). For organiske materiale kan man ofte valgfritt benytte KOF, BOF eller TOC. Dette forhold har skapt noe forvirring i settefiskbransjen, da man har oppfattet at 50-60 % av alle partikler under $0,45 \mu\text{m}$ skal fjernes fra avløpet og ikke kjenner til at man sikter til en analytisk metode for bestemmelse av SS. Nå viser det seg at denne metoden også er usikker. Erfaringer fra primærrenseprosjektet for kommunalt avløp har vist at usikkerheten i SS-analysen ved bruk av $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter er såpass stor (pga lite prøvevolum) at bruk av $1,2 \mu\text{m}$ GF/C filter anbefales brukt. Primærrensekravet er knyttet til analyse av partikler med bruk av $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter, og det kan bety at selskapene kan måtte dokumenterer overfor konsesjonsmyndigheten at forskjellen i forhold til bruk av GF/C-filter ikke er signifikant, slik det er beskrevet for kommunalt avløp (SFT, 2005). KOF er en enklere og raskere analyse å gjennomføre enn BOF og kan være en aktuell metode selv om utslippskravet ofte følger organisk stoff målt som BOD5.

Andelen av *løst* organisk stoff i kommunalt avløpsvann synes å utgjøre ca 30 % av total mengde organisk stoff (SFT, 2005). Tilsvarende tall fra avløpsvann fra norske settefiskanlegg er ikke etablert etter det vi har klart å bringe på det rene. Partikkelfordeling er viktig for å kunne velge riktig renseløsning. Dette kan gjøres på avanserte laboratorium, men en enkel prosedyre basert på siling gjennom nylonduker med gitt maskevidde kan også benyttes for å gjøre en grov bestemmelse av partikkelstørrelsesfordelingen. Med denne informasjonen kan man foreta en vurdering av sannsynligheten for at man med den aktuelle primærrensemetoden kan klare primærrensekravet eller ikke. Data basert på denne metoden fra norske settefiskanlegg er dessverre ikke etablert i skrivende stund.

Siden disse faktorene er såpass viktige for forståelsen av rensing av avløp fra settefiskanlegg og slamproduksjon er de beskrevet i noe mer detalj nedenfor.

5.1.1 Måling av suspendert stoff (SS)

Suspendert stoff er et mål for vekten av stoff (per volumenhet av avløpsvann) som har en slik størrelse at det kan separeres fra vannet ved filtrering gjennom et filter med en bestemt porestørrelse. Det gir derfor et mål for hvor mye slamstørrstoff det er i avløpsvannet. Ulike filtre kan benyttes ved analysen for separasjon av vann og suspendert stoff. Membranfiltere (vanligvis laget av cellulose acetat/nitrat) som kan fås med poreåpninger fra $0,1 \mu\text{m}$ til $1,0 \mu\text{m}$ og glassfiberfiltere, GF/C med poreåpning $1,2 \mu\text{m}$ og GF/A med poreåpning $1,6 \mu\text{m}$. Gjeldende praksis ved analyse av SS på norske laboratorier er at det benyttes glassfiberfilter type GF/C ved filtreringen i overensstemmelse med norsk standard NS-EN 872 Utgave 2, 2005. EU's avløpsdirektiv forutsetter imidlertid $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter brukt for bestemmelse av SS. Dette er tatt inn i avløpskapittelet i forurensningsforskriften og flere settefiskanlegg har fått anført dette som krav. Det finnes imidlertid foreløpig ikke en norsk standard for bestemmelse av SS med $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter. Erfaringer fra primærrens prosjektet (SFT, 2005) er at filtrering gjennom $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter kan gi et svært lite prøvevolum å analysere på, noe som øker usikkerheten ved analysen. Filtrering gjennom glassfiberfilter (GF/C med poreåpning, $1,2 \mu\text{m}$) ser imidlertid ut til å være sammenlignbart med filtrering gjennom $0,45 \mu\text{m}$ membranfilter (Helness 2004) og gi en tilstrekkelig god beskrivelse av avløpsvannets sammensetning. Data på dette med avløpsvann fra settefiskanlegg mangler imidlertid.

5.1.2 Måling av organisk stoff (BOF/KOF)

Organisk stoff i avløpsvann kan bestemmes på tre måter og parametre som kan anvendes angis som oftest i utslippstillatelsen til settefiskanlegget: Disse er (1) Biokjemisk oksygenforbruk (BOF), (2) Kjemisk oksygenforbruk (KOF) og (3) Totalt organisk karbon (TOC).

BOF og KOF er de to parameterne som er mest aktuelle å benytte for karakterisering av avløpsvann i forbindelse med primærrensing av vann fra settefiskanlegg. Det finnes begrenset data på BOD og KOF, men TOC i avløpsvann fra norske settefiskekar er godt dokumentert til å ligge i området 0,66 – 8,0 mgC/l, med en gjennomsnittlig konsentrasjon på 3,20 mgC/l (Bjerknes 2007). Dette gjelder i norske settefiskanlegg med gjennomstrømmingsteknologi og ferskvann.

5.1.2.1 Biokjemisk oksygenforbruk (BOF)

Biokjemisk oksygenforbruk (BOD eller BOF) måles etter 5 dager (BOF5). Analysen utføres i Norge i henhold til Norsk Standard NS-EN 1899-1 Utgave 1, 1998. Dette er en metode som baseres seg på fortykning og poding etter tilsetning av allyltiourea. I EU's avløpsdirektiv er utslippskravene knyttet til BOF5. BOF-parameteren er foretrukket som kravparameter for organisk stoff fordi den i stor grad beskriver det oksygenforbruk som avløpsvannets organiske innhold vil representere ved utslipp i resipienten. For å illudere forhold i resipienten er det bakterier som står for oksygenforbruket i analysen. Analysen er relativ tungvint, tar lang tid og er derfor også kostnadskrevende (eksempel ca NOK 330 pr prøve). Under analyse skjer en bakteriell omsetning av det organiske stoffet. Dette gir et oksygenforbruk som kan måles og uttrykkes. Ved prøvetaking for BOF (og KOF) må man huske på at;

1. Prøvene for BOF-analyse skal alltid homogeniseres.
2. Prøven skal transporteres til laboratoriet så raskt som mulig og under transporten og ved lagring før analyse skal prøven oppbevares ved temperatur 0 – 4 °C.
3. Analysen skal starte i løpet av 24 timer etter prøvetakingen er avsluttet.
4. Dypfrysing (lavere enn -18°C) på anlegget er et alternativ der det tar for lang tid fra prøvetakingen avsluttes til analysen kan starte, men denne prøven kan da ikke benyttes for analyse av suspendert stoff.

BOF5 er viktig for å beregne personekvivalenter, som er det mål som benyttes for å karakterisere størrelsen på et organisk utslipp. Dette er viktig fordi det sammen med resipienten vil avgjøre hva slags rensekrav som bør pålegges. Dette er ikke entydig praktisert i forvaltningen, men bruk av pe i forhold til resipientkvalitet er foreslått som et prinsipp for valg av renseløsning fra slamprosjektet (pers.kom. Trond W. Rosten). En personekvivalent tilsvarer 60g BOF5. Personekvivalenter skal beregnes ut i fra NS 9426 som ukemiddel på maksbelastning i hht ligningen (1). Utslipp fra settefiskanlegg kan karakteriseres i henhold til personekvivalenter. Estimerer basert på spredte data fra næringen tyder på at det organiske utslippet blir mindre fra RAS anlegg enn fra gjennomstrømningsanlegg av samme størrelse. Det er tre viktige prosesser som kan påvirke utslippet av SS og organisk stoff (målt som BOD5) fra resirkulerings anlegg for akvakultur RAS;

(1) Mekanisk filtrering av partikler

- a. Mekanisk filtrering av prosessvannet er en nødvendig prosess i RAS⁷. Prosessen gjøres før det biologiske filteret for å fjerne organisk stoff før de løses opp i vannet. Med

⁷ Partikler større enn 60 mikrometer blir ofte fjernet fra RAS ved f.eks virvel separator, fellings kammer eller skrå plate separator og /eller ved dobbelt avløp system, som Cornell og Eco Trap™. Uspist fôr og feces ledes ut fra fisketanken og videre til separasjon og slam fjerning (Losordo et al., 2000). Suspendert stoff (<100 mikrometer) fjernes som regel ved hjelp av mekaniske filtre som for eksempel trykk-, sand-, kassett-, mattefiltre eller silduk med lysåpning på mellom 20-100µm. Det siste er mest brukt i RAS til laks i Norge.

denne prosessen kan man unngå at den heterotrofe bakteriepopulasjonen blir for stor i forhold til den autotrofe (nitrifiserende) i RAS systemet. Manglende fjerning av organisk stoff vil også medføre økt oksygenforbruk i RAS systemet (pga bakterier).

(2) Respirasjon i heterotrof bakteriefilm

- a. Denne bakterielle prosessen (i heterotrof bakterie populasjonen) omdanner organisk materiale til CO₂ under forbruk av oksygen. RAS leverandører benytter kombinasjon av mekanisk filtrering og biologisk filtrering for fjerne organisk materiale fra vannet⁸.

(3) Nitrifikasjon og denitrifikasjon

- a. Dette er mikrobiologiske prosesser der en biofilm med aktive bakterier omdanner TAN til Nitrat (NO₃) via Nitritt (NO₂) under aerobe forhold. Ofte er RAS anlegg designet med nok vannutskifting (nytt vann) til å holde nitrat konsentrasjonen under 150 mg/l (Hutchinson 2004), men ved høy resirkuleringsgrad (eks. >99,7 %) eller krav om fjerning av nitrogen fra avløpet kan et anoksisk denitrifikasjonsfilter være aktuelt. I dette filteret kan nitrat omdannes videre til nitrogengass (N₂) under anaerobe forhold og med tilsats av en karbonkilde (eks. metanol)⁹. Denitrifikasjons prosessen tilfører alkaliet og kan derfor gjøre at man sparer tilsats av buffer.

Empiriske data på utslipp fra RAS anlegg med settefisk av laks er begrenset, men en studie av vannkvalitet over 14 måneder i et kommersielt RAS settefiskanlegg er publisert av Fjellheim (2009) Her ble det funnet at SS lå mellom 12 -67 mg/l før mikrosiling og mellom 2.3 – 4.7 mg/l etter mikrosiling¹⁰. Organisk materiale (BOD5) ble ikke målt.

(1)

$$p_{e\text{maksuke}} = \frac{BOF_{\text{Sukemiddel}} \cdot (Q_{d1} + Q_{d2} + \dots + Q_{d7}) / 7}{60}$$

Hvor Q = max vannflow (m³/min), dag 1-7.

⁸ Konsentrasjonen av organisk materiale i oppdrettsvannet og avløpsvannet fra RAS kan bestemmes ved å sette opp en massebalanse Losordo, T. M. and H. Westers (1994). "System carrying capacity and flow estimations. In: Aquaculture Water Resuse System: Engineering Design and Managment. ." Developments in Aquaculture and Fisheries Science Ed by Timmons, M.B., Losordo, T.M.: 27.. Massebalansen er avhengig av tilført mengde stoff, vannvolum, renseeffekt og vannmengde. Massebalanse må settes opp av leverandøren i forbindelse med prosjektering av RAS anlegg.

⁹ Med et denitrifikasjonsfilter så kan effektiviteten på nitrogenfjerning kan da bli høy (91 -95,5 %, in : Sharrer, M. J., Y. Tal, et al. (2007). "Membrane biological reactor treatment of a saline backwash flow from a recirculating aquaculture system." Aquacultural Engineering **36**(2): 159-176.. Konsentrasjonen av nitrogen i oppdrettsvannet og avløpsvannet fra RAS kan også bestemmes ved å sette opp en massebalanse Losordo, T. M. and H. Westers (1994). "System carrying capacity and flow estimations. In: Aquaculture Water Resuse System: Engineering Design and Managment. ." Developments in Aquaculture and Fisheries Science Ed by Timmons, M.B., Losordo, T.M.: 27.. Massebalansen er avhengig av tilført mengde stoff, vannvolum, renseeffekt og vannmengde. Massebalanse settes ofte opp i forbindelse med prosjektering av RAS anlegg.

¹⁰ Det ble benyttet et SALSNES Filter SFK 400 i dette RAS oppsettet

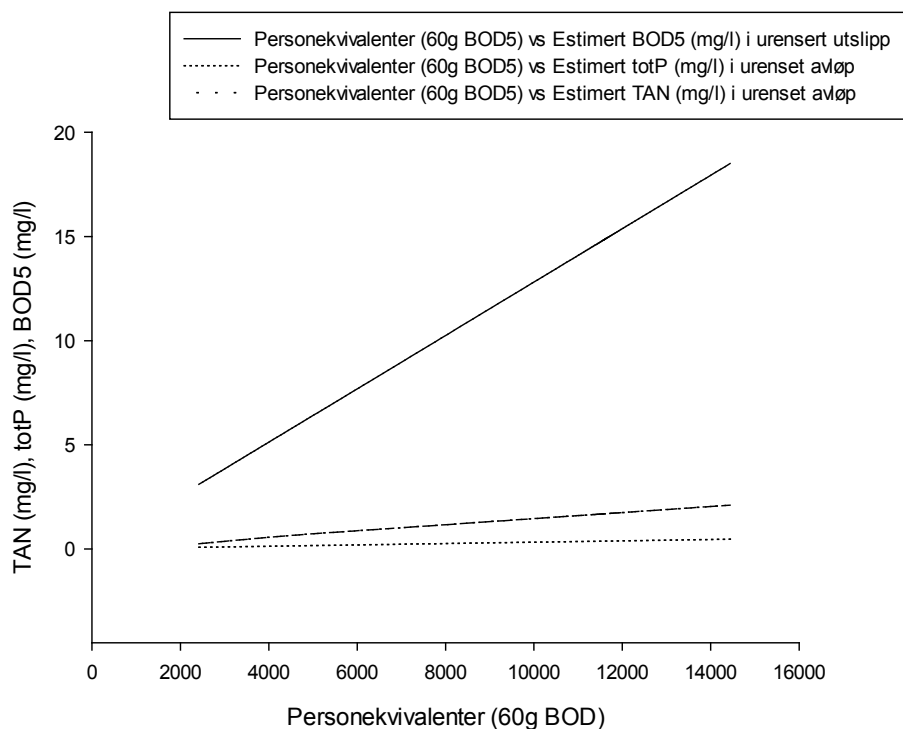
Tabell 2 Krav til utslipp av avløpsvann fra mindre bebyggelse (pe < 10 000). Kilde : Forskrift 2004-06-01 nr 931, 2004.

Områdetype	Rensekrav		
	P	BOD5	SS
Følsomt og normalt område §13-7	90 % reduksjon av årlig middelvei		
			a) 20 % reduksjon b) 100 mg/l SS/l c) Sil med lysåpning 1mm d) Slamavskiller utført i samsvar med §13-11
Mindre følsomt område §13-8	Utslipet skal ikke forurense sjø eller sjøbunn		
	Nye utslipp, utslipp som økes vesentlig eller renseanlegg som endres (ombygges) vesentlig må etterkomme kravet i bokstav a eller b		

Vi ser av Tabell 2 at rensekravene til utslipp i mindre følsomt område (les sjø) er vesentlig mindre enn til følsomt og normalt område (forutsetter at utslippet er mindre enn 10 000 pe). Fylkesmannen kan fastsette krav om mindre omfattende rensing enn sekundærrensing for kommunalt avløpsvann fra tettbebyggelser med samlet utslipp til: Elvemunning: 2.000 – 10.000 pe (Tabell 3), Utslipp til sjø: 10.000 – 150.000 pe, Forutsatt at (a)resipienten kan klassifiseres som mindre følsom, (b) utslippet har gjennomgått primærrensing, (c) den ansvarlige (anleggseier) kan vise at utslippet ikke har skadevirkninger på miljøet.

Tabell 3 Krav til utslipp av avløpsvann fra større bebyggelse (pe > 10 000). Kilde : Forskrift 2004-06-01 nr 931, 2004.

Rensekrav	Standard rensekrav					Kravtype
	BOF5	KOF	SS	P	N	
	(Organisk stoff)		Partikler	Fosfor	Nitrogen	
Primærrensing	20 % reduksjon Eller max 40 mg/l		50 % reduksjon eller maks 60 mg/l			80 – 85 % av kontroll prøvene må overholde kravet
Sekundærrensing	70 % reduksjon eller max 25 mg/l	75 % reduksjon eller max 125 mg/l				
Fosforfjerning				90 % reduksjon		Middelvei på årsbasis
Nitrogenfjerning					70 % reduksjon	



Figur 4 Teoretisk sammenheng mellom utslippets størrelse i personekvivalenter og urensset avløp innhold av TAN, totP og BOD5. Gjelder for gjennomstrømningsanlegg. Beregnet på bakgrunn av regnbueørret (Sindilariu 2007).

5.1.2.2 Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

Analysen for kjemisk oksygenforbruk bygger på en kjemisk oksidasjon av organisk stoff i stedet for en biokjemisk oksidasjon. KOF-analysen tar også med seg en del organisk stoff som ikke er biokjemisk nedbrytbart og KOF-verdien i et avløpsvann vil derfor alltid være høyere enn BOF-verdien. KOF-parameteren inngår ikke i primærrenserekravet, men er ofte foreslått som analyseparameter i settefiskanleggenes utslippstillatelser. KOF er en langt raskere analyse å gjennomføre og den kan derfor egne seg bedre enn BOF som driftsparameter. Men skal man benytte KOF så bør man ved det enkelte anlegg etablere sammenhengen mellom KOF og BOF5 slik at man beregne hva BOF5 har vært etter analyse av KOF. KOF analysen utføres i henhold til Norsk Standard NS-ISO 6060 Utgave 1, 2003. Samme anbefalinger for prøvetaking som for BOF gjelder også for KOF. Sammenhengen mellom BOF5 og KOF er klar, men forholdet er ikke konstant. Den kan variere fra ett anlegg til et annet, fra innløpsvann til utløpsvann og også fra et tidspunkt til et annet avhengig mengden biologisk nedbrytbart stoff. (SFT, 2005). En empirisk basert sammenheng for KOF og BOF5 som er fremkommer fra analyse av flere kommunale avløp er $KOF = 2,15 BOF5 + 50$ (SFT, 2005). Tilsvarende sammenheng er ikke etablert for norske settefiskanlegg og det er naturlig at dette vil variere med innhold av organisk materiale i avløpet og om det er et RAS eller et gjennomstrømningsanlegg.

5.1.3 Fordelingen mellom partikulært og løst stoff

Organisk stoff (BOF5) i både kommunalt avløp og avløp fra settefiskanlegg kan foreligge både på partikulær og løst form. Andelen av løst organisk stoff i avløpsvannet har stor betydning for om man vil klare BOF5 -kravet eller ikke. Løst BOF5 kan måles ved å filtrere prøven gjennom 1,2 μm GF/C filter før analyse. Total BOF5 måles på ufiltrert prøve. Fra primærrensprosjektet finnes noe data der det er analysert på både filtrert KOF (FKOF) og total, ufiltrert KOF (TKOF). Andelen løst KOF lå i overkant av 30 %. Det

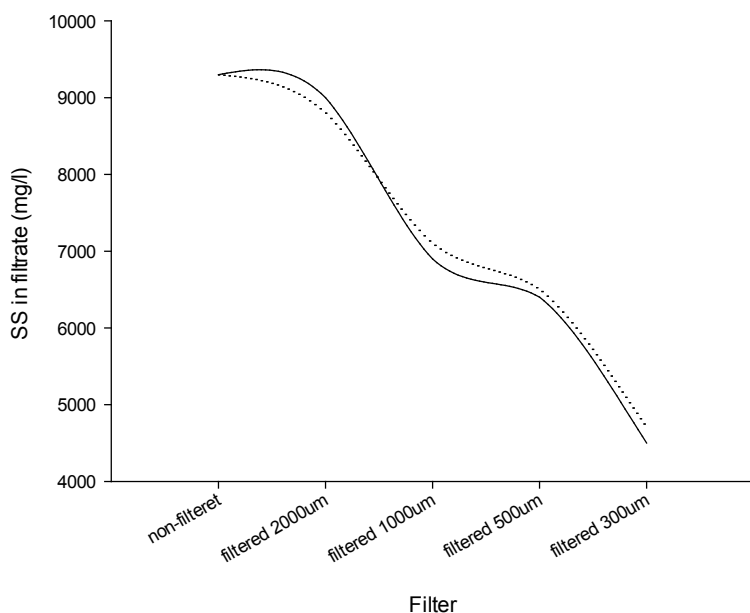
vil si at den partikulære fraksjonen er om lag 70 % (SFT, 2005). Tilsvarende tall fra avløp fra norsk settefiskproduksjon er svært begrenset og et område det må komme mer empirisk data på.

5.1.4 Partikkelstørrelsesfordeling

Partikkelfordeling kan enten karakteriseres ved hjelp av en grov metode med flere glassfiberfilter og analyse av fraksjonene (se beskrivelse i SFT, 2005) eller sendes til karakterisering ved enkelte avanserte laboratorium¹¹ (f.eks SINTEF Byggforsk). Flere av leverandørene av vannbehandlingsutstyr vil også ha data på dette i forbindelse med utvikling av sine produkter.

En forutsetning for primærrensing av avløpsvann er partikkelseparasjon, og det er derfor viktig å få kunnskap partikkelstørrelsesfordelingen i avløpsvannet for å kunne avgjøre om man vil klare renskravet ved bruk av en gitt teknologi. Partikkelstørrelsesfordelingen vil variere mye fra anlegg til anlegg og også over tid ved ett og samme anlegg (SFT, 2005). Tilsvarende data fra norsk settefiskproduksjon er begrenset, men det er grunn til å anta stor variasjon gjennom året og fra anlegg til anlegg. Gjennomstrømningsanlegg vil også i stor grad avhengig av vær-situasjonen, det vil si stor eller liten overvannsavrenning.

Undersøkelser av partikkelstørrelser ved et norsk settefiskanlegg tyder på at 50 % av partiklene var mindre enn 260µm (Anders Fjellheim pers.med.). Undersøkelser av partikkelsammensetning i slam fra settefiskanlegg (Figur 5) bekrefter tilsvarende bilde. Det er viktig å finne partikkelsammensetningen for å velge riktig renseløsning.



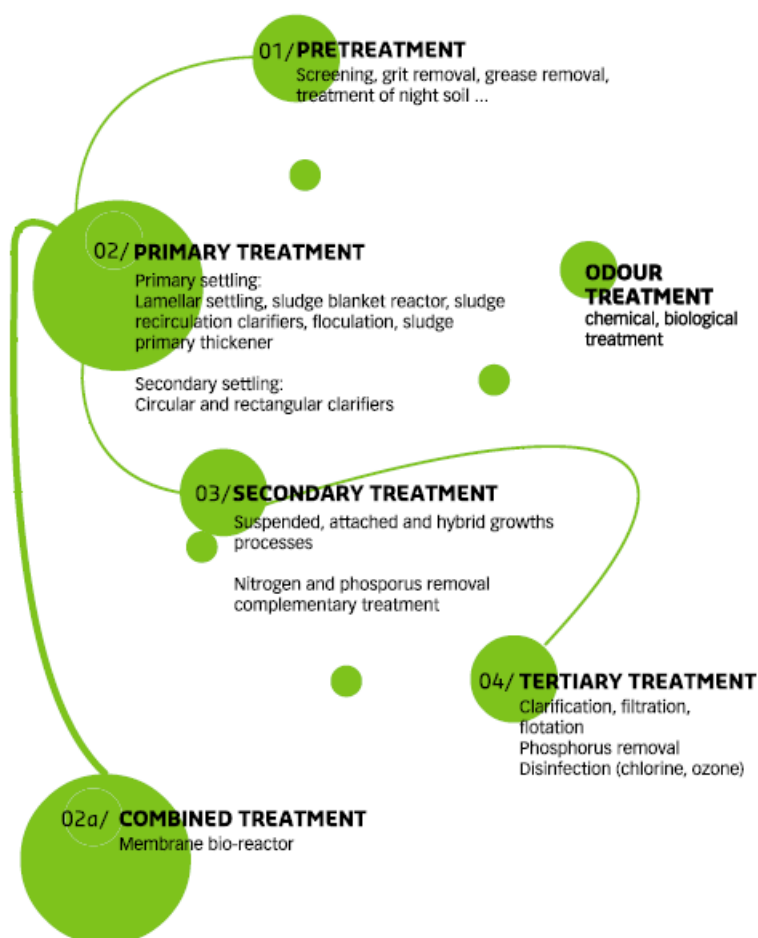
Figur 5 Partikkelfordeling av slam fra RAS settefiskanlegg (med denitrifikasjon og fosfatfelling) med tanke på suspendert stoff (analysert med NS-EN 872). Vi ser at om lag 50 % av partiklene holdes tilbake ved et filter på 300 µm. Pers med Anders Fjellheim, Biologisk Controller ved Marine Harvest.

¹¹ SINTEF use LS230 and DelsaNano HC. Both are based on laser diffraction method. LS230 is able to measure particles between 40 nm to 2000 nm, while DelsaNano can go lower to 0.7 nm but limited upper value of 7 microns. In addition, DelsaNano can measure surface charge of the particles.

6 ULIKE STEG I AVLØPSBEHANDLING

Generelt så vil et avløpsbehandlingsystem på et settefiskanlegg omfatte (1) Slamfangst (primærrensing), (2) avvanning, og (3) eventuell tørking. I tillegg kan systemer for lagring, kjemikaliedosering og luktfjerning være aktuelle trinn. Det finnes en rekke forskjellige metoder som kan anvendes og man bør velge metode ut fra hva man ønsker å benytte slamproduktet til, samt hvilke transport og "gate fee" kostnader man har for å levere slamproduktet. Innen settefiskproduksjon er det mest aktuelt å fange slam fra avløpet og avvanne dette med filtersystemer. Disse kan gi opp til ca 20-30 % TS. Skal man høyere opp i TS (avvanning) så kan det være aktuelle å bruke sentrifuger og filterpresser. Da kan man klare å komme opp mot 40 % TS. Høyere TS % enn dette kan man tradisjonelt bare oppnå ved tørking eller komposteringsløsninger. Man må også tenke på at dersom slammet skal anvendes til biogassproduksjon, så ønsker man at så mye energi som mulig (les : Karbon) er bevart før det leveres biogassfabrikken. Syrekonservering anvendes derfor for å hindre bakteriell nedbryting av karbon til gass. Dersom man kun er ute etter jordforbedring/gjødselprodukter kan man tørke i komposteringsløsninger med bakteriell nedbryting av karbon som en del av prosessen. Enkelte avfallsanlegg har lavere "gate fee" for slam med lavt energiinnhold, så dette er verdt å tenke på og diskutere med mottaker før man avgjør hvilken prosess man går for.

Figur 6 under viser eksempel på de ulike steg i avløpsvannbehandling, fra forbehandling, primærbehandling (m/luktbehandling), sekundær og tertiær behandling. For norske settefiskanlegg med utslipp til gode resipienter er primærbehandling mest aktuelt. Store anlegg, eventuelt anlegg med utslipp til ferskvann eller sårbare resipienter kan kanskje regne med krav om sekundærrensing.



Figur 6 Treatment Stages and technology used for wastewater (<http://www.degremont.fr/pl/know-how/technologies/wastewater/treatment-stages/>)

6.1 Slambehandlingsmetoder

Blytt et al, 2011 delte slambehandlingsmetodene inn i 3 hovedgrupper:

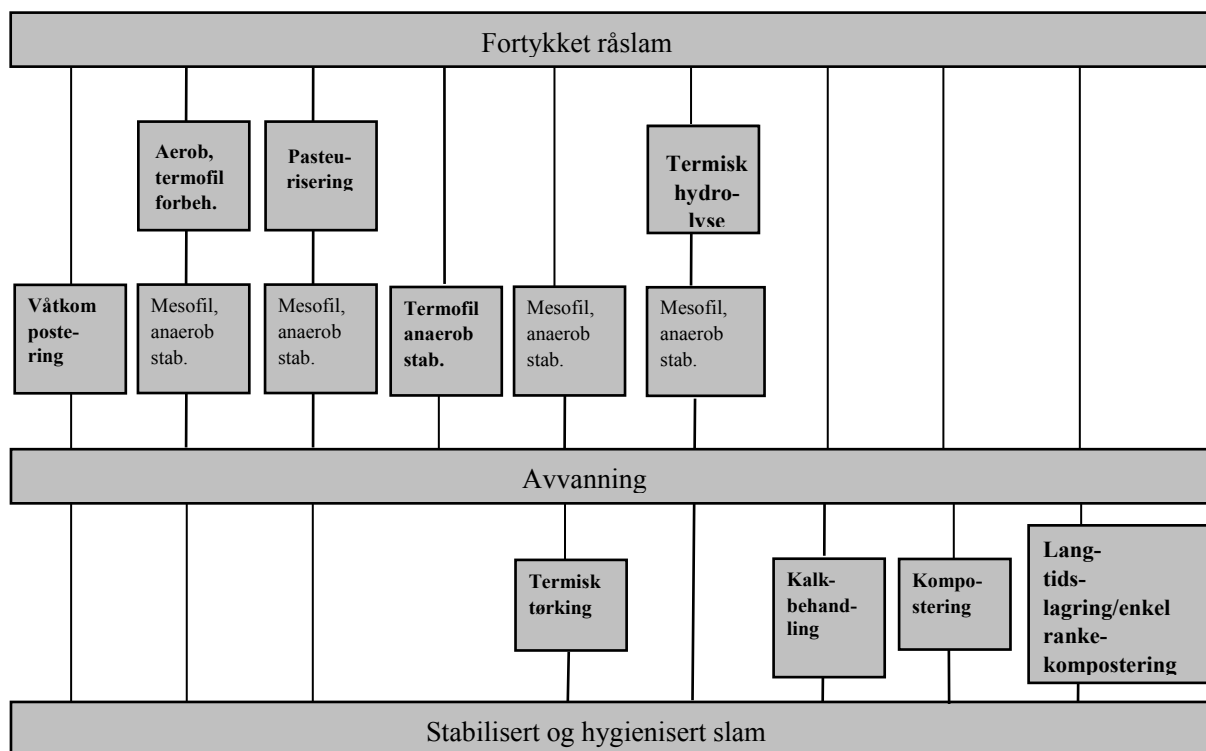
- (1) Metoder for reduksjon av vanninnholdet (fortykking, avvanning, tørking)
- (2) Metoder for stabilisering
- (3) Metoder for hygienisering

Reduksjon av vanninnholdet (oppkonsentrering av slam) gjøres primært for å begrense kostnadene ved etterfølgende behandling/transport, men også for å begrense forurensningsfaren ved disponering av slammet.

Stabilisering av slam er en fellesbetegnelse på de prosesser som har til hovedhensikt å redusere lukt- og andre miljøproblemer som ellers vil oppstå ved håndtering av råslam. Dette kan skje ved kontrollert nedbryting av organisk materiale i slammet (aerob eller anaerob stabilisering/biogassanlegg) eller midlertidig ved tilsetning av kjemikalier (for eksempel kalk) som for en viss tid hindrer nedbryting i å komme i gang.

Ved hygienisering av slam er hovedhensikten å redusere faren for overføring av sykdomssmitte til mennesker, dyr og planter ved lagring og bruk av slam på jordarealer.

Figur 7 viser de slambehandlingsløsninger som er i fullskala bruk i Norge. Det er her tatt utgangspunkt i at alt råslam fortykkes/er fortykket før det stabiliseres/hygieniseres og avvannes.



Figur 7 Slambehandlingsmetoder som kan gi et stabilisert og hygienisert slam. Hygieniseringstrinnet for hver metode er uthevet, (Nybruket, *et al.*, 2003).

Av Figur 7 ser man at noen behandlingsmetoder gir både en stabilisering og hygienisering av slammet. Dette gjelder;

- (a) våtkompostering
- (b) termofil anaerob stabilisering (biogassanlegg)
- (c) kalkbehandling (tilsetning av brent kalk til avvannet slam)
- (d) kompostering (reaktor eller ranke)
- (e) langtidslagring/enkel rankekompostering.

Noen av disse metodene (kalkbehandling, kompostering og langtidslagring) gir også en ytterligere reduksjon av vanninnholdet etter avvanning. Biogassanlegg (anaerob stabilisering) som drives mesofilt (37-40 °C), må alltid ha et separat hygieniseringstrinn, og i Figur 7 er dette vist i 4 ulike løsninger.

6.2 Anvendelse av fiskeslam på jorder

Dagens praksis bygger på en oppfattelse av at de i de fleste tilfeller liten risiko for spredning av fiskepatogener med fiskeslam. Fra mange jorder er det avrenning til småbekker uten fisk eller direkte til sjø og smittefaren vil være ubetydelig. Dersom settefiskanlegget ligger i innlandet vil spredning i samme nedslagsfelt være uproblematisk, men Mattilsynet vil foreta en vurdering i hvert enkelt tilfelle (Sturla Romstad, Mattilsynet Nord Trøndelag pers med.). Når det gjelder risiko ved slam fra fiskeoppdrett kan man legge rapporten fra Vitenskapskomiteen for Mattrygghet (VKM) til grunn: "*Uttalelse om bruk av slam fra klekkerier, settefiskanlegg og oppdrettsanlegg som gjødsel og jordforbedringsmiddel*"¹² Fra denne heter det blant annet at;

1. *VKM mener at sannsynligheten for at agens som er sykdomsfremkallende for fisk vil være tilstede i slam fra klekkeri, settefisk- og matfiskanlegg vil avhenge av sykdomshistorien i det aktuelle anlegget.*
2. *VKM mener at risikoen for spredning av smittsomme agens fra ferskvannsanlegg til andre ferskvannsanlegg ved bruk av ubehandlet slam er større enn risikoen for spredning mellom sjøanlegg eller fra sjøanlegg til ferskvannsanlegg ved bruk av slam fra marin fase.*
3. *VKM konkluderer med at det er svært lite sannsynlig at smittestoffer (virus, bakterier og parasitter) som forekommer i slam fra klekkeri og settefiskanlegg, eller slam fra marine oppdrettsanlegg representerer en fare for mennesker når dette blir brukt som gjødsel eller jordforbedringsmiddel.*

Lokal bruk av slam fra settefiskanlegg vil som regel utgjøre en liten (ofte trolig neglisjerbar) smitterisiko for folk og dyr, inkludert fisk, hvis anlegget ikke har en spesiell sykdomshistorie. Dette må også vurderes ut fra kjennskap til lokale forhold (muligheter for avrenning til andre vassdrag, risiko for spredning med fugl osv). I sluttrapport fra Mattilsynets nasjonale tilsynsprosjekt: "Er avfallsbaserte gjødselvarer trygge å bruke?"¹³ står det følgende om bruk av hygienisert slam fra settefiskanlegg: *Vitenskapskomiteen for mattrygget (VKM) har risikovurdert spreiring av uhygienisert slam frå landbaserte fiskeanlegg (dvs. slam som ikkje inneheldt død fisk, berre avføring og fôrrestar). Det er avklart at det uhygieniserte slammet ikkje medfører risiko for menneske-, dyre- eller plantehelse, men kan representere ein risiko for spreiring av fiskepatogen. Det er forventa at den nye gjødselvarerforskrifta vil avklare kva krav som skal stillast til hygienisering av denne*

¹²

http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=277&trg=Content_6498&Main_6177=6498:0:31,2303&Content_6498=6187:1800826::0:6566:4::0:0

¹³

http://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/organisk_gjodsel_jordforbedringsmidler_og_dyrkningsmedier/tilsynsprosjekt_2012_avfallsbasert_gjodsel_sluttrapportpdf.8232/BINARY/Tilsynsprosjekt%202012%20avfallsbasert%20gj%C3%B8dsel%20sluttrapport.pdf

typen slam for spreiring på jordbruksareal. Slik situasjonen er nå, er dette uavklart og mange forskjellige løysingar blir brukt

Gjødsselforskriften regulerer hvordan du kan bruke gjødsel av forskjellig kvalitet. Denne er under endring og fiskeslam er tatt inn som begrep og forventes omtales med noen egne betingelser. Landbruks- og matdepartementet har besluttet at gjeldende forskrift 4. juli 2003 nr. 951 om gjødselvarer mv. av organisk opphav (heretter kalt gjødselvarerforskriften) skal deles i to forskrifter, (1) en produksjonsdel forskrift som regulerer krav til virksomheter som produserer, omsetter eller importerer gjødselvarer og (2) en bruksdel forskrift som regulerer bruken av gjødselvarene. Deling er vurdert som nødvendig for å få tydeligere frem rollefordelingen mellom de ulike etatene som har oppgaver i forhold til regelverket. Dette gjelder i forhold til rollen som forvalter, klageorgan og tilsynsorgan. Videre vil en oppdeling i to forskrifter bidra til å gjøre regelverket mer brukervennlig. En deling vil medføre at Landbruks- og matdepartementet og Fiskeri- og kystdepartementet vil ha forvaltningsansvar for den nye forskriften om gjødselprodukter mv. av organisk opphav og uorganiske dyrkingsmedier (heretter kalt gjødselproduktforskriften), mens Mattilsynet alene vil være tilsynsmyndighet. Produksjonsdelen er visstnok ferdig, men bruksdelen er fortsatt under utarbeidelse av KLIF (Martin Binde, Mattilsynet pers.med). Utkastet til forskriften antyder at det (1) ikke blir samme hygieniseringskrav til fiskeslam som slam fra kommunalt avløp, så lenge slammet omsettes nasjonalt til landbruksvirksomheter, (2) at det blir krav til sporbarhet på omsetting av fiskeslam, og (3) det blir krav til at fiskeslam ikke skal medføre forurensning av vassdrag. Utdrag basert på forskriftforslaget til ny Gjødsselforskrift er vist nedenfor:

§ 15 Hygiene

Produktene skal ikke medføre fare for overføring av sykdommer til planter, dyr eller mennesker ved normal bruk eller mulig misbruk. Råvarer som kan medføre slik fare skal hygieniseres etter validerte metoder. Validering av hygieniseringsmetodene skal vise at;

- a) sykdomsfremkallende organismer som finnes naturlig i råvaren eller tilsatte indikatorer er merkbart redusert
- b) antallet infektive egg av tilsatt indikatororganisme *Ascaris suum* er redusert til null

Sluttproduktene skal oppfylle følgende krav:

- a) det skal ikke være funn av *Salmonella* i prøve av 25 gram
- b) det skal være et lavere innhold av *E.coli* enn 1000 CFU/g våt vekt
- c) det skal være mindre enn to spiredyktige frø av ugras eller andre plantedeler som kan gi opphav til nye planter per liter ferdig vare

Følgende produkter **er unntatt** fra bestemmelsen i første og andre ledd:

- a) **fiskeslam som omsettes nasjonalt til landbruksvirksomheter**
- b) produkter omfattet av forskrift dd.mm.åå nr. x om animalske biprodukter som ikke er beregnet på konsum med mindre produktene er blandet med råvarer som ikke er omfattet av den nevnte forskriften eller medfører fare for overføring av sykdomssmitte til planter.

§ 12 Sporbarhet ved omsetning av uhygienisert fiskeslam; OBS ; Virksomheter som omsetter uhygienisert fiskeslam skal føre register over mottakerne av slammet. Opplysningene skal oppbevares i minst to år.

§ X7 Særlige krav til bruk av uhygienisert fiskeslam: OBS : Produkter som inneholder uhygienisert slam fra fiskeanlegg skal brukes på en slik måte at bruken ikke kan medføre fare for forurensning av vassdrag.

Se for øvrig også tekst på side 35.

7 PROSESSER OG METODER

Dette kapitlet omtaler, i noe mer prinsipielle formuleringer, de metoder som kommer til benyttelse under slamfangst, avvanning og slambehandling. De ulike metodene benyttes i de forskjellige teknologiske løsningene som er beskrevet senere.

7.1 Sedimentasjon

Det teoretiske grunnlaget for dette kapitlet er hentet fra (SFT, 2005). For mer detaljer henviser vi til denne publikasjonen.

I VA sektoren har primærrensaneanlegg tradisjonelt vært basert på sedimentering som etterfølger til en forbehandling (Figur 8). Sedimentering er en kontinuerlig prosess, dvs at vannet strømmer gjennom et basseng mens partiklene bunnfeller, og det fraseparerte (rensedet) og vannet fjernes ved en overløpsanordning. Det teoretiske grunnlaget for sedimentering følger Stokes lov og Hanzens overflatebelastningsteori. Sedimenteringsbasseng dimensjoneres med utgangspunkt i en ønsket overflatebelastning. Om en partikkel skal kunne fjernes i et ideelt sedimenteringsbasseng, må synkehastigheten på partikkelen være mindre enn Q/A_f , som kalles overflatebelastningen, V_f :

$$V_f = \frac{Q}{A_f} \left(\frac{m}{t} \right)$$

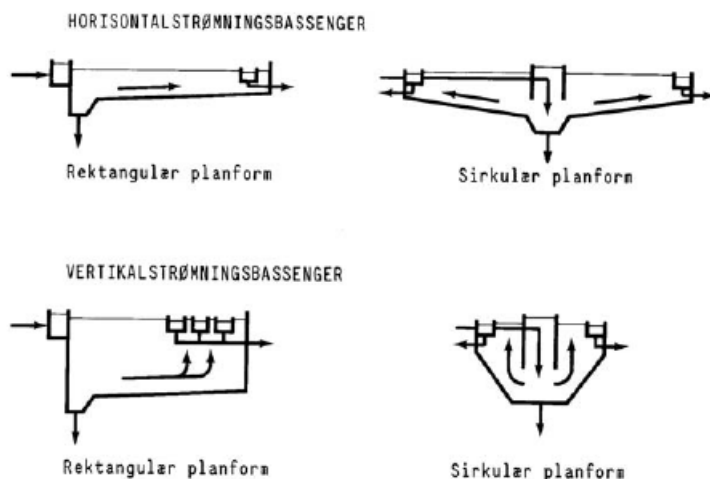
Hvor Q = vannføringen (m^3/t) og A_f = sedimenteringsbassengets overflateareal (m^2)

Det finnes to ulike prinsipper for renseanlegg basert på sedimentering:

1. Anlegget er basert på diskontinuerlig (tidsvis) uttak av slam
2. Anlegget er basert på kontinuerlig uttak av slam

Den første typen er bygget på det samme prinsippet som slamavskillere, det vil si med et slamlager i den samme tanken som sedimenteringen foregår (anlegg med integrert slamlager). Disse anleggene har en svært enkel eller ingen forbehandling (verken rist eller sandfang). Den andre typen er bygget opp som andre renseanlegg med forbehandling etterfulgt av et primærsteg som produserer slam som krever separat lagring eller behandling.

Tradisjonelle sedimenteringsbasseng kan ha ulike utforminger, se prinsippsskisser i Figur 8. Overflaten kan være både rektangulære og sirkulære (eventuelt kvadratiske), og de kan både ha overveiende horisontal eller vertikal strømningsretning.



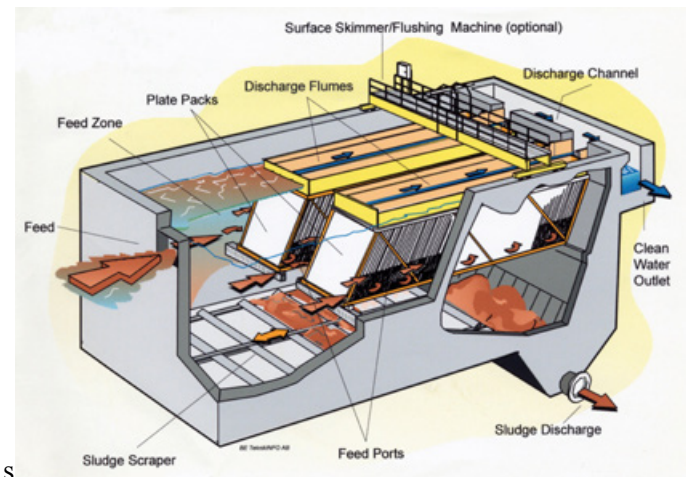
Figur 8 Ulike utforminger av tradisjonelle sedimenteringsbasseng. (Primærrensing TA-2088/2005, tilgjengelig på: <http://www.klif.no/publikasjoner/vann/2088/ta2088.pdf>)

Forventet renseseffekt når sedimentering benyttes for primærrensning vil være avhengig av:

- Inn- og utløpsarrangement
- Sammensetningen av i avløpsvannet – spesielt partikkelstørrelsesfordelingen og andelen av løst organisk stoff
- Overflatebelastningen (og til dels oppholdstiden)
- Sedimenteringsbassengets utforming
- Graden av forbehandling av vannet

Ettersom Stokes lov er avhengig av partikkelstørrelsen, vil partikkelstørrelsesfordelingen være avgjørende ved sedimentering. Det er sammenheng mellom overflatebelastningen og størrelsen på de partikler som lar seg fjerne. Med de overflatebelastninger som benyttes ved primærrensning, kan vi regne med at partikler ned til 70-90 μm vil fjernes. På samme måte som ved siling, kan man kunne få problemer med renskravet mht BOF5 selv om man klarer SS-kravet i de tilfeller der andelen av løst organisk stoff i innløpsvannet er særlig høyt pga tilførsel av industrivann eller slamvannretur (Ødegaard et al., 2012). Data på dette fra oppdrettsnæringen mangler imidlertid.

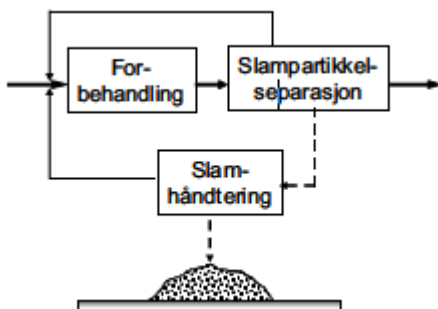
Lamellsedimentering er en kjent og velp prøvd renseteknologi, men det er liten tradisjon for at denne teknologien benyttes på primærrensaneanlegg. Dette kan endre seg, spesielt i anlegg for videregående primærrensning der koagulant tilsettes for å bedre separasjonseffekten (CEPT – chemically enhanced primary treatment). Et lamellsedimenteringsbasseng kan bygges opp som vist i Figur 9. I et basseng settes det inn lameller eller rørpakker og vannet strømmer opp gjennom disse. Slampartiklene sedimenterer ned på disse og sklir på lamellene motstrøms vannet ut og ned i slamsonen i bassenget under. Lamellene kan ligge i en avstand på ca 10 cm. Dette er også en vanlig rørdiameter når rørpakker benyttes i stedet for lameller. Lamellsedimentering kan gi høy hydraulisk virkningsgrad, men kan gi ustabile separasjonsresultater, spesielt ved separasjon av store slammengder, fordi slamfasen og vannfasen lett interfererer med hverandre (Ødegaard et al., 2012).



Figur 9 Lamellsedimenteringsbasseng. (Kilde: www.hydro-int.com)

7.2 Membranfiltrering

Siling (planfiltrering) har vært en aktuell metode fra VA sektoren for å oppnå primærrensekravet. Erfaring har vist at de tradisjonelle grovsilanleggene (med lysåpning rundt 1 mm) ikke klarer kravene og det er derfor blitt satset på å utvikle andre sil-løsninger vanligvis med finere siler. Dette krever mer omfattende forbehandling, og gir større produksjon av slam. Sil-anleggene som er bygget for å klare primærrensekravet, får etter hvert den samme generelle oppbygning som de tradisjonelle sedimenterings-anleggene har, nemlig som vist i Figur 10, med et forbehandlingssteg, et slamseparasjonssteg og et slambehandlingssteg.

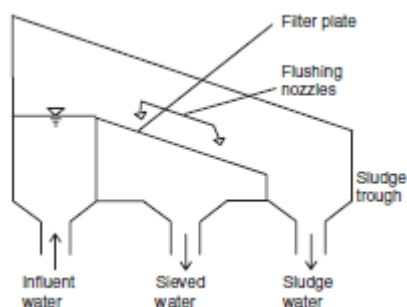


Figur 10 Oppbygning av primærrenseanlegg. (Kilde SFT, 2005). Figuren viser to viktige returstrømmer, (1) den som kan komme fra selve separasjonsenheten i form av spylevannvann i silanlegg og (2) den som kommer i retur fra slamhåndteringen i form av slamvann. Disse returstrømmene må det tas hensyn til både ved planlegging og dokumentasjon av anlegget.

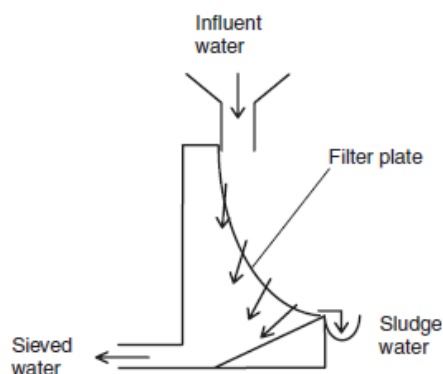
Tradisjonelt har man nesten utelukkende benyttet mikrosilfiltrering som avløpsvannbehandling innenfor akvakultur. Filtersystemer fra Hydrotech og Salnes er dominerende. Med slike systemer er det rapportert at man kan oppnå renses effekter i området 7-32 % av det totale nitrogen og 30-84 % av total fosfor gjennom å filtrere bort partikkelfraksjonen. Effektiviteten på silene er avhengig av størrelse på partiklene i avløpet, lysåpning i silduken og konsentrasjon av suspendert stoff (SS) i avløpsvannet. Ved bruk av membranfiltrering kan man oppnå en rensesprosent for BOD₅ og SS på mellom 33 – 53 % av avløp fra settefiskanlegg (Bergheim, Sanni et al. 1993; Kelly, Bergheim et al. 1997; Sindilariu, Brinker et al. 2009; del Campo 2010), men slammengden blir stor grunnet lavt tørrestoffinnhold, gjerne i området 0,6 – 2 liter slam pr kg fôr anvendt i produksjonen (Anders Fjellheim pers.med) og (del Campo 2010). Fjerning av partikler fra avløpsvann med mikrosil betyr en mekanisk siling av partikler. Silens effektivitet er bestemt av avløpets partikkelssammensetning i forhold til størrelse, samt lysåpningen som benyttes (Brinker 2005). Det finnes flere siltyper, men de mest aktuelle kan deles inn i (1) statiske siler, (2) mobile siler.

Statistiske siler: Kan være flate eller skråstilte. Såkalte *triangelfiltre* (Figur 11) operer ved at en tynn vannfilm distribueres over en overløpskant og inn på en side av et flatt silpanel (Summerfelt, Hankins et al. 1997). Partiklene fanges på silen og transporteres til en avløpsrenne. Silen vaskes automatisk og periodisk med vann. Effektiviteten er ved siden av partikkelfordeling og lysåpning avhengig av areal på silen. Effektiviteter på slike siler i avløp fra oppdrettsvann, når de brukes på et avløpsvann som er prekonsentrert på karnivå, ligger i området 77 – 91 % for totP, med en belastning mellom 5,2 liter /sek og lysåpning i duk på 65µm (Mäkinen 1988). Med belastning på 5,2 l/sek, poreåpning på 80µm oppnådde man en effektivitet på 54-68 % for SS for avløp fra raceways der avløpskonsentrasjonen varierte mellom 7 og 11 mg/l (Heinen 1996).

Bueformede siler (Figur 12) er konstruert for å være selvrensende gravitasjonsfiltre. De kan håndtere vannmengder i størrelsesorden 4-8 l/s med poreåpning på 200 µm. De har vært testet på avløpsvann fra akvakultur på prekonsentrert avløp fra fiskekar med svært lav belastning (0,062- 0,072 l/sek) og høykonsentrert avløp (170 mg/l TSS), og man oppnådde da en rensegrad mellom 72,1-84,2 % for partikkelbunden nitrogen og fosfor, COD og TSS (Lekang 2000). Slike type filtre er bare egnet for behandling av prekonsentrert avløp (eksempel type partikkelfelle i kar) med høy konsentrasjon og lav vannbelastning.



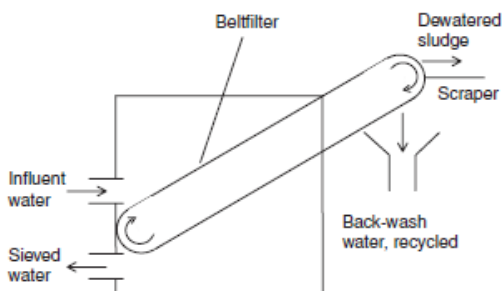
Figur 11 Skjematisert funksjonsprinsipp for triangelfilter. Etter Mäkinen et al., 1988.



Figur 12 Skjematisert funksjonsprinsipp av et buefilter (gap-filter) etter Lekang et al. 2000

Mobile silduker. Innenfor denne type filtre finner vi beltefiltre med stigning på 10-30 % og trommelfiltre. Såkalte beltefiltre (Figur 13) fjerner partikler, med liten skade gjennom en kontinuerlig eller periodisk bevegelse av silduken. Partiklene fanges på silduken og løftes ut av vannet og skrapes vaskes av med vann- eller luftkniv, eventuelt vakumsug. Denne filtertypen benyttes enten som eneste endepunkt behandling på

avløpsvann eller som sekundærledd i en filtreringsprosess (Sindulariu, 2007). I oppdrettssammenheng er denne filtertypen testet i flere konfigurasjoner (**Tabell 4**).



Figur 13. Skjematisk funksjonsprinsipp for beltefilter. Etter Sindulariu 2007

Tabell 4 Data fra tester med beltefilter på avløpsvann fra oppdrettsnæringen. Modifisert etter Sindulariu, 2007 og data fra AquaOptima.. (Obs; tallene må leses med forsiktighet da effektivitet er avhengig av konsentrasjon av SS inn på filteret og vannbelastning).

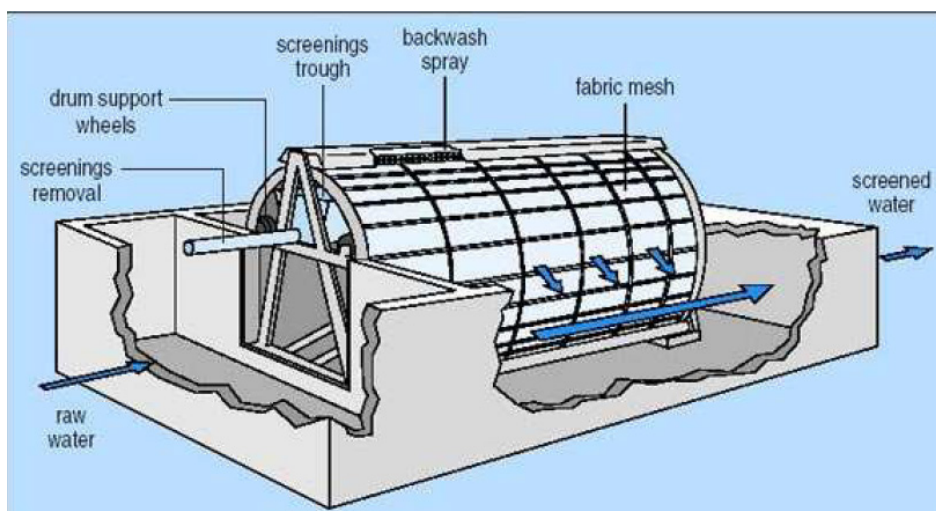
Oppdrett	Lysåpning μm	Vannbelastning l/s	Effektivitet	Referanse
Ørret raceway, avløpsvann	100	50-125	52-70 % SS 23-30 % COD 7-13 % totP	Fladung, 1993
Behandling av spylevann fra roterende filter	120	0,67	95 % TSS 80 % totP 12,6 % TS	(Ebeling, Welsh et al. 2006)
Behandling av konsentrert avløp fra 300 m ³ smoltkar med ECOTRAP partikkelfelle.	75	2,16	97 % SS	Schei, 2008
Behandling av konsentrert avløp fra 300 m ³ smoltkar med ECOTRAP partikkelfelle.	210	2,2	55,9 % SS	(Schei 2008)

Trommelfilter. Dette er trommelformede silduker der avløpsvannet strømmer aksialt inn i trommelen og så ledes radially gjennom silduken (Cripps 1994). Trommelen er delvis neddykket og i luftfasen fungerer dyser med tilbakespyling på utsiden av trommelen (Figur 14). Når trommelen roterer vil filtrert partikler løftes fra vannet og tilbakespyles i et avløpskammer som leder slammet ut av trommelen (Cripps 1996).

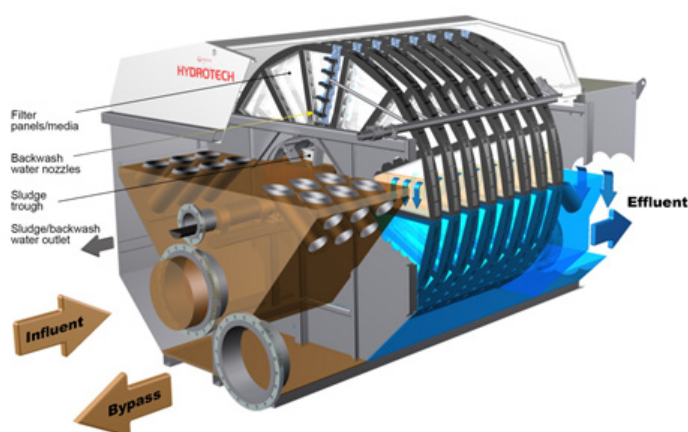
Skivefilter. Disse siltyperne består av flere flate sirkulære skiver med microsil duk satt loddrett ned i avløpsvannstrømmen (Figur 15). Sildukene kan ha forskjellig lysåpning, med den groveste rettet oppstrøms og den fineste rettet nedstrøms. Dyser som er lokalisert nedstrøms tilbakespyler filterduken slik at partiklene løsner og sendes ned i et avløpskammer som ledes ut fra filteret (Sindulariu, 2007).

Roterende trommelfiltre og skivefiltre har lenge vært anset som best tilgjengelige teknologi for avløpsvannsbehandling fra ørretoppdrett (Sindilariu, 2007). I tester i akvakultursammenheng er det rapportert om ulik renseeffektivitet (Tabell 5). Effektiviteten er avhengig av partikkelfordelingen, konsentrasjonen av partikler i avløpet og trykket på tilbakespylingen. Investering og driftskostnader øker dramatisk med reduksjon i filterstørrelse. Maksimalt renseeffekt rapportert (99 %) ble oppnådd med konsentrasjon på avløpet på 305 – 1000 mg/l SS (Bergheim et.al., 1998). Normalt avløp fra settefiskanlegg er mye lavere (3-20 mg/l) (Sindilariu, 2007) og vil ikke kunne oppnå samme renseeffektivitet.

Vannmengdene som går til tilbakespyling i trommel og skivefilter ligger i området 0,03 – 1 % av primærvannmengden. Tilbakespylingsvannet (slammet) inneholder omlag 1000 mg/l SS (Bergheim et al., 1998) og må bli videre avvannet for å redusere slamhåndteringskostnadene. Slike avvanningssystemer kan inkludere (a) sedimentering, (b) filtrering, (c) flokkulering for eksempel.



Figur 14 Prinsippsskisse for trommelfilter. Kilde COWI AS.



Figur 15 Prinsippsskisse for skivefilter. Kilde Hydrotech AS

Tabell 5 Data fra tester med trommel eller skivefilter på avløpsvann fra oppdrettsnæringen. Modifisert etter Sindulariu, 2007. (Obs; tallene må leses med forsiktighet da effektivitet er avhengig av konsentrasjon av SS inn på filteret og vannbelastning).

Oppdrett	Lysåpning μm	Vannbelastning l/s	Effektivitet	Referanse
Flow-Trough fishfarm (raceway)	80	170 ¹⁴	65 % SS	(Brinker and Rosch 2005)
Landbased fish farms	60 – 350	Na	63-68 % SS	(Bergheim, Sanni et al. 1993)

Kammerfilterpresse: Dette er en vanlig teknologi for avvanning av slam innenfor kommunalt avløpsvann (Figur 16). Også anvendt innenfor akvakultur (se Aquatech solution, side 63). Prinsippet består i at vann og slam pumpes inn i pressen. Pressen består av en rekke plater med hulrum og en filterduk. Filterduken holder tilbake slammet og lar væsken passerer igjennom. På baksiden av duken ledes vannet via hulrummet ut av pressen. Når pressen er fylt med slam, åpnes den og tørt slam / partikler faller ut. Når pressen lukkes er den klar til bruk igjen. Filterpresserne leveres med ulikt antall filterplater og størrelser. Størrelsen på pressen bestemmes ut fra erfaring eller forsøk. Tørrestoff i filterkakene ligger teoretisk mellom 25 % og 70 %. Maskinene kan leveres som fullautomatiske med filterplate skiller og tilbakespyling. Filtervannet må enten behandles separat eller gjøres tilbake i slamprosessen.



Figur 16 Eksempel på filterpresse. Kilde: <http://www.h2onordic.dk/Kammerfilterpresse.php>

7.3 Separasjon

Reduksjon av vanninnholdet (oppkonsentrering av slam) gjøres primært for å begrense kostnadene ved etterfølgende behandling/transport, men også for å begrense forurensingsfaren ved disponering av slammet.

Dersom slammet ut fra renseanlegget har et veldig lavt TS-innhold (1-2 % TS) bør det første oppkonsentreringstrinnet være en maskinell fortykker (f. eks trommelsil, båndfortykker) som kan øke TS-innholdet til 6-8 % TS, og deretter kan man konsentrere opp ytterligere med en avvanningsmaskin.

¹⁴ 13,2 m² filterduk a 80um

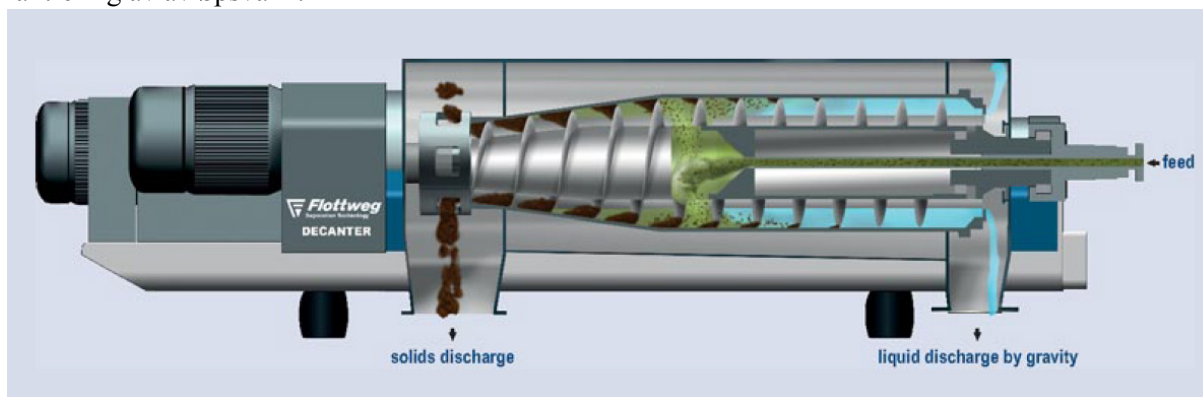
Ved settefiskanlegg hvor slammet ut fra renseanlegget har et TS-innhold på ca 10 %, vil det være hensiktsmessig å gå direkte på en avvanningsmaskin (for eksempel sentrifuge, skruepresse, avvanningscontainer og lignende) for å oppkonsentrere slammet mest mulig.

Separasjon kan inndeles i to hovedtyper: (1) *Mekanisk separasjon* (filtrering og pressing) eller (2) *gravitasjonsseparasjon* (horisontal eller vertikal sentrifugering og flotasjon). Metoder (1) er beskrevet tidligere.

Gravitasjonsseparasjon er vanligvis dyrere i investering enn andre metoder, og dessuten ofte avhengig av fortykning i forkant. Dekanter (separasjon ved horisontal strøm) er foreløpig brukt mest på avløpsvann.

En dekanter kan beskrives som en bunnfellingsdam viklet rundt en akse. I bunnfellingsdammen synker partikler tyngre enn væsken pga gravitasjonen, og danner et sediment på bunnen. I rotasjonssylinderen i dekanteren beveger de tunge partiklene til den indre diameteren av sylinderen pga sentrifugalkraften. Siden sentrifugalkraften i dekanteren er anslagsvis 3000 G i stedet for 1 G en bunnfellingsdam, separeres partiklene fra væsken langt raskere. Spesielt vil dekantere kunne benyttes der hvor arealtilgangen for bunnfellingsdammer rundt anlegget er begrenset.

Flere dekanterleverandører (som Alfa Laval, Flottweg) har egne produktserier spesielt utviklet for dekantering av avløpsvann.



Figur 17 Eksempel på gravitasjonsseparasjon. FLOTTWEG OSE DECANTERS er tilgjengelig for strømningsrater fra 20 til 250 m³/h per enhet

7.4 Termisk behandling

Ved termisk behandling fordampes mesteparten av det vannet i slammet som ikke kan fjernes ved maskinelt avvanningsutstyr. Vanligvis drives tørkeprosessen så langt at man oppnår 85-95 % TS-innhold i slammet, men tørkingen kan også avsluttes ved 40-65 % TS dersom slammet etterpå skal forbrennes. Det tørkede slammet kan så pelleteres eller granuleres (Paulsrud et al 1992).

Det finnes mange forskjellige tørker på markedet, men prinsipielt kan disse inndeles i to hovedgrupper: (1) *Direkte tørking* (konveksjonstørking) og (2) *indirekte tørking* (kontakttørking).

Ved direkte tørking føres varm luft, vandamp eller forbrenningsgasser direkte i kontakt med slammet og forårsaker fordampning av vanninnhold. Vanlige typer er roterende trommeltørker, fluidized bed tørker og båndtørker.

Ved indirekte tørking er varmemediet (damp eller heteolje) og slammet adskilt som i en varmeveksler. Vanlige typer er roterende disk-tørker og rørtørker.

Varmebehandling som metode for å fjerne vann er kostnadsintensiv i forhold til filtrering og separering, og derfor avhengig av større grad av oppkonsentrering før den er anvendelig. Som etterbehandling etter oppkonsentrering vil varmebehandling derimot kunne ha sin misjon, da den muliggjør hygienisering (inaktivering av mikrober og enzymer) og stabilisering av produktet med tørrstoffgrader over 90 %. (Paulsrud et al, 1992).



Disktørke

Hybride tørkemetoder som ultralyd-tøking, mikrobølgetøking og infrarød/ultrafiolett tøking kan også være verdt å nevne, da en chilensk leverandør, Trust Fish, nå benytter UV-tøking på (Boehmwald 2012)

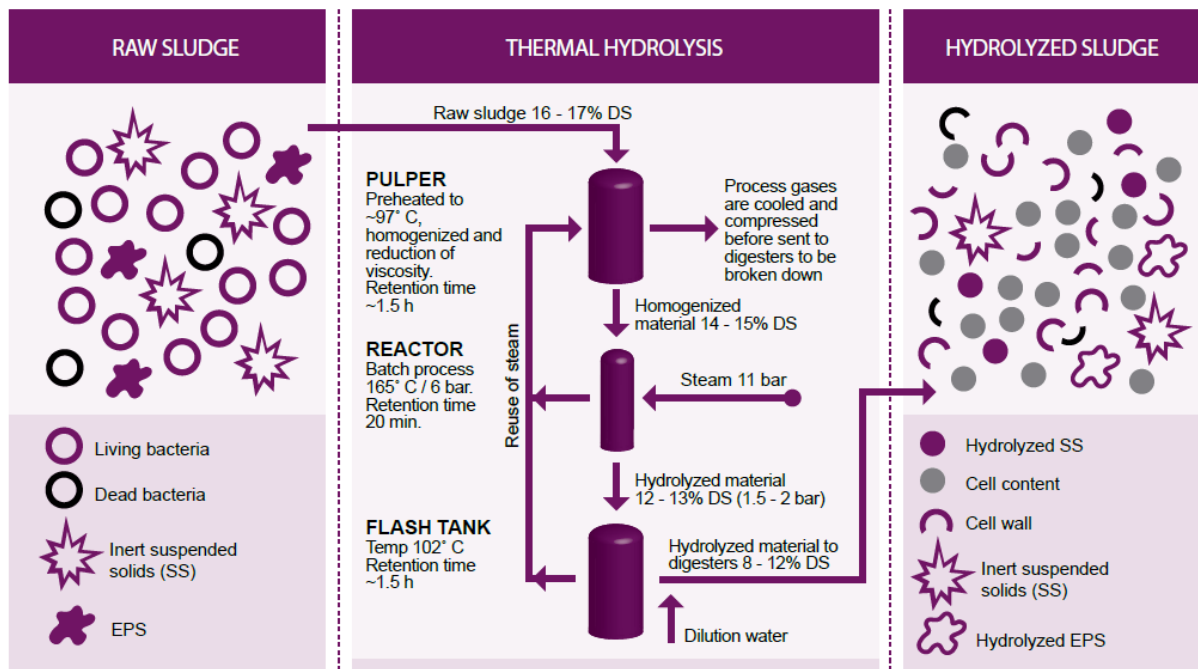
Termisk hydrolyse er en utbredt metode for å øke potensialet for avvanning av kloakkslam (Figur 18). Det innebærer oppvarming av slamm, vanligvis til temperaturer mellom 150 og 200 °C, undertrykk mellom 6 og 25 bar (Barlindhaug 1996). Prosessen produserer et slam som er delvis vannløst og hvor biologiske celler er nedbrutt. Dette øker tilgjengeligheten for anaerobisk fordøyelse. To eksempler på slike prosesser som er implementert i flere anlegg verdens over er Porteous og Cambi, sistnevnte også i Norge (HIAS, Hamar) (Weemaes 1998).

Termisk hydrolyse i full skala er testet i fullskala i Østerrike (Phothilangka 2007), og de kom til følgende konklusjoner:

Fordeler: Fra et økonomisk standpunkt forbedret avvanningsmulighet for slamm, og potensielt 25 % reduksjon i avhendingskostnader for biosolider. Resirkulering av varme oppnådd ved økt biogassproduksjon tilbake til oppvarming for termisk hydrolyse er nødvendig for å spare varmetilførsel/CO₂-utslipp.

Ulemper: Reduksjon i løselige organiske forbindelser og næringsstoffer til resipient – den opprinnelige hensikten med biologisk vannbehandling – støttes ikke av noen teknologi for slamdisintegrasjon. Likevel, løselige organiske forbindelser generert av termisk hydrolyse er svært stabile forbindelser som ikke forårsaker utarming av oppløst oksygen i elver.

Termisk hydrolyse kan derfor være egnet som del av en prosess for biogassproduksjon der biogassproduksjonen skjer nær vannbehandlingsanlegget (se også side 46.)



Figur 18 Termisk hydrolyse. <http://www.cambi.no>

7.5 Kompostprosesser

Kompostering er en aerob prosess der organisk materiale brytes ned bakterielt til et stabilt kompost. Den bakterielle nedbryting tilfører varme typisk 60 – 70 grader som medfører fordampning av vann. Effektivitet på prosessen er avhengig næringsstoffer og oksygen. Lite nitrogen er også antatt å kunne være begrensende i komposter basert med fiskeslam (Ivar Storrø, pers. med). I Chile rapporteres det om stortilt bruk av komposteringsløsninger, med metemark som biologisk vektor. I såkalte kompostreaktorer vil man søke å øke hastigheten på nedbrytingen ved å tilføre varme og eventuelt skynde på starten av prosessen med å tilsette en bakteriekultur. Den konseptuelle varme / energibalansen i et komposteringssystem kan beskrives ved likningen;

Akkumulering = input – output +/- transformering

Akkumulering referer seg til varme økning eller varme nedgang i komposteringsmaterialet gjennom prosessen. Input er entalpien (totalenergien) i den innkomne luft, output er entalpien (totalenergien) i avgassene, inkludert varmen i det fordampende vann, samt tapet av varme gjennom veggen i komposteringsbeholderen. Transformasjonen (reaksjonen) viser til biologisk generert varme. Matematisk uttrykt blir dette:

$$\frac{d(mcT)}{dt} = GH_i - GH_o - UA(T - T_a) + \frac{dBVS}{dt} H_c$$

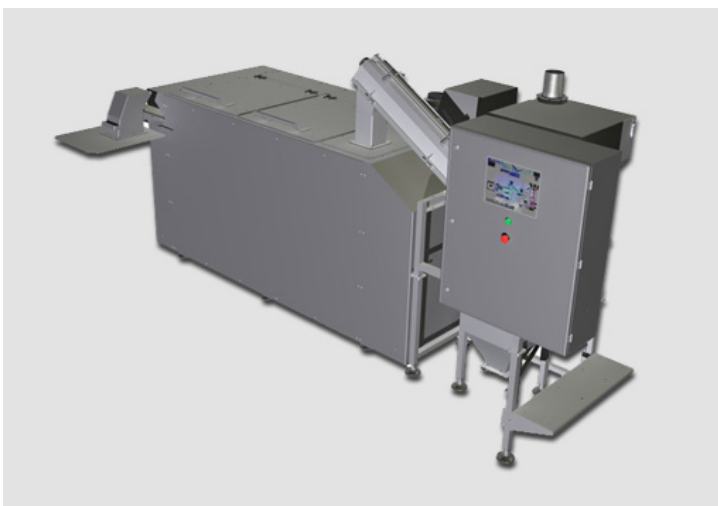
Hvor m = biomassen av kompostmaterialet (kg), c = den spesifikke varmen av kompostblandingen (kJ/kg °C), T , T_a , T = temperaturen i kompostblandingen og T_a omgivelsestemperaturen (°C), t = tiden(s), G = masse fluksen av tørr luft (kg/s), $H_{i,o}$ = entalpien i inntaks (i) og utløpsluft (o) (kJ/kg), U = den generelle varmeoverførings koeffisienten (kW/m² °C), A_n = varme overflaten (areal) (m²), BVS = nedbrytbare faste

stoffer (kg), og H_c varmen i forbrenningen (kJ/kg-BVS fjernet). Når man ser på reaksjonslikningen kan man forstå at komposteringsprosessen kan styres ved å manipulere på temperatur og lufttilførsel, mekanisk snuing av biomassen slik at luft kommer til, samt biomassen som entrer og forlater systemet. Kompostsystemer kan være relativt enkle (Figur 19) eller mer avanserte (Figur 20), men følger de samme prinsipper for reaksjonslikningen.



Figur 19 Enkel aerob kompostering av fiskeslam ved et Chilensk settefiskanlegg.

Ved siden av bakterier forestår meitemark nedbryting av fiskeslam til jord. I forkant blir slammet fra avløpet fanget i mekaniske filter (avvannet 2 ganger), deretter en viss oppholdstid i sedimenteringsbassenget. Slammet har da 15 – 20 % tørrstoff og blir dusjet over gulvet i «mark – fjøset». Gulvet i dette fjøset er perforert og det er nok en god del avrenning til grunnen. Røktinga i fjøset går ut på å lage åpne felt hvor marken trekker inn for å gå løs på nytt slam. Det antas at det må «gjødsles» med noe jord / løv for at marken skal ha noe å starte med. Sluttresultatet er luktfri kompost egnet for jordforbedring (pers. med Jakob Soldal).



Figur 20 Eksempel på industriell bioreaktor for kompostering av storhusholdningsavfall. Kilde www.global-enviro.us

7.6 Luktbehandling

De ulike slambehandlingsmetodene innebærer forskjellig potensial for luktutvikling under behandling og lagring og forskjellige muligheter for å begrense luktelempen ved tekniske tiltak. Generelt vil behandlingsprosesser og lagring som foregår i lukkede reaktorer /tanker/bassenger gi gode muligheter for å sette inn

luktredukerende tiltak på ventilasjonsluften fra de lukkede rommene (Blytt et al., 2011). I **Tabell 6** er det gjort en sammenstilling av luktmessige forhold for de ulike slambehandlingsmetodene.

Tabell 6 Luktpotensial og muligheter for luktredukerende tiltak (Blytt et al., 2011).

Slambehandlingsmetode	Potensial for lukttutvikling		Muligheter for luktredukerende tiltak
	Under behandling	Ved lagring etter behandling	
Våtkompostering	Meget stort	Middels stort (avhengig av temperatur i slammet)	Gode. Luktreduksjonsanlegg er standard
Kompostering i reaktor	Stort	Middels-stort	Gode under behandling, men dårlige ved ettermodning
Kompostering i ranker	Stort	Middels-stort	Dårlige både ved behandling og ettermodning
Langtidslagring	Middels-stort	Middels-stort	Dårlige
Kalkbehandling	Meget-stort	Stort	Gode under behandling og ved lagring i lukket siloer. Middels ved lagring i åpne containere
Biogassanlegg (mesofil drift, 37-40 °C)	Lite-middels	Lite-middels	Gode ved lagring i lukkede basseng/tanker
Biogassanlegg (termofil drift, 55 °C)	Stort	Stort-middels (avhengig av temperatur i slammet)	Gode ved lagring i lukkede basseng/tanker
Pasteurisering	Stort	Se biogassanlegg	Se biogassanlegg
Aerob, termofil forbehandling	Se våtkompostering	Se våtkompostering	Se våtkompostering
Termisk hydrolyse	Stort	Se biogassanlegg	Se biogassanlegg
Termisk tørking	Stort	Lite-middels (avhengig av temperatur i slammet)	Gode ved lagring i lukkede siloer

Nedenfor er det gitt en kort omtale av ulike luktreduksjonsmetoder som man har lang erfaring med fra avløpsrensaneanlegg/slambehandlingsanlegg. Disse metodene forutsetter at man kan samle opp den luktbelastede luften i rør/kanaler ved hjelp av ventilasjonstekniske tiltak, og føre luften frem til luktreduksjonsanlegget. Flere av metodene kan med fordel kombineres for å oppnå den mest kost-effektive løsningen for de aktuelle luktstoffene (Blytt et al., 2011).

Biologiske filtre (kompostfiltre)

Biofiltre kan behandle mange forskjellige typer luktkomponenter. De er normalt enkle i bruk og krever et lite forbruk av kjemikalier. De er imidlertid ofte plasskrevende og kan være sensitive for høye konsentrasjoner av hydrogensulfid og ammoniakk samt store variasjoner i pH. Man må også av og til skifte filtermateriale, hyppigheten avhenger av flere forhold, bl.a. type filtermateriale som benyttes, klimatiske forhold og luktbelastning i forhold til filterets størrelse.

Biologiske scrubbere

Prinsippet her er at forurenset luft trekkes motstrøms inn i et biofilter (ofte plastelementer) som overrisles med vann, og der det vokser bakteriekulturer som bryter ned luktstoffer.

Bioscrubbere kan behandle store mengder luftforurenset luft. De kan være godt egnet for fjerning av hydrogensulfid, men det kan være vanskelig å kontrollere og opprettholde en stabil prosess.

Kjemiske scrubbere

I oppbygging ligner disse på bioscrubberen, men her benyttes kjemikalier for å fjerne luktstoffer. Kjemiske scrubbere kan enten være basiske for fjerning av hydrogensulfid, sure for fjerning av ammoniakk eller oksidative for å oksidere luktkomponenter. Kjemiske scrubbere krever bruk av større mengder, ofte aggressive, kjemikalier (syre, lut, klor). Vedlikehold og drift krever en god oppfølging.

Kullfiltere

Kullfiltere kan brukes for mange typer luktkomponenter. De er enkle i bruk, men forbruket av filtermateriale er stort ved behandling av større og konsentrerte utslipp. Dette vil innebære hyppig skifte av filtermateriale og høye kostnader, og det er vanskelig å vite når filteret må skiftes.

UV-fotooksidasjon/ozon

UV-lys har energi nok til å splitte opp proteinkjedene i luftforurensende luft og samtidig danner UV lyset ozon som oksiderer de oppsplittede organiske emnene i luften til stoffer som ikke lukter. Teknikken har lenge vært benyttet innen næringsmiddelindustrien, fiskeindustrien, avløpsanlegg, der man vil fjerne lukter. Da ozon ble introdusert som luktreduksjonsmiddel i avløpssektoren, ble den av enkelte leverandører markedsført under navn som ”aktiv oksygen” og ”ionisert luft”, for å unngå det negativt betonte ordet ”ozon”. I dag er situasjonen annerledes, og seriøse leverandører vektlegger informasjon til driftspersonell. Ved riktig bruk anses bruk av ozon som en helsemessig betryggende luktreduksjonsmetode.

Stripping/vasking

Denne metoden baseres på at forurenset luft suges av og tilføres sugesiden på en blåsemaskin for så å bli blåst via diffusorer inn i vann, eller et annet væskemedium, med en aktiv biologisk kultur.

Termisk oksidasjon (forbrenning)

Det å lede forurenset luft til et forbrenningskammer gir effektiv luktfjerning. Dette forutsetter at det finnes et olje- eller gassfyrt anlegg ved det aktuelle anlegget som produserer varmeenergi kontinuerlig.

Ved forbrenningen vil luktstoffene omformes til andre stoffer (for eksempel svoveldioksid og nitrogen-dioksid). Dersom luktgassene inneholder mye hydrogensulfid og ammoniakk, bør en sjekke dette mot utslippskravene for anleggets røykgass.

7.7 Hygenisering

I EUs nye biproduktforordning er det klargjort at avføring fra fisk er definert ut av biproduktforordningen. Det betyr at det er Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav som gir hygienereglene dersom avføring/slam fra fiskeanlegg brukes som gjødsel eller jordforbedringsmiddel. Unntaket er dersom slammet inneholder død fisk, da skal en fortsatt forholde seg til biproduktforordningen.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har konkludert med at det er svært lite sannsynlig at smittestoff (virus, bakterier og parasitter) i slam fra klekkeri og settefiskanlegg representerer en fare for mennesker når dette blir brukt som gjødsel eller jordforbedringsmiddel uten forutgående hygenisering. Den samme gjelder slam fra marine oppdrettsanlegg. VKM mener derimot at man ikke kan utelukke at spredning av

fiskeysykdommer kan skje dersom uhygienisert slam blir brukt som gjødsel eller jordforbedringsmiddel. (Mattilsynet, 2013)¹⁵.

Gjødselverforskriftens krav til hygienisering av slam kan tilfredsstilles ved

- Termofil anaerob stabilisering, forutsatt at prosessen drives med en holdetid på 2 timer ved 55 °C, og at det legges til rette for at enhver slampartikkel får denne behandlingen, f.eks. ved omlegging av rutinene for inn- og utpumping av slam.
- AgroNova-prosessen, forutsatt at hygieniseringseffekten dokumenteres ved hvert enkelt anlegg gjennom valideringstester med Ascaris-egg.

<http://agronova.no/rapporter/Rapport%20Aquateam%2005.pdf>

Parametere som påvirker inaktivering av patogener er: Temperatur, fuktighet, pH, oppholdstid, andre behandlingsformer (stråling, kjemisk behandling som kalking).

http://ec.europa.eu/environment/waste/sludge/pdf/sludge_eval.pdf

Mange behandlingsmetoder for slam (for eksempel termisk hydrolyse og avvanning ved tørking) medfører i seg selv hygienisering av slammet. Ved kun oppkonsentrering av slammet ved for eksempel filtrering og/eller pressing kan det være nødvendig med et separat hygieniseringstrinn.

De fleste metoder for hygienisering innebærer bruk av temperatur over tid, enkelte også regulering av pH og tilsetning av kjemiske stoffer. En oversikt over forskjellige hygieniseringsmetoder med forslag til kritiske driftsbetingelser for hygienisering av slam finnes nedenfor (Tabell 7).

15

http://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/hvilke_regelverk_gjelder_f_or_bruk_av_fiskeslam_som_gjodsel

Tabell 7 Hygienisering av avløpsslam. Kilde : NORVAR anbefaling for kontrollopplegg (2007)

Hygieniseringsmetoder	Min. temp. (°C)	Min. holdetid (min.)	pH	Kommentarer
Pasteurisering	65	30	-	Metodekontroll utført i Norge Anbefalte driftsbetingelser: 70°C i 30 min.
Aerob, termofil forbehandling	60	60	-	Metodekontroll utført i Norge Anbefalte driftsbetingelser: 60°C i 1,5 time
Termofil utråtning	55	90	-	Metodekontroll utført i Norge Anbefalte driftsbetingelser: 55°C i 2 timer
Kalk-kondisjonering + vakuumentøking	80	50	-	Metodekontroll utført i Norge
Kalkbehandling av slam (Orsa-metoden)	55	120	12,4	Metodekontroll utført i Norge. Anbefalte driftsbetingelser: 55°C i 2 timer. Bør bestemme kritisk kalkdose for hvert anlegg.
Termisk tøking	80	10	-	Basert på amerikansk regelverk Metodekontroll utføres på tørke hos IVAR høsten 2007
Termisk hydrolyse	-	-	-	Metodekontroll unødvendig. Vanlige driftsbetingelser overholder kravene med god margin
Ranke- og reaktorkompostering	-	-	-	Bruke data fra tysk eller amerikansk regelverk, evt. metodekontroll på eget anlegg
AgroNova-prosessen (avisfiber + satsvis kompostering)	-	-	-	Metodekontroll utført i Norge. Metodekontroll må gjentas for hvert anlegg.
Langtidslagring + enkel rankekompostering	-	-	-	Mangler data for kritiske driftsbetingelser. Metodekontroll gjennomføres 2006-2009

7.8 Stabilisering

Stabilisering av slam er en fellesbetegnelse på de prosesser som har til hovedhensikt å redusere lukt- og andre miljøproblemer som ellers vil oppstå ved håndtering av råslam. Dette kan skje ved kontrollert nedbryting av organisk materiale i slammet (aerob eller anaerob stabilisering/biogassanlegg) eller midlertidig ved tilsetning av kjemikalier (for eksempel kalk) som for en viss tid hindrer nedbryting i å komme i gang (Ødegaard et al., 2012).

Anaerob stabilisering av slam innebærer nedbryting av organisk stoff i slammet uten tilstedeværelse av fritt oksygen. Prosessen skjer i en lukket, oppvarmet tank hvor organisk materiale ved bakteriell nedbryting

(syreproduserende bakterier) omvandles til løste forbindelser som organiske syrer, alkoholer osv. Disse forbindelser brytes så ned av en annen type bakterier (metanproduserende bakterier) til sluttproduktene metan (CH_4), karbondioksid (CO_2) og vann og mindre mengder av andre gasser (N_2 , O_2 , H_2S) samt en rest (utråtnet slam) som består av inert materiale og den delen av det organiske materialet som ikke er omdannet i råtnetanken. Anaerob stabilisering brukes for å redusere lukt i tilknytting til lagring og bruk av slam, men metoden gir også en betydelig reduksjon av slammengdene og mulighet for produksjon av fornybar energi (biogass) (Ødegaard et al., 2012).

Aerob stabilisering av slam innebærer av nedbrytning av organisk stoff i slammet med oksygen til stede av aerobe bakterier, til sluttproduktene CO_2 , H_2O og andre stabile nebytningsprodukter. Slik stabilisering kan enten foregå med slammet i flytende form (våtkompostering) eller etter at slammet er avvannet (tørrekompostering) (Ødegaard et al., 2012).

Kjemisk stabilisering av slam menes her tilsetning av lesket kalk til et ikke avvannet slam. Dette kan f. eks. skje i forbindelse med kondisjonering av slammet før avvanning i kammerfilterpresser. Ved tilsetning av ulesket kalk til avvannet slam vil det skje en økning av pH opp til 12,6, hvorved mikrobiell virksomhet opphører. Når slammet lagres utendørs, vil pH-verdien etter hvert synke igjen. I tillegg til økning av pH vil man også få en kraftig temperaturstigning i slammet. Dette skyldes den energien som frigjøres når ulesket kalk kommer i kontakt med vann. Temperaturøkningen i slammet vil i første rekke avhenge av tilsatt kalkmengde og TS-innholdet i det avvannede slammet. I tillegg vil isoleringen av lagertanken for det kalkbehandlede slammet avgjøre hvor raskt temperaturen faller igjen under lagring. Det kan gjøres teoretiske beregninger av hvor mye temperaturen og TS-innholdet i slammet øker ved økende kalkmengder. Et slam med for eksempel 25 % TS etter avvanning trenger en kalktilsetning på ca. 550 kg CaO/tonn TS for å oppnå en temperatur på ca. 60°C (forutsatt 15°C i slammet før kalktilsetning). Sammen med kalkens pH-effekt (inkl. ammoniakkeffekten) vil en slik temperaturøkning gi en god hygienisering av slammet (Ødegaard 2012).

7.9 Kjemikaliebruk

I et kjemisk renseanlegg tilsettes fellingskjemikalium til vannet etter forbehandling. Dette forårsaker koagulering av partikler og utfelling av fosfor i ørsmå partikkelaggregater (metalhydroksid-fosfat-kolloidekompleks). De utfelte partikler er mikroskopiske og må bygges opp til større fra separerbare fnokker gjennom omrøring i vannmassen (flokkulering). Fnokkene separeres så ved hjelp av en eller annen partikkelseparasjonmetode (siling, sedimentering, flotasjon, filtrering etc.) (Ødegaard et al., 2012).

Flokkuleringen må alltid sees i direkte sammenheng med slamseparasjonen. Ved kjemisk rensing er sedimentering det vanligste, men flotasjon benyttes også. Det er mindre vanlig å benytte siling eller filtrering som separasjonprosess i rene kjemiske anlegg, men ikke når kjemisk felling benyttes i forbindelse med sluttseparasjon i biologisk/kjemiske anlegg (Ødegaard et al., 2012).

Flere varianter av den generelle oppbygningen benyttes:

- Kjemisk forbedret primærrensing brukes gjerne som betegnelse på et anlegg der fellingsmiddelet tilsettes foran et forsedimenteringsbasseng (for eksempel i sandfanget) og anlegget for øvrig ikke er forsynt med spesielle flokkuleringsanordninger.
- Primærfelling brukes gjerne om et kjemisk anlegg oppbygget uten forsedimentering men med flokkulering.
- Sekundærfelling brukes gjerne et kjemisk anlegg oppbygget dvs. med forsedimentering og med flokkulering.

Kjemisk felling kan benyttes som eneste rensing metode eller i kombinasjon med biologiske metoder. I det siste tilfellet skiller man mellom (Ødegaard et al., 2012):

- Forfelling: kjemisk felling benyttes foran det biologiske steget.
- Simultanfelling: kjemiske felling skjer i det biologiske steget (kjemikaliesetting til bioreaktor).
- Etterfelling: kjemisk felling benyttes etter det biologiske steget.

Det kjemikalium som tilsettes for å få reaksjonen til å forløpe, kalles i Norge tradisjonelt for fellingsmiddel, selv om kjemikaliet både forårsaker felling og koagulering (destabilisering) av kolloider. Enkelte andre land benyttes derfor heller ordet koagulant om den samme prosessen. For å forbedre flokkuleringen og slamseparasjonen kan vi også tilsette kjemikalier som øker flokkuleringshastigheten, binder fnokkene sterkere sammen og bedrer separerbarheten. Disse kaller vi flokkulanter (Ødegaard et al., 2012).

De tradisjonelle fellingsmidler ved avløpsrensing er salter av aluminium eller jern. Også kalk, ev. jern i kombinasjon med kalk, kan benyttes. Som flokkulanter benyttes primært organiske polymerer. Dersom polymeren er positivt ladet, kan den også virke som koagulant, mens anioniske polymerr primært fungerer som flokkulanter (Ødegaard et al., 2012)..

Slam i VA sektoren blir vanligvis stabilisert før fortykning og avvanning. To typer stabiliserende kjemikalier benyttes:

1. Mineral kjemikalier som jernsalter og lut, som ofte benyttes i filterpresse applikasjoner
2. Organiske kjemikalier slik som koagulanter og flokulanter. De vanligste flokkulantene er kationer (positiv ladning)

Mineral kjemikalier

Jern salter:

Jern klorid og jernklorsulfat er de vanligste kjemikaliene benyttet sammen med lut for å kondisjonere slam foran en filterpresse. De tillater bedre filtrerbarhet ved koagulering av colloider (små partikler) og ved å stimulere til mikro-flokkulering og utfelling av hydroksider. Doseringen av jernsalter ligger mellom 3 – 15 % av tørrstoff innholdet, avhengig av kvaliteten på slammet. Det har etterhvert blitt mer vanlig å kombinere jernsalter med organiske flokkulanter (positivt ladete) for å redusere mengden slam som produseres, sammenlignet med den klassiske jernsalt og lut prosessen.

Lut:

Lut benyttes bare som kondisjonering sammen med jernsalter i filterpresse applikasjoner. Den gir struktur og bedre mekaniske egenskaper til slammet. Dosering av lut ligger ofte mellom 15 – 40 % av tørrstoff-innholdet.

Anmerkninger:

Lut benyttes også etter avvanning for å stabilisere slammet Den spesifikke motstanden for filtrering avhenger av størrelsen, form og grad av agglomerering (aggregerte partikkelnøster) av partiklene i filterpress kaken, men den er uavhengig av slamkonsentrasjonen.

Organiske kjemikalier

Postivt ladete flokkulanter er de vanligste kjemikaliene som benyttes i avvanning av slam.

Flokkuleringsmekanismen i slam består av en prosess der destabiliserte partikler nøstes sammen i aggregater som kalles fnokker. Med sin høye molekylvekt (langkjedede monomerer) og ulike ladninger vil flokkulantene fikse destabiliserte partikler på monomerkjeden. Partikkelstørrelsen i den vandige fasen vil derfor øke og det frigjøres vann som lett kan fjernes med avvanningsutstyr.



Figur 21 Flokkulering av partikler (Sludge Dewatering handbook from the group SNF Floerger, document available at: www.SNF-group.com)

Destabiliserte partikler:

Opprinnelsen til destabiliserte partikler i slam varierer og er avhengig av egenskapene til slammet.

Ladningen på flokkulanten velges ut i fra hvilke destabiliserte partikler som er tilstede i slammet. Dette er avhengig av om hvilket type slam vi snakker om.

Valg av ladning følger ofte mønstret nedenfor;

- Lavt til medium negativladning for mineralsk slam
- Lav negativ til lav positiv for ladning for fysisk – kjemisk slam
- Lav positiv ladning for primær slam
- Medium positive ladning for blandet slam
- Høy positiv ladning for biologisk slam

7.10 Pelleterisering

Pelletisering er en prosess for å komprimere eller forme et materiale til pellet eller granulater. Prosessen kan ofte inngå som siste trinn i en tørke eller en ekstruder for å oppnå et stabilt og anvendelig produkt. En rekke ulike pelletiserere finnes kommersielt tilgjengelig. (Eksempel Figur 22).



Figur 22 Huber pelletiseringsmaskin (www.huber.com)

Fordel med en pellet er at man da har tørt produkt som er konsentrert på næringsstoffer og som kan fraktes fra produksjonssted til brukssted og lagres der fram til bruk. Eksempelvis har man opparbeidet praksis for utnyttelse av kjøttbeinmel som gjødsel ved å benytte pelletering. Kjøttbeinmel i melform er vanskelig å spre jevnt i de mengdene som er optimale ut fra gjødslingssynspunkt, mens pelletert kjøttbeinmel er mye lettere å dosere riktig. Som pelletert vare kan bonden bruke egen gjødselspreder (pendelspreder/breispredding), men noen har laget pellets mer som granuler som også tåler spredning med kombimaskin. Gjødsel som kan spres med kombimaskin, er mest etterspurt fordi slikt har alle som driver med korndyrking har tilgang til eller har selv.

Siden konsistensen på kompostert fiskeslam og kjøttbeinmel er ganske lik, er det overveiende sannsynlig at det er like enkelt å lage pellets av slikt materiale som av kjøttbeinmel. Pelletering gir økt produksjonskostnad, men også vesentlig økt brukspotensial (Blytt et al, 2011).

8 SLUTTPRODUKTER

Det er viktig å tenke på hvilket sluttprodukt man ønsker når man velger slambehandlingsløsninger. Dette vil blant annet være avhengig av hvilke geografiske muligheter man har til å kvitte seg med slammet, og om man ønsker å ta vare på energiinnholdet eller ikke.

8.1 Alternativer for disponering av slam

Foruten biogass som omtales senere er det tre hovedalternativer for slutt Disponering av slam i Norge (Blytt et al, 2011)

1. Bruk av slam på jordarealer
2. Forbrenning av slam med deponering av asken

3. Deponering av slam i egne deponier eller på avfallsdeponier

Alternativ 1 er det foretrukne alternativet fra myndighetenes og bransjens side, og i praksis har det etablert seg 3 underalternativer her:

- (a) Bruk av slam på jordbruksarealer (vesentlig kornarealer)
- (b) Bruk av slam på grøntarealer (areal som ikke brukes til matproduksjon)
- (c) Bruk av slam som ingrediens i jordblandinger (maks 30 volumprosent slam i ferdig jordblanding)

Alternativ 2 krever konsesjon fra Fylkesmannen, og i dag er det bare Bergen kommune som har søkt og fått konsesjon til brenning av slam i regionenes søppelforbrenningsanlegg. Kommunen har så langt ikke brukt konsesjonen sin, da forbrenningen innebærer vesentlig høyere kostnader enn ved bruk av Alternativ 1.

Alternativ 3 er ikke lenger noe reelt alternativ etter at avfallsforskriften fra sommeren 2009 forbyr deponering av alt biologisk nedbrytbart avfall, inkl. avløpsslam. Det kan søkes om midlertidig unntak fra denne regelen for slam som har et tungmetallinnhold som er høyere enn kvalitetskravene i gjødselverforskriften for bruk av slam på jordarealer.

8.2 Kvalitetskrav ved ulik disponering av slam fra settefiskanlegg

Fiskeslam kan betraktes som husdyrgjødsel av fisk (Blytt et al, 2011). Fiskeslam omfattes av forskrift om gjødselvarer mv. av organisk opphav (jfr. pkt 5 i vedlegg 4 i gjødselverforskriften) (Landbruks- og Matdepartementet, 2003) men ikke av forskrift 27. oktober 2007 nr. 1254 om animalske biprodukter som ikke er beregnet for konsum (biproduktforordningen). Smittestoff (virus, bakterier og parasitter) som forekommer i slam fra klekkeri og settefiskanlegg, representerer ikke en fare for mennesker når dette blir brukt som gjødsel eller jordforbedringsmidde (Lunestad & Rimstad, 2011). Vurderingen omfatter bare slam som ikke inneholder død fisk. Med innhold av død fisk må slammet behandles i henhold til biproduktforordningen for kategori 2 materiale (Blytt et al, 2011).

8.2.1 Krav i gjødselverforskriften

Forskrift om gjødselvarer mv. av organisk oppgav (gjødselverforskriften) regulerer bruk av alle typer organiske gjødsel- og jordforbedringsmidler (Landbruks- og Matdepartementet 2003). Forskriften har spesielle regler for husdyrgjødsel, og særlige bruksbegrensninger for avløpsslam og avfall fra potetindustrien. Gjødselprodukter som omsettes eller tas i bruk av andre enn produsent pliktes å være registrert hos Mattilsynet (MATS). Ut fra erfaringene til Lunestad & Rimstad (2011), er det få registrerte gjødselprodukter basert på fiskeslam.

Det er i forskriften angitt krav til spredeareal i forhold til utskilt mengde fosfor i husdyrgjødsel (gjødseldyrenhet, GDE) og størrelsen på besetningen er oppad begrenset til tilgjengelig spredeareal. Det er ikke angitt GDE for verken smoltproduksjon (landbasert) eller sjøbasert oppdrett og det er ikke uttrykt et krav til spredeareal Blytt et al, 2011. Forskriften er under revisjon. Se kapittel 7.2.

Organisk avfallsmaterialer deles inn i fire kvalitetsklasser ut fra konsentrasjoner av tungmetaller på tørrstoffbasis) Blytt et al, 2011. Konsentrasjon av tungmetaller gir ulike bruksbegrensninger avhengig av om produktene nyttes i jordbruk eller til grøntarealer (**Tabell 8**) og (**Tabell 9**).

Tabell 8 Kvalitetsklasser ut fra maksimalt tillatt innhold av tungmetaller (mg/kg tørrstoff). Modifisert etter Blytt et al., 2011

Kvalitetsklasser	0	I	II	III
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

Tabell 9 Begrensninger for bruk av organisk avfall ut fra kvalitetsklasse. Modifisert etter Blytt et al., 2011.

Arealtype	Kvalitetsklasse	Mengdebegrensning
Jordbruk, hager og parker	0	Etter plantenes behov
	I	4 tonn TS per dekar og 10. år
	II	2 tonn TS per dekar og 10. år
Grøntarealer	0	Etter plantenes behov
	I-III	5 cm lag innblandet

Kvalitetsklasse 0 kan nyttes på jordbruksareal, private hager, parker, grøntarealer og lignende. Tilført mengde må ikke overstige plantenes behov for næringsstoffer.

Kvalitetsklasse I kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 4 tonn tørrstoff per dekar over 10 år. Kan nyttes på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller førvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

Kvalitetsklasse II kan nyttes på jordbruksareal, private hager og parker med inntil 2 tonn tørrstoff per dekar over 10 år. Kan nyttes på grøntarealer og lignende der det ikke skal dyrkes mat eller førvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse og blandes inn i jorda på bruksstedet.

Kvalitetsklasse III kan nyttes på grøntarealer og lignende arealer der det ikke skal dyrkes mat- eller førvekster. Produktet skal legges ut i lag på maksimalt 5 cm tykkelse hvert 10. år og blandes inn i jorda på bruksstedet. Brukt til toppdekke på avfallsfyllinger skal dekk sjiktet være maksimalt 15 cm.

Mengdebegrensningene som er angitt i forskriften, er laget med tanke på å begrense tilførselen av tungmetaller til arealer som det dyrkes matvekster (Blytt et al., 2011). Forskriften definerer hva som menes med (a) gjødsel, (b) jordforbedringsmiddel og (c) ingredienser i jordblandinger.

- (a) **Gjødsel:** materialer som inneholder konsentrasjoner av løselige plantenæringsstoffer som gjør produktet egnet til **årlig** bruk i forhold til plantenes behov for næringsalter. Et organisk gjødselprodukt skal ha forutsigbar effekt som gjødsel (målestokk husdyrgjødsel 200-400 kg TS/daa/år)

- (b) **Jordforbedringsmiddel:** materialer som har positiv virkning på en eller flere jordegenskaper (kjemisk, biologisk, fysisk) og som tilføres som en engangstilførsel med **flerårig virkning** (målestokk avløpslam, ulike typer kompost 2-4 tonn TS/daa/10 år)
- (c) **Ingredienser i jordblandinger:** materialer som har lave konsentrasjoner av næringsstoffer på tørrstoffbasis, ikke kritisk høye konsentrasjoner av tungmetaller eller andre veksthemmende stoffer og gode, stabile, fysiske egenskaper

Det gis ikke noen entydig definisjon av disse begrepene verken i forskriften og man må derfor vurdere de reelle egenskapene til fiskeslam for å avgjøre om materialet er å betrakte som en organisk gjødsel eller et jordforbedringsmiddel (Blytt et al., 2011).

8.2.2 Sammensetning av fiskeslam

Kjøttbeinmel (KBM) og behandlet matavfall har god virkning som organisk gjødsel (Jeng 2006; Haraldsen 2011). I Tabell 10 er det vist kjemiske analyser av tre prøver av fiskeslam (2004, 2011, 2013) i forhold til disse to alternativene. Fiskeslammet fra 2004 kom i kvalitetsklasse II og hadde stort innhold av fosfor i forhold til mengden nitrogen. Forholdet mellom N og P i dette fiskeslammet var ganske likt kjøttbeinmel (KBM). Fiskeslammet fra 2011, fiskeslam fra torskeoppdrett og matavfall fra storhusholdning er behandlet i et komposteringsystem fra Global Enviro International AS (GE). De to sistnevnte avfallstypene har vært testet i pottforsøk sammen med andre organiske gjødseltyper, og sammenlignet med virkningen av mineralgjødsel. Forsøkene indikerte klar og god effekt som gjødsel (Blytt et al, 2011). Fiskeslammet fra 2013 stammer fra slam fra RAS anlegg (Hognes 2013) noe som kan forklare noe høyere verdier av kobber, sink og krom (akkumulering).

Tabell 10 Fiskeslam fra settefiskanlegg i forhold til andre organiske gjødseltyper.

Parameter	Enhet	Avvannet slam fra settefiskanlegg			Kjøttbeinmel		Behandlet organisk avfall (GE)		
							Fiske slam settefisk	Fiske slam torsk	Mat avfall
År		2004-1	2004-2	2013*	Hamar	Mosvik	2011	2010	2010
Tørrstoff	%	13,5	10,6	15,4	97	96	86	87	92
TOC	g/100 g TS	-	-	-	-	-	45,0	49,0	-
Total-N	g/100 g TS	3,98	4,76	7,21	8,0	9,6	6,9	7,7	4,9
Ammonium-N	g/100 g TS	1,22	1,64	-	-	-	0,26	0,26	0,02
Total-P	g/100 g TS	2,38	2,87	2,55	5,6	3,3	1,7	2,2	0,52
Total-K	g/100 g TS	0,05	0,06	0,06	0,33	0,46	0,3	0,13	0,76
Total-Mg	g/100 g TS	0,06	0,07	0,32	0,16	0,13	0,17	0,49	0,09
Total-Ca	g/100 g TS	-	-	5,66	12,0	8,0	2,9	5,3	1,3
Total-S	g/100 g TS	0,37	0,43	-	0,28	0,45	0,42	0,46	0,23
Total-Na	g/100 g TS	-	-	-	0,64	0,52	0,20	1,0	0,05
Løst klorid	g/100 g TS	-	-		0,39	0,39	-	-	-
Kadmium	mg/kg TS	0,89	1,00	0,88	<0,006	<0,006	0,40	0,17	0,01
Kobber	mg/kg TS	-	-	35,3	7,6	8,1	11	16	10
Sink	mg/kg TS	-	-	395	82	89	290	290	36
Krom	mg/kg TS	2,8	3,6	7,39	1,3	0,9	2,0	2,1	0,5
Nikkel	mg/kg TS	<4	<4	1,04	4,0	3,4	0,5	2,4	2,1

*) etter Hognes & Rosten 2013

Når en sammenligner fiskeslam fra 2004 med fiskeslam fra 2011, er N/P-forholdet mye bedre i forhold til plantenes behov for næringsstoffer (Blytt et al., 2011.) Tungmetallinnholdet er også betydelig redusert, slik at materialet kommer i kvalitetsklasse I. For alle andre tungmetaller er det konsentrasjoner innenfor klasse 0. Dette viser at fiskeslam ikke er helt ensartet og det stemmer med andre slamkilder. Fiskeslam ser ut til å være på nivå med andre typer husdyrgjødsel når det gjelder tungmetallinnhold (Paulsrud *et al.* 1997). Det er ikke store forskjeller i kjemiske egenskaper mellom tørket fiskeslam (GE) og pelletert hønsegjødsel, med unntak av at hønsegjødsel inneholder mer kalium. Alle typer slam har lite kalium fordi dette stoffet er lett løselig og følger vannfasen (Blytt et al., 2011). Det fiskeslammet eventuelt mangler av N og K kan etterdoseres for å oppnå et mer høyverdig gjødselprodukt.

I biogassanlegg inneholder den flytende fasen mye ammonium-N og løst P, mens den faste, partikulære fasen inneholder mye P og organisk bundet nitrogen (Blytt et al., 2011). Når råstoffet i en biogassprosess er matavfall eller husdyrgjødsel, er hoveddelen av fosforet lett løselig og nærmest alt kan regnes som potensielt tilgjengelig for plantene (Blytt et al., 2011). I avløpsslam fra anlegg med kjemisk felling forventes mesteparten av fosforet bundet til fellingskjemikalier av jern eller aluminium som tungløselige jern- og aluminiumfosfater (Blytt et al., 2011).

Tabell 11 Kjemiske egenskaper til kjemisk felt og utråtnet avløpsslam, mekanisk slam fra silanlegg, avvannet biorest av matavfall og hønsegjødsel. Etter Blytt et al, 2011

Parameter	Slam fra IVAR, kjemisk renseanl.	Slam fra FREVAR, kjemisk renseanl.	Slam fra VEAS, kjemisk-biologisk renseanl.	Slam fra silanlegg analysert i PRIMÆR-RENS	Pelletert hønsegjødsel	Hønsegjødsel kompost	Biorest avvannet
Org.stoff, % TS	25,9	19,0	16,2	72-97	Ikke data	Ikke data	Ikke data
Total- N, % TS	2,62	2,50	1,97	0,8-9,4	5,13	1,92	3,3
NH ₄ -N, % TS	0,18	0,55	0,18	<0,01-3,3	0,36	0,08	1,2
Total- P, % TS	2,91	1,33	1,48	0,1-1,1	1,85	2,76	2,1
P-AL, % TS	0,14	0,04	0,26	Ikke data	1,83	2,63	2,1
Total- K, % TS	0,25	0,22	0,20	0,04-0,32	2,62	2,9-3,1	0,16
Total- Ca, % TS	1,88	1,45	12,5	0,37-2,9	4,68	3,65-4,75	7,1
Cd, mg/kg TS	1,8	1,0	0,77	0,15-1,0	0,4	0,90	0,18
Cu, mg/kg TS	231	132	385	12-270	63,5	108-140	33
Zn, mg/kg TS	593	373	243	56-520	388	751-819	130
Type	Jordforbedring	Jordforbedring	Jordforbedring	--	NPK-gjødsel	PK-gjødsel	NP-gjødsel

8.2.3 Hvilke kriterier/krav kommer i tillegg for ulike disponeringsalternativer

Egenskapene til andre materialer som fiskeslam evt. blandes med vil innvirke på bruksegenskapene og bruksmulighetene (Blytt et al., 2011). Ved sambehandling av kommunalt avløpsslam og fiskeslam i et biogassanlegg, vil sluttproduktet få egenskaper som avløpsslam og liten tilgjengelighet for fosfor, dersom slammet er kjemisk felt (Blytt et al, 2011). Ved blanding med avløpsslam fra primærrensanlegg eller slamavskillere vil man ikke ha noen redusert fosfor-tilgjengelighet (Blytt et al, 2011).

Avløps slam er vanligvis i kvalitetsklasse II, og bruken av slikt materiale er begrenset til åkerdyrking (unntatt grønnsaker og poteter i en treårsperiode) Blytt et al, 2011. De fleste biogassanleggene som behandler avløps slam er lokalisert på Østlandet, med spredeareal i korndyrkingsdistrikter. Avløpsrensaneanlegg med biogassanlegg uten tilgang på tilstrekkelig spredeareal, må lage et fraktbart produkt som kan brukes i områder med behov for jordforbedring (Blytt et al, 2011).

Et tørt produkt, konsentrert på næringsstoffer, kan fraktes fra produksjonssted til brukssted og lagres der fram til bruk. Et eksempel på dette er jordforbedringspelleten som er produsert av slam ved IVAR IKS, i Rogaland. En gjødsel pellet er lettere å spre og dosere riktig. Erfaringer med pelletert kjøttbeinmel (KBM) er at bonden bruke egen gjødselspreder (pendelspreder/breispredding), eller som granuler som også tåler spredning med kombimaskin. Gjødsel som kan spres med kombimaskin, er mest etterspurt av korndyrkere (Blytt et al., 2011). Siden konsistensen på tørket fiskeslam (eks fra Global Enviro) og KBM er ganske lik, er det sannsynlig at det er like enkelt å lage pellets av slikt materiale som av KBM (Blytt et al, 2011).

Pelletering gir økt produksjonskostnad, men også vesentlig økt brukspotensial. Det er mulig å optimalisere gjødsel basert på fiskeslam med passende mengder Kalium (K), slik at det blir riktig NPK-forhold (Blytt et al., 2011). Produktet bør være aktuelt områder der en ikke har tilgang på husdyrgjødsel, og vil i kunne redusere bruken av N- og P i mineralsk gjødsel (Blytt et al, 2011). Aske fra biobrenselanlegg er en gjødselkilde som prøves ut i blandinger med N-rikt materiale (Blytt et al., 2011). De fleste biobrenselanleggene ikke lagt opp til separat håndtering av bunn- og flyveaske, først og fremst fordi ingen har etterspurt bunnaske (Blytt et al., 2011).

8.3 Slam som råstoff i produksjon av biogass

Biogassanlegg som behandler husdyrgjødsel og fiskeslam passer godt sammen (Blytt et al., 2011), men det er få anlegg i Norge for behandling av husdyrgjødsel (og fiskeslam). Utråtnet husdyrgjødsel er mer lettflytende og har mindre lukt enn ubehandlet blautgjødsel (Blytt et al., 2011) og det er ikke rapportert om vesentlige luktproblemer ved spredning fra anlegg som sambehandler fiskeensilasje og blautgjødsel fra storfe. Biogassanlegg som behandler matavfall eller husdyrgjødsel, trenger et spredeareal i rimelig nærhet til anlegget. Nye biogassanlegg som bygges (f.eks i Nes på Romerike) lokaliseres ut fra at det ligger godt plassert i forhold til store områder med kornproduksjon og har lite tilgjengelig husdyrgjødsel (Blytt et al, 2011). Flytende biorest fra biogassanlegg er ansett som god gjødsel (Haraldsen *et al.* 2011), og kan spres med utstyr som er vanlig brukt til spredning av blautgjødsel, slepeslangespreder og vanningsanlegg, eller kanon og vanningsanlegg. Slepeslangespreder og nedfeller gir minst lukt ved spredning, mens kanon og breispredding gir mest lukt (Blytt et al. 2011).

Prinsippet bak produksjon av biogass (metan og karbondioksyd) er anaerob omsetning av organisk materiale (C) ved hjelp av anaerobe bakteriekulturer. Prosessen foregår i oksygenfritt miljø. I tillegg til biogass (metan) dannes også en biorest, som er et fast fibrest materiale som inneholder næringsstoffer og kan egenskaper som gjør det anvendbart som jordforbedringsmiddel eller substrat for gjødselprodukter (se IVAR IKS, denne rapport). Biogass kan anvendes som erstatning for fossilt drivstoff. Klimaregnskapet for biogass avhenger av hvordan biogass erstatter fossilt drivstoff og energi som er medgått til inntransport og produksjon av biogassen. Bygging av avløpsledning for slam for utslipp til sjø kan ha lavere klimaavtrykk enn inntransport av slam til et felles anlegg i 300 km avstand fra settefiskanlegget (Hognes og Rosten 2013).

Den industrielle prosessen kan kort beskrives som følger;

1. Det organiske avfallet blandes vanligvis med vann og pumpes over i en lukket beholder med oppvarming til 35⁰C og omrøring i ca 3 uker (nedbryting og gjæring)
2. Anaerobe bakteriene produserer en gassblanding bestående av ca 60 % metan og 40 % karbondioksyd av det organiske materialet
3. Prosessen er normalt sett kontinuerlig med balansert innsett og uttak av materiale fra systemet

- I tillegg til gass dannes en biorest (fibrøst fast materiale) som kan resirkuleres tilbake i systemet og en væskefase som under gitte betingelser kan anvendes som flytende gjødsel, eller resirkulert tilbake i prosessen.

I forkant av en biogassprosess vil det være viktig å ta vare på karboninnholdet i slammet. Da må all bakteriell nedbryting slås ut. Dette kan gjøres med syretilsetning, med kraftig reduksjon av pH. I denne prosessen vil man få dannet flyktige fettsyrer (VFA) som gir opphav til meget sterk lukt. Dersom slammet skal konserveres for senere biogassproduksjon vil man måtte ha tekniske løsninger for å håndtere luktproblematikk (eks biofilter) på settefiskanlegget. Man må også være oppmerksom på at sulfidholdig slam (eks slam med sjøvanninnhold) kan ved syretilsetning danne hydrogensulfid.

Dersom slammet ikke skal anvendes til biogassproduksjon, men skal anvendes som jordforbedringsmiddel etc., kan en aerob slambehandlingsprosess være å foretrekke (se kapittel 8.5). Da vil man unngå dannelse av VFA (lukt) og redusere det organiske innholdet (og redusere BOF utslippet), fordi det organiske materialet (karbon) brytes ned av aerobe bakterier til CO₂ og vann. Prosessen forutsetter tilsats av oksygen /luft, gjerne en base (ikke Ca da dette gir utfelling), men gjerne nitrogen for å styre prosessen og øke gjødselskvaliteten (Ivar Storø, SINTEF pers med).

En lønnsomhetsberegning for biogass anlegg basert på slam fra settefiskanlegg (del Campo et al., 2011) viser at det må relativt store mengder fiskeslam til (ca 54.000 tonn, 300 settefiskanlegg) før et biogass anlegg basert på fiskeslam kan bli økonomisk lønnsomt. Dette peker i retning av at fiskeslam må inngå som en komplementær kilde i store biogassanlegg. En oversikt over forsøk med biogassproduksjon basert på slam fra oppdrettsfisk er gjengitt nedenfor (Tabell 12).

Tabell 12 Forsøk med biogassproduksjon basert på fiskeslam. Modifisert etter delCampo et al., 2010.

Slam TS %	Tot-N (g/l)	Reaktor	VFA	Biogass	Referanse
4-6 %	2,5- 3,5	CSTR ¹⁶ at 35 ⁰ C	7,8 g/l	35,7 – 46,9 % av teoretisk max	(Kugelman 1991)
10-12 %		Semi continous stirred tank digester at 35 ⁰ C	18-28g/l	1 mill smolts (ca 60Mton?) → 43-47MW h/y (2-4 % av energibehovet)	(Gebauer and Eikebrokk 2006)

Det er etablert en rekke biogassanlegg i Norge. Hvorvidt disse ønsker eller har mulighet til å ta i mot fiskeslam fra oppdrett er usikkert, men uansett representerer disse en mulig avhendingsløsning for syrekonservert slam. I Tabell 13 og Tabell 14 er det gjengitt en oversikt hvor anleggene er plassert. Tabell 14 gir en oversikt over anlegg som er under planlegging. Det finnes biogassanlegg som behandler kun husdyrgjødsel og disse er ikke tatt med. Tabellene under er ikke komplette, men de er et utgangspunkt for å identifisere biogassanlegg i Norge i dag (kilde Aquateam).

¹⁶ CSTR = continuously stirred tank reactor

Tabell 13 Oversikt over eksisterende biogassanlegg for avløps slam og/eller matavfall. Kilde Blytt et.al., 2011.

Biogassanlegg	Eier	Type substrat
FREVAR	Fredrikstad kommune	Avløps slam og sterilisert ma tavfall
Alvim RA	Sarpsborg commune	Avløps slam
Bodal RA	Rakkestad commune	Avløps slam
Mysen RA	Eidsberg commune	Avløps slam
Fuglevik RA	Lokalisert i Moss kommune, eid av MOVAR (Moss og Rygge kommuner)	Avløps slam
Søndre Follo RA	Lokalisert i Vestby, Ås og Vestby kommuner	Avløps slam
Nordre Follo RA	Lokalisert i Ås, eid av Oppegård, Ski og Ås kommuner	Avløps slam
Bekkelaget RA	Oslo commune	Avløps slam
Sentralrenseanlegg Vest	Lokalisert i Asker, eid av VEAS (Oslo, Bærum, Asker og Røyken kommuner)	Avløps slam
Gardermoen RA	Lokalisert på Gardermoen eid av Ullensaker og Nanne- stad kommuner	Avløps slam
Mjøsanlegget	Lokalisert i Lillehammer eid av HIAS, GLT og GLØR (Lillehammer-regionen)	Matavfall
Rambekk RA	Gjøvik commune	Avløps slam
Trollmyra	Lokalisert på Hadeland, Eid av Hadeland og Ringerike Avfallsselskap	Matavfall
Monserud RA	Ringerike commune	Avløps slam
Sellikdalen RA	Kongsberg commune	Avløps slam
Sandefjord RA	Sandefjord commune	Avløps slam
Lillevik RA	Larvik commune	Avløps slam
Knarrdalstrand RA	Porsgrunn og Skien kommuner	Avløps slam
Treungen	Lokalisert på Treungen i Telemark Eid av Lindum Resurs og Gjenvinning AS	Matavfall

Saulekilen RA	Arendal commune	Avløpsslam
Odderøya RA	Kristiansand commune	Avløpsslam
Sentralreanseanlegg Nord-Jæren	Lokalisert i Stavanger eid av IVAR (Interkommunalt selskap i Stavangerområdet)	Avløpsslam og sterilisert ma- tavfall
Åna	Åna, Eid av Åna kretsfengsel	Husdyrgjødsel
Voss RA	Voss commune	Avløpsslam
Høvringen RA	Trondheim commune	Avløpsslam
Ladehammeren RA	Trondheim commune	Avløpsslam
Ecopro	Lokalisert i Verdal (men eies av en rekke kommuner i Trøndelag og Nordland)	Avløpsslam og matavfall
Biokraft Marin AS	Lokalisert på Selva i Skogn eid av Biokraft AS stiftelsen Rubin, Lerøy Seafood Group ASA og Marine Harvest Norway AS. Nytt anlegg planlagt på Skogn.	Fiskeavfall fra oppdrett
Bioskiva AS	Lokalisert på Ørlandet eid av Svein Lilleengen	Husdyrgjødsel
Tingvoll biogassanlegg	Tingvoll gård i Tingvoll kommune, Eid av Norsøk/Bioforsk. Forskningsbasert biogassanlegg.	Husdyrgjødsel

Tabell 14 Oversikt over biogassanlegg for slam og/eller matavfall som er under prosjektering/bygging. Kilde Blytt., et al, 2011.

Biogassanlegg	Eier	Type substrat	Planlagt igangsatt
Nes, Romerike	Lokalisert på Nes på Romerike. Eid av Oslo kommune, EGE	Matavfall	2012/13
Lindum	Lokalisert i Drammen eid av Lindum Ressurs og Gjenvinning AS (kommunalt eid)	Avløpsslam	2012
Rådalen biogassanlegg	Lokalisert i Rådalen i Bergen og eid av Bergen commune	Avløpsslam + noe matavfall	2014
Hugaas Biogass	Lokalisert Sokndal. Eid av flere selskaper innen landbruk, næringsmiddelindustri og energi	Fjørfe / slakteriavfall	2012 Ukjent status
Biogass Fosen SA	lokalisert på Ørlandet ENOVA prosjekt, Selskapet er eid av 58 bønder.	Husdyrgjødsel	Prosjekt til 2012 Ukjent status
Mære landbruksskole	Planlegging av biogassanlegg på Mære Landbruksskole	Husdyrgjødsel	Prosjekt til 2010 Ukjent status

8.4 Forbrenning av slam

Historisk har avfallsforbrenning vært en metode for å redusere volumet på avfallet, samtidig som det har vært en sikkert og hygienisk avfallshåndtering. I dag er fokus i like stor grad rettet mot mulighetene for energiutnyttelse og fjerning av miljøfarlig avfall fra kretsløpet. Avfall betraktes mer og mer som et brensel i en industriell prosess for produksjon av prosessdamp, fjernvarme- og elektrisitet (Statens forurensningstilsyn, 2011).

Alt nedbrytbart avfall kan i prinsippet forbrennes så lenge brennverdien er tilstrekkelig til å fordampe vannet og varme opp avfallet slik at det forgasser og gassen antenner. Avfall med høyt fuktinnhold som matavfall og avløpslam vil normalt ikke kunne forbrennes alene, og er derfor lite egne til forbrenning uten sammen med annet tørt brensel (Statens forurensningstilsyn, 2011).

Avfallets egenskaper som brensel avhenger først og fremst av brennverdi og tørrstoffinnhold. Andre egenskaper som vil ha betydning for avfall som brensel er askeinnhold, askesmeltepunkt og innhold av forbindelser som kan bidra til luftforurensning (tungmetaller, klor, svovel osv.) (Statens forurensningstilsyn, 2011).

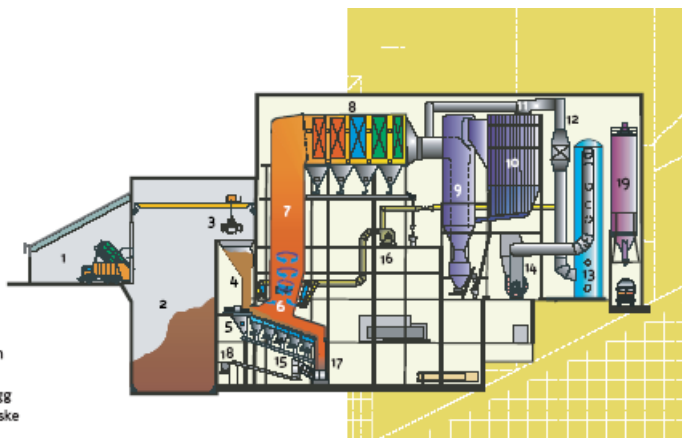
Det er i primært 3 typer forbrenningsanlegg som kan benytte avfall som brensel:

- Ristovner
- Virvesjiktovner (Fluidized bed)
- Roterovner

Alle disse anleggstypene benyttes til forbrenning av avfall, men det er ristovnsteknologi som dominerer både i Norge og verden for øvrig. Skjønnsmessig kan det antas at 95 % av kapasiteten for forbrenning av avfall i Europa er basert på ristovnsteknologi. Alle de store kommunale avfallsforbrenningsanleggene i Norge som brenner restavfall fra husholdninger og næringer (ordinært avfall) er ristanlegg (Statens forurensningstilsyn, 2011).

fakta:

- 1 Mottakshall
- 2 Avfallsbunker
- 3 Avfallskran
- 4 Innmatingsstrakt
- 5 Doseringstøter
- 6 Forbrenningsrist
- 7 Sekundærkammer
- 8 Hetvannskjel
- 9 Reaktor
- 10 Posefilter
- 11 By-passkanal
- 12 Economiser
- 13 Scrubber
- 14 Røykgassvifte
- 15 Primærluftsystem
- 16 Røykgass resirkulasjon
- 17 Slaggutmater
- 18 Transportbånd for slagg
- 19 Silo for støv og flyveaske



Figur 23: Eksempel på ristanlegg – Heimdal varmesentral (www.trondheimenergi.no)

Avløpslam har lav brennverdi og høyt innhold av aske, noe som gjør denne fraksjonen mindre egnet til termisk behandling. Termisk behandling av slam har heller ikke stor utbredelse i Skandinavia, men på kontinentet finnes det en god del anlegg, først og fremst fluidized bed anlegg, som samforbrenner slam og biobrensel eller kull. Slamforbrenning må betraktes som destruksjon og omtales ikke nærmere (Statens forurensningstilsyn, 2011).

Slam ned mot 20 % TS kan forbrennes i avanserte forbrenningsovner. Dersom man ønsker denne løsningen må videre avvanning ses opp mot mulighetene for å gjøre dette lokalt.

9 EKSEMPLER PÅ UTSTYR OG LEVERANDØRER

9.1 Global enviro

Stiftet: 2002

Omsetning : 15,9 MNOK (2011)

Kontaktperson: Tarjei Gullberg (Sales Manager)

Tlf: (+47)99087377

Adresse:

E-post: tarjei@global-enviro.com

Hjemmeside: <http://www.global-enviro.us/>

Global Enviro har siden 2007 utviklet, produsert og levert løsninger for behandling av våtorganisk avfall. Selskapet har hovedkontor i Fosnavåg, Sogn og Fjordane og kontorer i Oslo og New York. Global Enviro AS er et heleid datterselskap av Havila AS, eierselskapet i Havila Gruppen som er eid av Sævik-familien.

Global Enviro utnytter aerobiske prosesser for organisk avfall, både slam og matavfall. Maskinene har kapasiteter fra 250 tonn/år opp til 2000 tonn/år, kan leveres med eller uten avvanningsenheter eller med ekstern dødfiskvern. Første installasjon av Mod 500 var i første kvartal 2013.





Aqua mod 500 sludge treatment system

Figur 24 Global Enviro Sludge treatment system (3 bilder)

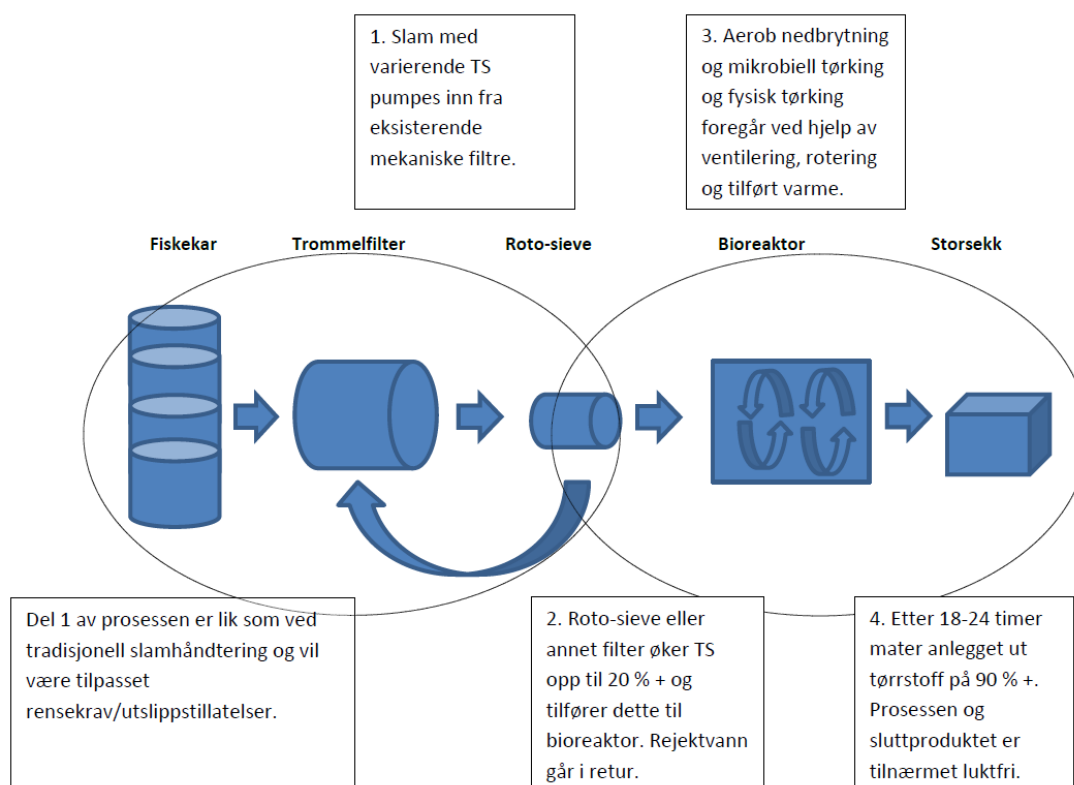
Global Enviro behandler settefiskslam i tørketeknologi som kombinerer termofil aerob mikrobiologi med ren fysisk oppvarming og ventilering, i en kontinuerlig prosess (Figur 25). Teknologien som opprinnelig er utviklet til bruk offshore, er velbrukt innen hotell- og restaurantnæringen. Tilpasninger for bruk i settefiskanlegg begrunnes i at en desentral næring med stadig strengere krav til rense-/behandlingstiltak behøver effektive løsninger som tar hensyn til at transport av vann ikke er bærekraftig, hverken miljømessig eller økonomisk.

Som et alternativ til ren avløpsrensing tilbyr Global Enviro en løsning som baseres på trommel-filtrering (type ROTO SIEVE) og en tørketeknologi som kombinerer varmeutviklingen fra aerobe mikrobielle prosesser og ren fysisk tørking ved tilførsel av elektrisk energi. Prosessen innledes ved et mikrobielt «tørketrinn» og etterfølges av et fysisk tørketrinn. Ekstern input av elektrisk energi ligger i området 50 – 100 kWh.

Systemet krever minimum 20 % TS i råvaren, og bruker noe tid på å etablere rett flora i en kontinuerlig drevet prosess. Kapasiteten ligger i området 0,5 – 1,3 tonn per døgn avhengig av valgt reaktortype, som endog kan seriekobles for å øke kapasiteten. Ved lav vanntemperatur kan kapasiteten falle, og man dimensjonerer dermed anlegg etter maks daglig belastning gjennom året.

Sluttproduktet er å anse som stabilisert og kan benyttes som tilsats i jordforbedringsprodukter eller gjødselprodukter. Det kan også leveres inn til biogassanlegg. Fraksjonsavgift for å kvitte seg med det tørkede slammet vil ligge mellom NOK 300,- og NOK 800,- pr tonn, avhengig av lokasjon.

Global Enviros system er helautomatisert, og den håndteringen de ansatte må ta høyde for er bytting av storsekk for sluttstoffet. Anlegget kan overvåkes via pc, mobil eller nettbrett.



Figur 25 Global Enviro prosessen. Kilde: Global Enviro

Leveranser:

Leverte anlegg: Marine Harvest avd. Rovde, Marine Harvest avd. Dalsfjord, Marine Harvest avd. Haukå, Sjøtroll Havbruk avd. Kjærelva. Anlegg på vei ut: Lerøy Midnor avd. Belsvik, Lerøy Vest avd. Eidane.

Global Enviro samarbeider med utstyrleverandører som tilbyr filtreringsløsninger. Dette kan være bedrifter som Kruger Kaldnes, Salsnes Filter eller Bjørdal Industrier. Global Enviro samarbeider og jobber også opp mot aktører som kan håndtere sluttproduktet, som biogassanlegg og selskaper innen gjødsel og jordforbedring.

9.2 Biogass marin AS

Stiftet : 2010

Omsetning : 8,1 MNOK (2011)

Webseite: <http://www.biokraftgroup.com/index.html>

E-post: hg@biokraft.no

Biokraft AS jobber med å realisere et større biogass anlegg på samme tomt som Norske Skog fabrikk i Skogn. Første byggetrinn er planlagt med en produksjons kapasitet på 13 million normal m³, og vil være Norges desidert største biogass anlegg. Gass vil bli flytendegjort. Ca. 65 % av kapasitet ved første byggetrinn vil bli brukt av gassbussene i Trondheim (200+ busser), slik at biogassen faktisk erstatter fossilt drivstoff.

Råstoff i første byggetrinn vil være papir/treslam fra Norske Skog og råstoff fra marin industri i Norge samt biogass substrat fra kategori 2 lakseensilasje og andre biprodukter fra marin industri. Selskapet ser på

muligheten for å bruke slam fra settefisk produksjon i Norge i biogassproduksjonen. De har kjørt reaktorforsøk med settefisk slam på Landbrukshøgskolen på Ås og på universitetet i Linköping. De siste forsøkene viser et noe høyere energi innhold enn hva man erfarte i første forsøk. Selskapet tilbyr seg å komme å hente syrekonservert konsentrert avløpslam fra settefiskanlegg med spesialbåt og har gått ut til med en prismatrise til settefiskoppdretterne i Midt-Norge (Tabell 15).

Tabell 15 Prismatrise (kr pr tonn) for henting av slam med ulikt tørrstoffinnhold.

TS %	NOK pr tonn
8-10	770
10-12	700
12-14	670
14-16	630
16-18	610
18-20	580
20-25	530
25-30	500

Prismatrisen baserer seg på tørrstoff innhold i råstoffet, og råstoffet må være pumpbart.

Slammet må være ensilert med maursyre eller lignende til pH under 4,00. Prisen inkluderer henting med båt. De enkelte anleggene bør ha en lagringskapasitet på minimum 5-6 ukers produksjon. Dette for å reduserer logistikk kostnader. Innsamling kan starte i løpet av 2. kvartal 2013.

9.3 Alfa laval

Stiftet: 1987 (Alfa Laval Nordic AS)

Omsetning:

Kontaktperson: Hans Jacob Svensen (Alfa Laval Nordic AS)

Tlf: +47 907 47 055

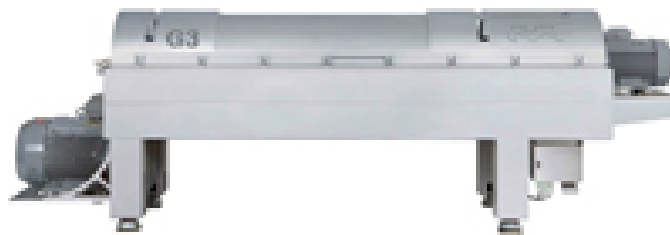
Adresse: Billingstadsletta 13, 1396 Billingstad

E-post: hansjacob.svensen@alfalaval.com

Hjemmeside: <http://www.alfalaval.com/>

Alfa Laval er et globalt selskap som leverer (blant svært mye annet prosessutstyr) løsninger for å fjerne så mye som mulig av partikler fra avløpsvann ved separasjon, og for å tørke slammet så mye som mulig for å redusere transport- og avhendingskostnader. De har teknologier for å håndtere alle slags slam, både fra enkel sedimentering samt biologisk og kjemisk behandling

<http://local.alfalaval.com/no-no/hovedbransjer/behandling-av-avlopsvann/produktportefolje/Pages/produktportefolje.aspx>



Alfa Laval ALDEC G3

Dekantersentrifuger: Ved å separere ut væskefaser reduserer Alfa Lavals dekantersentrifuger for avvanning av slam kostnadene til transport, avhending og tørking.

Trommelfortykkere: Brukes til fortykning før avvanning, og reduserer slamvolumet med så mye som 90 %.

Spiralvarmevekslere: Varmer opp slammet på forhånd til 60 °C, slik at avvanningen går enklere og rimeligere. Dette pasteuriserer også avløpslammet.

Membranfiltre: Eventuelle uønskede mikropartikler i avløpsvannet kan fjernes ved hjelp av membranfiltrering.

Alfa Laval leverer også automatiserte kontrollsystemer for å kjøre dekantersentrifugeinstallasjoner ved maksimal effektivitet, døgkontinuerlig og med en minimal stab.

Fordelene ved Alfa Lavals teknologier for håndtering av industrielt avløpsvann inkluderer:

- maksimalt tørt slam, som gir minimale avhendingskostnader
- minimalt med lukt, en fordel for de som bor og arbeider i nærheten
- kompakt utforming som tar opp mindre kostbar plass
- PLC-kontrollert automatisert drift, som gir økt effektivitet og redusert behov for arbeidskraft
- lave energikostnader og redusert miljøbelastning, som bidrar til å styrke den totale miljøprofilen

9.4 Green Solutions

Stiftet: 2009
Omsetning: 1,8 mill NOK (2011)
Webside: www.green-solutions.no
E-post: info@green-solutions.no
Adresse: Svoldersgate 9, 0271 Oslo

Bedriften har 2 ansatte og er opptatt av å formidle og skape bærekraftige teknologiske løsninger. Bedriften samarbeider med selskaper som innehar eller utvikler teknologiske løsninger som ligger i forkant, og som på ulike måter kan bidra til et bærekraftig samfunn og redusere utslipp av klimagasser. Kompostering av organisk avfall er bedriftens spesialitet.

Prosess/Produkt:

I korthet så går slammet via et silbånd der fast separeres fra flytende samt at vannet presses ut. Fibril fra Agronova brukes dersom slammet/matavfallet er veldig bløtt. Slammet har da et TS på ca 25-30% før den aerobe komposteringensprosessen. Det betyr at den svært raske nedbrytingen gjøres ved hjelp av mikrober, luft og varme. Når maskinen settes i drift første gangen, tilsettes det termofile mikrober som hjelper til med å bryte ned materialet. Varme sørger for at vannet fordampes og at materialet hygieniseres. Solide omrørere

sørger for at materialet blandes og tilføres luft. Etter ett par-tre døgn er det kun 10-15% igjen av matavfallet, og det kommer ut av maskinen som et tørt og næringsrikt pulver. Dette er ypperlig å bruke som topping på planter eller plen.

Utstyret er bygget for matavfall, derfor er avsalting unødvendig. Lukthåndtering er alltid en utfordring, det kan brukes ozon, UV og biofilter (bark). Det sees på alternativer slik som for eksempel mikrobølgebehandling. Prosessen er automatisk, men må overvåkes da det lett kan dannes støv som tetter rister. En person må overvåke dette minst en gang i uka. Slammet som brukes som jordforbedring har et TS på 85-95%. Konseptet betegnes ofte som: "Fra jord til bord"

Utstyr til å behandle slam fra oppdrett er under utvikling, et test anlegg er levert til et settefiskanlegg i Trøndelag.



BioSolution i naturbasert renseanlegg

Samarbeidspartnere:

Et søsterselskap i England utvikler biobrennere for matavfall.



9.5 AgroNova AS

Stiftet: 1997
Omsetning: 7,1 mill NOK (2011)
Webside: www.agronova.no
E-post: post@agronova.no
Adresse: Industrivegen 76, 1599 Moss

Bedriften har 5 ansatte og jobber med effektive metoder for kompostering av våtorganisk avfall og omdanning av dette avfallet til høyverdige produkter som gjødsel og energi.

Prosess/Produkt:

For å kunne ha positiv nytte av å avhende organisk råslam må det etableres helhetlige, automatiserte og lokale løsninger integrert med eksisterende produksjonsanlegg. Løsninger som endrer et problem/en utgift til å bli en positiv løsning/en inntekt.

Agronovas Fibral® er bedriftens bidrag for å få det til, brukt som kondisjoneringsmiddel for slamavvanningen, som katalysator for komposteringen, som bindemiddel for pelletering og som karbonkilde for forbrenningen.

For settefiskanlegg innebærer dette;

- Selve partikkel- / stoff-separasjonen / produksjon av råslammet,
- Eventuell buffring / prosessgunstig lagring av råslam (2–15 % TS),
- Avvanning (20 - 25 % TS på slamkaken),
- Kompostering / oppkonsentrering (55 - 70 % TS ut av reaktoren),
- Pelletering for lagringsstabil biogjødsel og/eller forbrenning for varme og/eller varmtvann.

Med membranseparasjon som separator for A, vil man kunne håndtere grensesnittene A, B, og C i en vending dersom separatoren er utstyrt med avvanningsskrue. Man kan også fullrense via kjemisk felling (tilsetning av bindemidler som koagulant og/eller flokkulant i forkant av en membranseparasjon). Det vil i så fall gi svært rent utløpsvann for eventuelt gjenbruk og/eller egen utslippstillatelse i sårbar resipient. Avvanning av organisk slam uten strukturmasse (mekanisk armering/fibere) er normalt sett krevende i forhold til bindingskjemi og maskinvalg. Polymerbindingene blir svake og de mekaniske separatorene (sentrifuge, skrue, silbåndpresse, ++) fungerer dårlig uten god bindingskjemi. Ved å tilsette en mekanisk armering i form av robuste grantrefibre (Fibral®), styrkes de kjemiske bindingene og tillater større kompresjon, skjær og gravitativt trykk for den mekaniske separasjonen. Slamkaken blir tørrere, rejektivannet blir renere, polymerforbruket går ned og kapasiteten på avvanningsprosessen går opp. Slamkakens strukturelle egenskaper forbedres og fuktavdamping/lukt reduseres. Slamkakens tørrstoffinnhold bør ligge på 20 – 30 % etter avvanningen. For å oppkonsentrere slamkaken ytterligere må det fjernes mer vann, helst uten å tilføre energi. Dette kan gjøres i en komposteringsprosess. I en komposteringsprosess generer aerobe bakterier varme. Typisk 60 – 70 °C.

Dette medfører betydelig avdampning. Tørrstoffinnhold ut; 55 – 70 %. Massen som kommer ut fremstår som et luktfritt, tørt og luftig fiberrikt støv. Massen har et høyt innhold av næring og karbon. For å redusere volumet ytterligere (ca 10 - 1) og gjøre bioresten lagringsstabil og håndteringsvennlig, pelleteres massen. Pelletering medfører ytterligere friksjonsvarme når biomassen trykkes igjennom matrisen. Ideell relativ fuktighet i forhold til pelletering er på ca 25 %. Normal pelleteringstemperatur; 75 – 80 °C.

Dersom avløpsvannets konsentrasjon av partikulært stoff til å begynne med f. eks var på 0,5 % vil det opprinnelige volumet av biomasse bli redusert fra 100 til ca 1 - 4 %. Biopellets kan benyttes som lagringsstabil gjødsel og/eller til forbrenning. Biopellets har omtrent samme brennverdi som trepellets.

Prosessen i 3 faser;

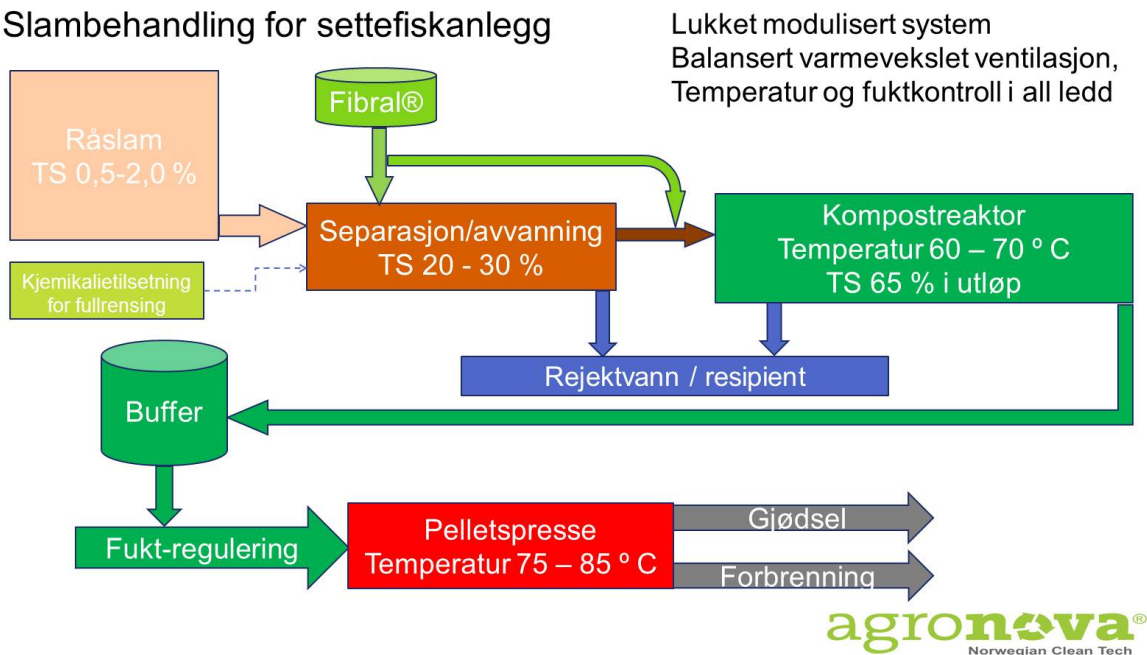
1. Partikkelseparasjon og avvanning
2. Kompostering
3. Pelletering og forbrenning.

Hver fase tilpasses råslammets hydraulisk- og/eller stoffmessige dynamikk med tanke på kontinuerlig drift, fortrinnsvis. Ved diskontinuerlig totalprosess, bør ekstraktet bufres, spesielt før pelleteringen.

Anleggskomponentene har små fotavtrykk, kan helautomatiseres og tilpasses en overordnet sentral datastyring. Prosessen krever lite tilsyn.

Alt avfallet håndteres lokalt og konverteres til brensel for å produsere varmt vann eller annen oppvarming. Energiregnskapet blir positivt, ettersom avdampingen utføres via biologisk varmeenergi. Mengden Fibral® som må tilsettes avhenger av råslammets karakter (TS, gløderest og partikkelfordeling), avvanningsutstyrets avskilningsevne, polymerens bindeevne og optimalt tørrstoffinnhold for kompostreaktoren. Typiske totale verdier 20 – 30 % pr 100 % TS. Fibral® produseres i Moss og består av mekanisk slipt tremasse (opprevet avispir) og en superabsorbent. Det innebærer at produktet har en betydelig absorpsjonsevne, i motsetning til alle andre strukturmateriale.

Slambehandling for settefiskanlegg



Figur 26 Agronova prosessen (Kilde per Arne Jordbræk, Agronova)

Leveranser:

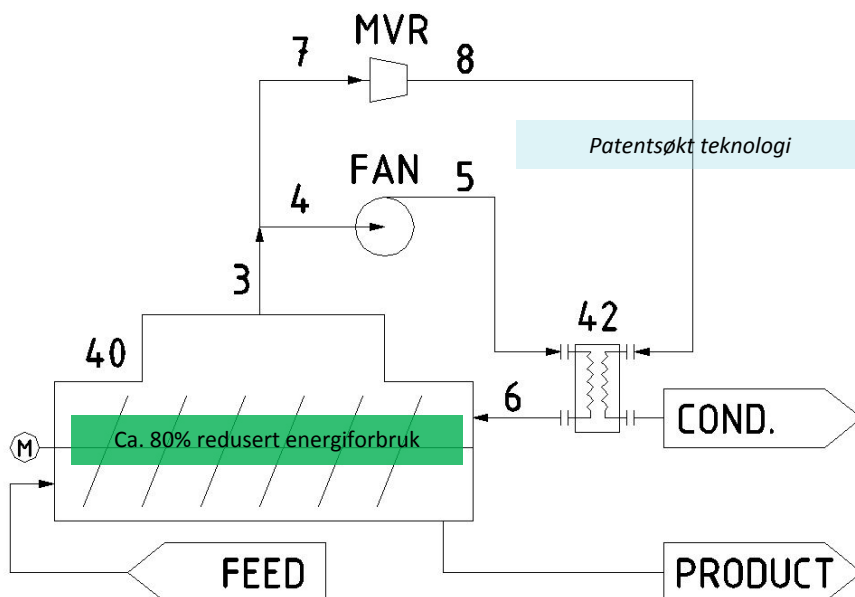
Ingen anlegg for behandling av slam fra settefiskanlegg er så langt levert eller utprøvd. Bedriften er åpen for tverrfaglig samarbeid med relevante partnere.

9.6 EPCON Evaporation Technology AS

Stiftet: 1986
 Omsetning: 20,18 mill NOK (2011)
 Webside: www.epcon.org
 E-post: companymail@epcon.org
 Adresse: Øvre Flatåsveg 6B, 7079 Flatåsen

Epcon har 7 ansatte. Bedriften leverer prosess anlegg for energieffektiv termisk separasjon, primært MVR inndamping hvor bedriften også har erfaring med bio-marine anvendelser.

Prosess/produkt:



Figur 27 Epcon løsningen

SHS-MVR* tørken en nyutviklet og er per i dag utprøvd og verifisert på mineral produkter. Øvrige anvendelser må verifiseres når ny pilot-tørke er etablert. Tørking av bio-marine avfallsprodukter/slam kan være en mulig anvendelse.

Viktige fordeler:

- Fleksibel med hensyn til feed-væske til filtertank
- Lavt energi- og kjølevanns forbruk
- Ingen kontakt mellom produkt og luft
- Ikke utslipp av forurenset tørkeluft
- Ingen fare for brann og eksplosjon
- God kontroll på bakteriologisk kvalitet.

Prosessen er industrielt automatisert, operatørbehovet er avhengig av anvendelsen av denne teknologi.

Samarbeid: Bedriften er åpen for samarbeid med relevante partnere og potensielle kunder.

Leveranser:

En skreddersydd pilot er levert til kunde som tester denne. Teknologien er foreløpig ikke testet på behandling av slam fra settefiskproduksjonen.

*SHS – MVR – Super Heated Steam – Mechanical Vapour Recompression

9.7 BioTek AS

Stiftet: 2002
Omsetning: 29,3 mill NOK (2011)
Webside: www.biotek.no
E-post: info@biotek.no
Adresse: Vipeveien 51, 3917 Porsgrunn

BioTek har 7 ansatte og er en anerkjent leverandør av teknologi- og kompetanse på miljøteknologianlegg. Bedriftens områder er prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av anlegg for industri og kommunal sektor. Bedriften leverer løsninger for håndtering av industrielt og kommunalt avløp. Bedriften er også en teknologileverandør av biogassanlegg for håndtering av avfall fra landbruk, industri og kommunal sektor.

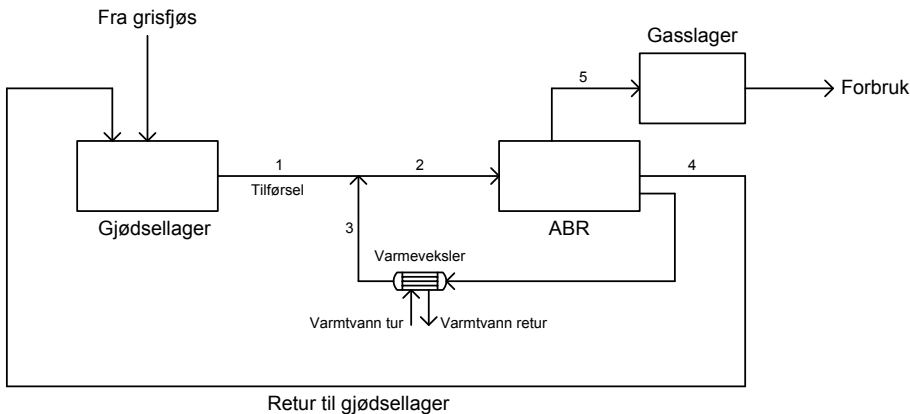
Prosess/Produkt:



Figur 28 ABR Kompakt Biogassreaktor for flytende organisk avfall

Biogasteknologier er identifisert som den mest bærekraftige løsningen for å unngå noen av de viktigste bidragsytene til klimagassutslipp i landbruket. ABR er en "high-rate" anaerob reaktorteknologi som kan gjøre mindre biogassanlegg i landbruket mer lønnsomme enn i dag. En forskergruppe ved Høyskolen i Telemark (HiT) har utført en del utprøvningsarbeid i forbindelse med denne reaktortypen. Forsøk i laboratoriet har vist at man kan få godt biogassutbytte med så lav hydraulisk oppholdstid som 6 timer. BioTek AS har sammen med Waterment AS gjennomført et forprosjekt for å evaluere teknologien og bygger nå et fullskala demonstrasjonsanlegg basert på grisemøkk. Prosjektet er finansiert av Innovasjon Norge.

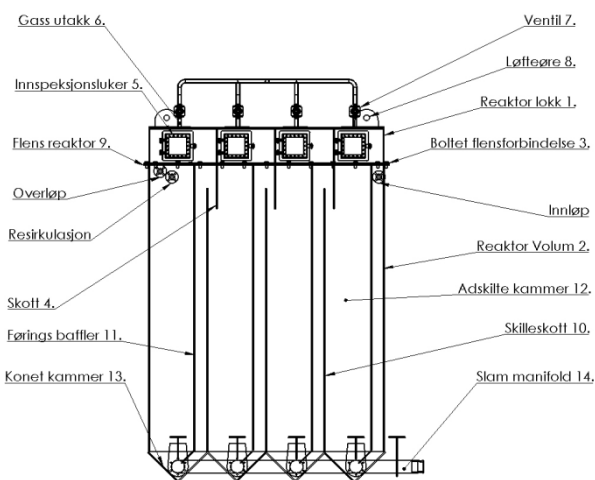
Beskrivelse av ABR teknologien



Figur 29 Enkelt flytskjema for system med ABR-reaktor i et totalsystem for behandling av flytende organisk avfall.

ABR REAKTOR SYSTEMET

ABR er en "high-rate" anaerob reaktorteknologi og ble opprinnelig utviklet ved Stanford University og publisert i 1981. Den kan karakteriseres som flere UASB reaktorer (Upflow Anaerobic Sludge Blanketing) i serie. ABR reaktoren har tidligere vært utprøvd på grisemøkk i laboratoriesammenheng, men mesteparten av det som er publisert rundt dette reaktorsystemet er i forbindelse med behandling av næringsmiddelavløp. Reaktoren har fire stegkammer hvor bakteriene danner granuler som igjen holdes fluidisert av den oppadgående væskestrømmen. Dette innebærer at bakteriene holdes i reaktoren over lengre tid (lang slamalder) enn selve væsken som strømmer i gjennom. På denne måten oppnår man biogassproduksjon ved en relativt lav hydraulisk oppholdstid.



Figur 30 ABR reaktoren

FORDELER MED ABR REAKTOR PRINSIPPET

Enkel design.

- Enkelt utstyr.
- Høy spesifikk biogassproduksjon (m³ biogass/m³ reaktorvolum per dag).
- Lav slamproduksjon.
- Lave investeringskostnader.
- Lave driftskostnader.

Av operasjonelle fordeler er følgende beskrevet:

- Stor fleksibilitet mhp varierende biogassproduksjon.
- Kan også stoppes helt og enkelt startes opp.
- Stabil ved hydrauliske sjokkbelastninger.
- Stabil ved store variasjoner i organisk belastning.
- God toleranse overfor toksiske komponenter i innløpet.
- God toleranse for SS sammenliknet med andre UASB prinsipper

Aktuelle anvendelsesområder

Teknologien egner seg best for flytende organisk avfall hvor andelen av ikke nedbrytbart suspendert materiale er lavt. Slike typer organisk avfall kan f.eks. være deler av husdyrgjødsel, biologisk slam fra avløpsrensaneanlegg og slam fra avløpsrensing i settefiskanlegg.

Samarbeid:

Ønsker tverrfaglig samarbeid med leverandører i Norge og andre relevante samarbeidspartnere. Samarbeider nå blant annet med Høyskolen i Telemark.

Leveranser:


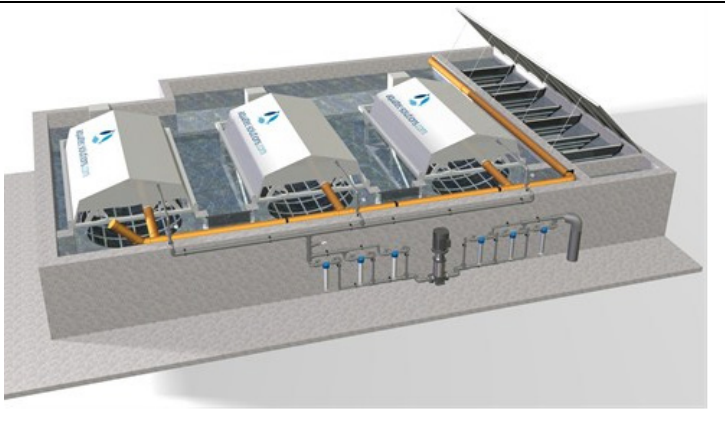
Ingen leveranser til havbruksnæringen ennå. Leverer nå et anlegg (bioreaktor) til behandling av gjødsel fra svin.

9.8 Aquatech Solutions

Company: Aquatec Solutions A/S
 Contact person: Ole Enggaard Pedersen, Owner / Director
 Phone: +45 75 88 02 22
 Mobile: +45 22 10 02 10
 Webside : <http://www.aquatec-solutions.com>
 E-mail: oe@aq.dk

Aquatec Solutions er en av de store danske leverandørene som prosjekterer og leverer av nøkkelferdige anlegg basert på RAS teknologi for oppdrett i ferskvann, brakvann og saltvann over hele verden. Selskapet leverer også utstyr og komponenter. Selskapet profilerer seg blant annet på RAS anlegg for laksesmolt med svært lav spede vanns utskiftning (Zero Water Change (ZWC)) med prosesserne denitrifisering og fosfatfelling, noe som gir grunnlag for å oppnå best mulig rensing av avløpsvannet. De leverer også anlegg for slamkonstrering. En oversikt over noen av deres konsepter er hentet fra bla. selskapets hjemmeside og angitt i nedenstående Tabell 16.

Tabell 16 Utstyr fra Aquatec Solutions aktuelt for rensing av avløp og slamkonstrering:

Name	Description	Figures
BASIC RAS	<p>In Aquatec Solutions design main focus is to create clean water by the fishes in order to reduce oxygen consumption and CO2 production by waterborne particles, hence focus has to be to collect small particles. Larger particles are captures by drum filters and smaller particles by settlement and by fixed bed bio-filters. All tanks / compartments of the water cleaning systems, except for degassing tanks and channels with significant water speed, have settlement areas, with suction pipes build in, in order to be able to extract sludge from these places, and to eliminate the possibility of places with “dead water”. The idea is by simple solutions to extract as many particles as possible, with as high dry-matter % as possible, in order to ease later treatment and further concentration.</p>	
Drum filters	<p>Drum filters with different sieves for different size of fish are used for mechanical filtration of the main water flow prior to biological filtration in the circuit of RAS water treatment systems as well as for effluence treatment in flow through systems.</p>	

<p>Zero Water Change technology (ZWC)</p>	<p>Zero Water Change is when you <u>only</u> add new water for replacement of sludge taken out of the system. The ZWC technology consists of a Particle separator, a Bio filter (De nitrification) and a De phosphorus system combined. This allows for a much lower water usage per kg feed, down to 30 liter water per kilo feed.</p>	
<p>Aquatec Sludge Concentration: Bandfilter</p>	<p>Aquatec Solutions deliver complete solutions for waste water and sludge concentration systems. By addition of iron and / or fully biodegradable polymers this system can deliver concentrated sludge with 8 – 12 % dry matter.</p> <p>Benefit with this system is the purity of the reject water, low investment, low running cost and simplicity in managing, furthermore the sludge is pump able which means easy handling.</p>	 <p style="text-align: right;"><i>Aquatec Sludge Treatment system</i></p>
<p>Aquatec Sludge Concentration: Filter press</p>	<p>Aquatec Solutions deliver complete solutions for waste water and Sludge concentration systems. AQS Filter presses are available in different versions when it comes to removal of cakes, basically by manual or automatic removal. This technology allows for making sludge cakes with between 30% and 40% dry matter.</p> <p>Benefit with this system is the purity of the reject water and the high % of dry matter which reduces transport costs to final destination of the dry matters.</p>	
<p>Zero Effluence technology (ZE)</p>	<p>Aquatec Solutions deliver Zero Effluence technology and it means that the reject water from sludge concentration systems are treated and sterilized and lead back to the RAS</p>	

	system. This allows for an even lower water usage per kg feed, down to 5 liter water per kilo feed.	
--	---	--

9.9 Salsnes

Stiftet: 1990

Omsetning : 118 MNOK

Kontaktperson: Bjørn Aas (regional sales manager), Øyvind Prestvik (ny utviklingssjef)

Tlf: +47 74 27 48 60

Adresse: 7801 Namsos

E-post: bjorn@salsnes-filter.no

Hjemmeside: <http://www.salsnes-filter.no/>

Produktets historie går tilbake til 1991 og til Audun Fossengs teori om at det måtte la seg gjøre å utvikle en mekanisk finsil som kunne rense vann til settefiskanlegg, som den raskt ekspanderende oppdrettsnæringen var så avhengig av. Salsnes filter forhandles internasjonalt som en effektiv renseløsning for industrielle applikasjoner, til primærrensing, samt som erstatning til tradisjonell for sedimentering i høygradige renseanlegg.



Figur 31 Salsnes beltefilter (kilde www.salsnes-filter.no)

Salsnes Filter utfører skånsom partikkelfjerning fra hele vannstrømmen, samt har integrert teknologi for fortykning og avvanning av slam. Også som separat løsning behandler Salsnes Filter slamvann fra tradisjonelle trommelsiler ved å fortykke og avvanne dette. Den kompakte teknologien til Salsnes Filter er svært enkel å tilpasse til annen teknologi innen både fiskeoppdrett og annen fiskeindustri. Salsnes filter kan fjerne partikler ned til 15-30 micron.

Tiendeholmen RA Namsos, det første primærrensaneanlegget i Norge, kan dokumentere 60 % fjerning av SS og 30 % BOF5 med bruk av Salsnesfilter. Salsnesfilter benyttes som underleverandør på oppkonsentrering som første trinn i flere prosesser.

9.10 Dantech

Stiftet: 1983

Kontaktperson: Jogvan Joenson (Managing director)

Tlf: +45 4576 3636

Adresse: Hillerødvejen 55, 3250 Gilleleje, Danmark

E-post: jj@d-tech.dk

Hjemmeside: <http://www.d-tech.dk/>

Dantech (Danish Technology Center ApS) har levert teknologiske løsninger til næringsmiddelindustrien siden 1983, på alt fra design og bygging av hele fabrikker til konstruksjon av prosesslinjer om bord trålere. I 1998 utvidet Dantech virksomheten til renseteknologi og avløpsvannrensing. Hovedfilosofien er at forurensning må behandles der hvor den oppstår og at biprodukter må gjenvinnes mens de fortsatt har en verdi.



Figur 32 FiltraCon systemet fra Dantech

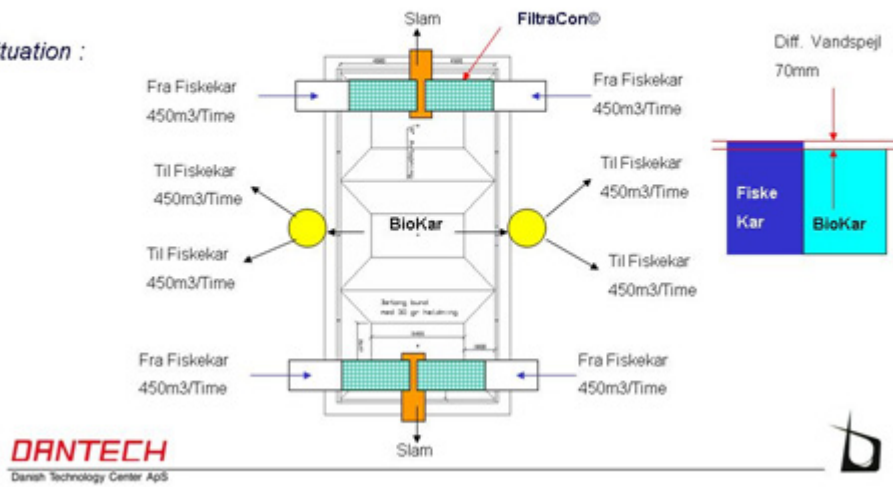
Dantech leverer FiltraCon filtre, FiltraFlo flotasjonstanker og FiltraSep roterende separasjoner. Løsningen krever ingen tilsetning av kjemikalier for å filtrere/oppkonsentrere slam. Eksempelvis kan 450 m³/t filtreres med 60 µ filterduk. De ser også for seg bruk av filterløsningen i RAS anlegg med biofilter i senter av fire oppdrettskar.

FiltraCon® for filtration af opdrætsvand.

Formål :

At Filtrere med 60 µ Filterdug 450 m³/time vand fra fiskekar til BioKar

Situation :



Figur 33 FiltraCon system brukt sammen med RAS biofilter (kilde : skisse fra J. Joenson, Dantech)

9.11 Sterner Aquatech

Stiftet : 1990

Omsetning : 85 MNOK (2011)

Kontaktperson: Bjarne Pettersen, daglig leder

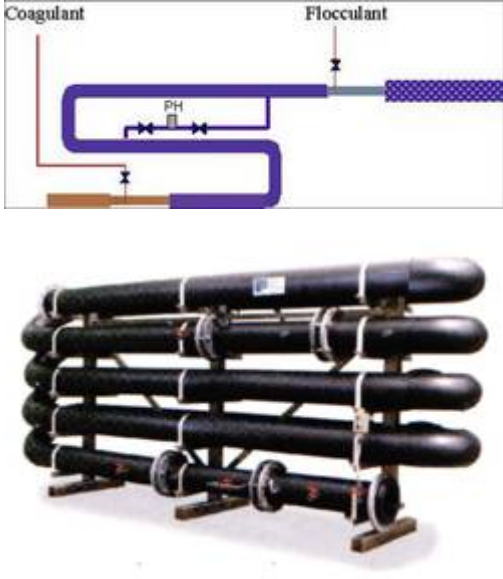
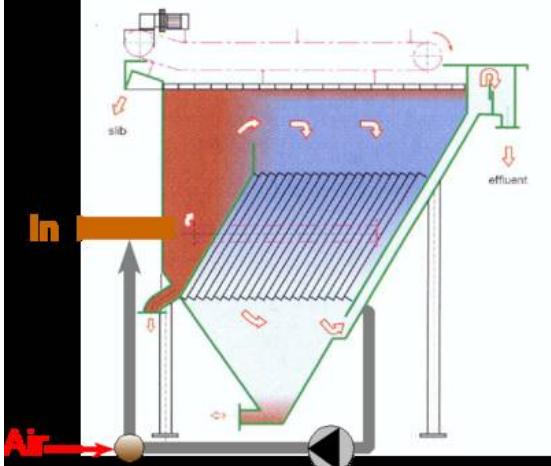
Tlf : 907 78 380


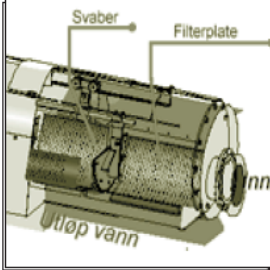


Adresse : Anolivn 16, 1400 Ski

Hjemmeside : <http://www.sterneraqua.no/>

Sterner Aquatech er er stor norsk aktør både innen utstyr til fiskeoppdrett, drikkevann og kommunalt avløpsvannbehandling. De prosjekterer og leverer anlegg basert på teknolog fra to hovedleverandører av filtrering og flotasjon, hhv Hydrotech og Nijhuis Water Technology. De har en lang rekke installasjoner i Norge bak seg. Nijhuis Water Technology i Nederland er en stor global aktør innenfor avløpsrensing. De leverer produkter i hele kjeden fra filtrering via kjemisk- til biologisk behandling. Siden oppstarten har de levert mer enn 2 000 anlegg over hele verden. Fokus er industriavløp, men det leveres også noe til kommunale avløpsprosjekter. Sterner AS representerer Nijhuis i Norge. Noen av de aktuelle teknologiene som selskapet leverer er samlet på bakgrunn av informasjon tilgjengelig på selskapets hjemmeside

Tabell 17 Prosesser og utstyr for avløpsvannbehandling fra Sterner Aquatech AS

Name	Description	Figures
Rør-flokulator	<p>Metoder for partikkelfjerning brukes ofte i kombinasjon med et kjemisk trinn. Dette fordi man ønsker å ta ut noe av de emulgerte/løste stoffene i vannet og lage partikler av disse som kan fjernes. Nijhuis søker i størst mulig grad å benytte rørflokkulatorer for dette formålet. Dette fordi man i et slikt system har en mye mer kontrollert og uniform mikse energi. Ved å redusere eller øke rørdiameter endrer man hastighet og samtidig turbulens. Turbulensen representerer mikse energien. Man unngår ”døde hjørner” som man gjerne får i tanker og byggeflaten er mindre. Energi- og kjemikalieforbruk reduseres også</p>	
Flotasjon	<p>Effekten av et flotasjonssystem er avhengig av partiklenes evne til oppdrift, og to teknologiske fortrinn i disse enhetene. (1)Lamellplater og (2)Dispergert luft: Flotasjon kan i følge selskapet representere et meget godt alternativ der man tradisjonelt tenker plasskrevende sedimenterings-løsninger.</p>	

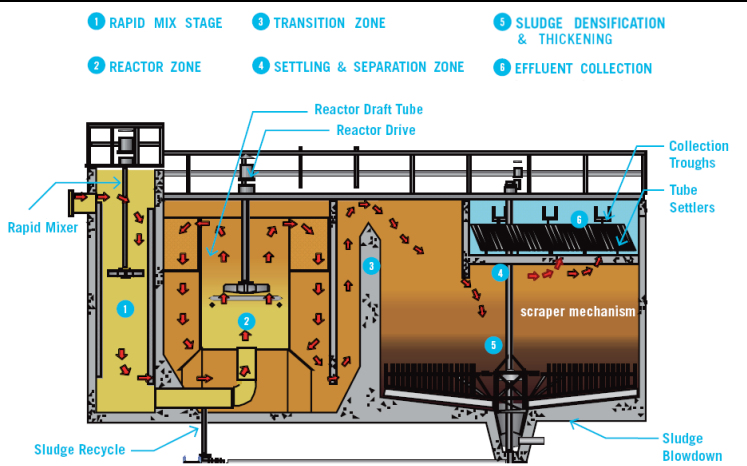
<p>Totrinns (siling + filtrering)</p>	<p>Til primærrensing i offentlig avløpsanlegg har Sterner AS inngått samarbeid med KHL Norge AS om leveranser av basert på den unike og kjente Masko Zoll® separasjons teknologien sammen med I kombinasjon med Hydrotech® mikrofilter. I samarbeidsavtalen heter det at Sterner AS vil være tilbydende selskap, mens JHL Norge AS er underleverandør. I følge Sterner er dette et anlegg absert på enkel og godt dokumentert teknologi. En tottrinns avløpsbehandling som sikrer god renseeffekt. En lukket prosess med minimal luktproblemer. Systemet gir høyt tørrstoffinnhold (TS) på silgods (25-40 %) og har lite vedlikehold. Renset avløpsvann kan gjenbrukes for spyling av filter (reduerte driftskostnader)</p> <p>Totrinns avløpsbehandling er også i tråd med de anbefalinger som er lagt til grunn i SFT's prosjekt PRIMÆRRENS (SFT-rapport 2088/2005</p> <p>Kombinasjonen er ikke testet ut på settefiskanlegg i Norge.</p>	  
<p>Filtrering av avløp fra gjennomstrømningsanlegg</p>	<p>Selskapet har blant annet levert en stor avløpsinstallasjon fra et landbasert oppdrettsanlegg i Norge med svært høy vannforbruk (350 m³/minutt), med flere hydrotechfiltre.</p>	

9.12 Degremont

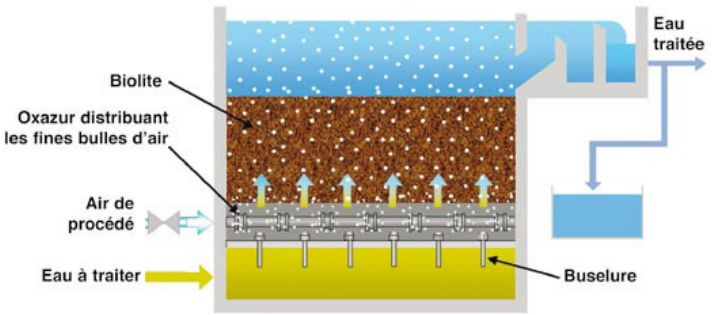
Degrémont er et fransk firma som utvikler og bygger anlegg for vannproduksjon, avsalting, anlegg for behandling av avløpsvann og behandling av slam. Degrémont kan videre kjøre installasjonene, og sørge for all påkrevd service ved drift. Representert i 70 land, med 4 600 ansatte. www.degreмонт.com.

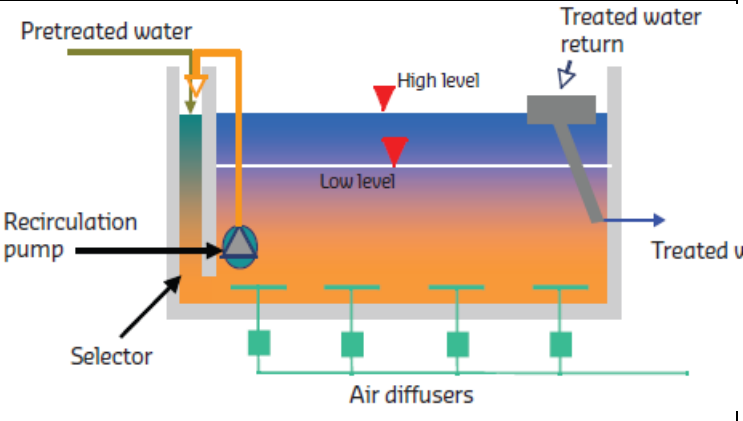
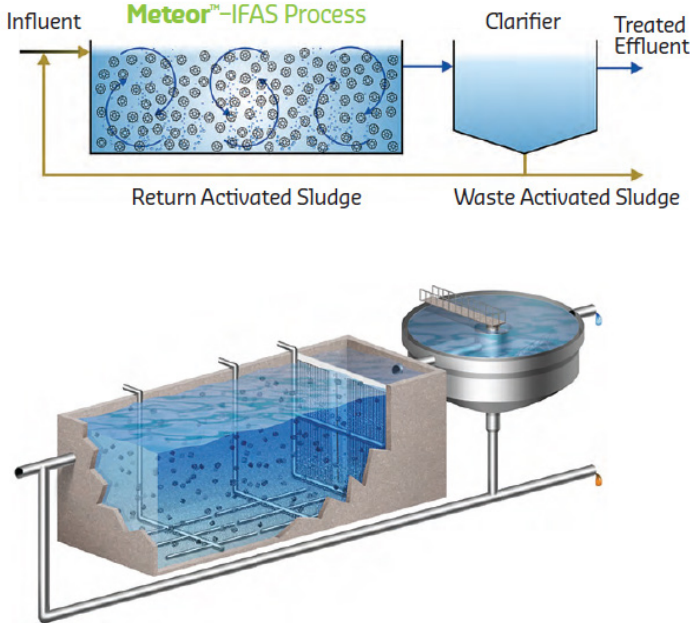
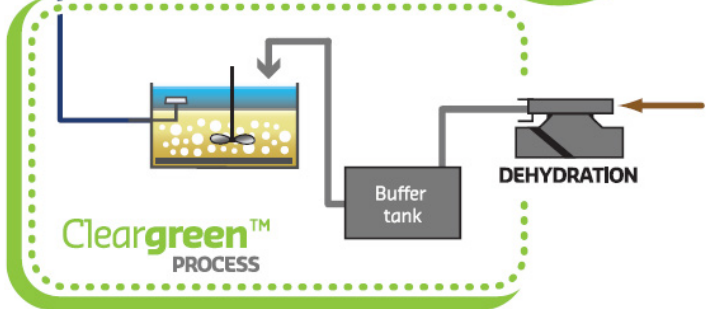
André POISSON (SALES DIRECTOR)
 DEGRÉMONT TECHNOLOGIES LTD.
 Stettbachstrasse 1
 8600 DÜBENDORF – SWITZERLAND
 DL : +41 44 801 86 82
 Fax : +41 44 801 85 01
 Cell. : +41 79 400 43 10

Tabell 18 Primary and tertiary Treatment (www.degreмонт.com)

Name	Description	Figures
Densadeg	<p>Densadeg is a solids contact settling process that enables acceleration of the physico-chemical water treatment.</p> <p>In particular, it is based on a dual chemical injection system that ensures their optimum use. Another major advantage: integration into the same unit of the essential functions for complete clarification of water enables a considerable reduction of the footprint.</p>	 <p>The diagram illustrates the operating principle of the Densadeg process, showing a cross-section of the reactor with six numbered stages: 1. RAPID MIX STAGE, 2. REACTOR ZONE, 3. TRANSITION ZONE, 4. SETTLING & SEPARATION ZONE, 5. SLUDGE DENSIFICATION & THICKENING, and 6. EFFLUENT COLLECTION. Key components labeled include the Rapid Mixer, Reactor Draft Tube, Reactor Drive, Collection Troughs, Tube Settlers, scraper mechanism, Sludge Recycle, and Sludge Blowdown.</p> <p style="text-align: center;"><i>Operating principle of Densadeg</i></p>

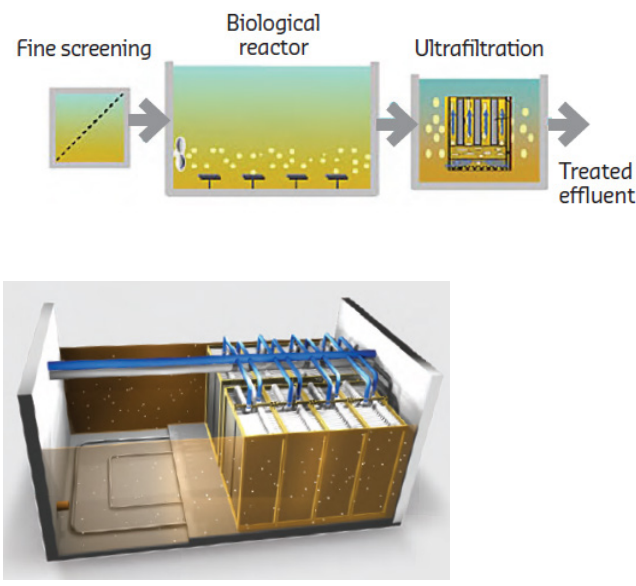
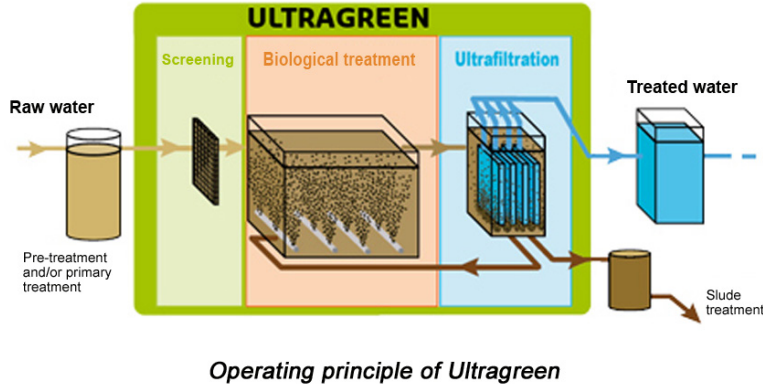
Tabell 19: Secondary Treatment (www.degreмонт.com)

Name	Description	Figures
Biofor	<p>Biofor is an aerobic biological or anoxic filtration system with ascending flows of gas and water, Biofor® ensures biological treatment of carbon, ammonia nitrogen and nitrates, by removing at the same time suspended solids in wastewater.</p> <p>The effluent to be treated enters continuously from the bottom of the reactor and passes through the filtering material that holds back the suspended solids. Carbonated and nitrogenous pollution is eliminated through the proliferation of bacteria, which leads to the formation of biomass on the material. Washing of the material takes place regularly in order to restore the filtering capability</p>	 <p>The diagram shows the Biofor secondary treatment process. It features a cross-section of a reactor where wastewater ('Eau à traiter') enters from the bottom. Air ('Air de procédé') is distributed through an 'Oxazur' distributor, creating fine air bubbles ('les fines bulles d'air') that rise through the water column. This process forms a 'Biolite' (biological film) on the 'Buselure' (filtering material). The treated water ('Eau traitée') exits from the top right.</p>

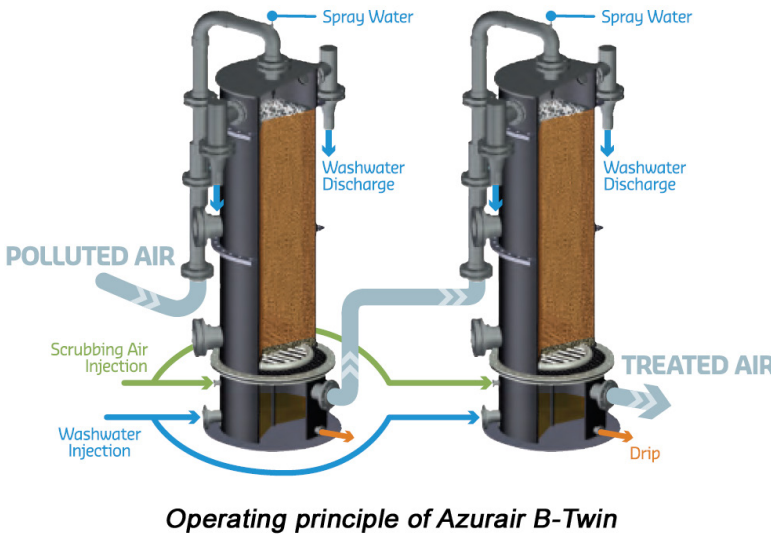
<p>Cyclor™</p>	<p>of the biofilter and to fix the biomass.</p> <p>Cyclor™ is designed for wastewater to treat carbonaceous, nitrogenous and phosphorous pollutions. It is particularly suitable for discharge in sensitive areas.</p> <p>A discontinuous sequential process: Cyclor's™ advantage is its mode of operation: part of the SBR family (Sequencing Batch Reactor), it is made up of cells which together complete a discontinuous sequential process, where all treatment phases take place in one and the same tank.</p> <p>Treated water is discharged during the decanting phase using a patented floating decanter.</p>	 <p>The diagram illustrates the Cyclor™ process in a single tank. It shows 'Pretreated water' entering from the top left. A 'Recirculation pump' is located at the bottom left, connected to a 'Selector' at the bottom. 'Air diffusers' are positioned along the bottom of the tank. The water level is shown with a 'High level' (blue) and a 'Low level' (orange). 'Treated water return' is shown exiting from the top right, and 'Treated w' (wastewater) exits from the bottom right.</p>
<p>Meteor™-IFAS</p>	<p>Meteor™-IFAS can be used for the treatment of raw water from urban areas and the pretreatment of industrial water.</p> <p>This process adapts equally well to the upgrading of existing systems, and the construction of new units.</p> <p>Two biomass systems, a single reactor: Meteor™-IFAS is a biological process by combined culture specially developed for nitrogen and carbon removal.</p> <p>The treatment of carbon is assured by suspended growth technology (activated sludge) while nitrogen treatment is assured by fixed-film technology: two distinct biomass systems (biomass flocculation and biofilm carriers) coexist within the same reactor</p>	 <p>The diagram shows the Meteor™-IFAS process flow. 'Influent' enters a reactor labeled 'Meteor™-IFAS Process' which contains biofilm carriers. The output goes to a 'Clarifier' which produces 'Treated Effluent'. Two sludge streams are shown: 'Return Activated Sludge' which loops back to the reactor, and 'Waste Activated Sludge' which is removed from the system. A 3D cutaway view of the reactor and clarifier is shown below.</p>
<p>Cleargreen™</p>	<p>Cleargreen™ is designed to work within a biological sequencing batch reactor (SBR) such as Cyclor™, a Degrémont reactor that allows the successive completion of all treatment phases in the same tank.</p> <p>Feed, aeration and deammonification phases are divided into sub-cycles and adapt in duration and intensity according to the characteristics of the effluent to be treated. The deammonification process uses bacteria known as Anammox, naturally present in the environment.</p> <p>Cleargreen™ does not require the addition of a biomass to function. A specific treatment after anaerobic sludge digestion: with Cleargreen™, the flow of nitrates does not return to the head of the water treatment line, but is treated in an effective manner.</p> <p>The reactor is equipped with captors, continually monitoring the system to</p>	 <p>The diagram illustrates the Cleargreen™ process. It shows a reactor with a stirrer, a 'Buffer tank', and a 'DEHYDRATION' unit. The process is enclosed in a green dashed box labeled 'Cleargreen™ PROCESS'.</p>

	limit human intervention	
--	--------------------------	--

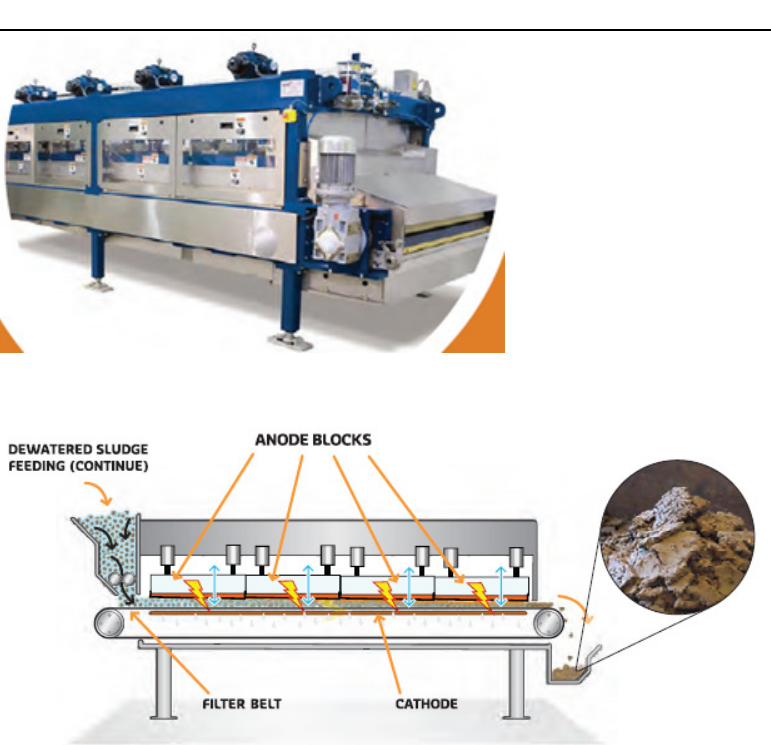
Tabell 20: Combined treatment (www.degremont.com)

Name	Description	Figures
<p>Ultrafor™</p>	<p>Ultrafor™ combines both a biological treatment using activated sludge and a clarification by immersion of ultrafiltration membranes.</p> <p>Water to be purified enters into a reactor where it is put in contact with a purifying bacterial mass before passing through the membranes.</p> <p>An almost total elimination of SS: Ultrafor™ functions according to the Out /In principle of immersion filtration, in other words a filtration flow from exterior to interior.</p> <p>Membranes are bundled in modules set within racks, which are placed one next to the other in an immersion tank.</p> <p>These hollow fiber membranes have of 0.035µm nominal pore size, which creates a true physical barrier for the elimination of bacteria, and helminth eggs, and a reduction in fecal coliforms.</p>	 <p>The figure shows a process flow diagram and a 3D cutaway model. The flow diagram consists of three stages: 'Fine screening' (represented by a square with a dashed diagonal line), 'Biological reactor' (represented by a rectangular tank with a green-to-yellow gradient and a white circular element at the bottom), and 'Ultrafiltration' (represented by a square with a grid of vertical lines). Arrows indicate the flow from screening to the reactor, then to ultrafiltration, and finally to 'Treated effluent'. The 3D model shows a white rectangular tank containing several blue and yellow membrane modules arranged in a row.</p>
<p>Ultragreen™</p>	<p>Ultragreen™ is a process that combines biological treatment and membrane filtration, allowing improved control of water and sludge separation.</p> <p>It incorporates the following treatment stages:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retention of solid waste by straining, • Activated sludge biological treatment, • Ultrafiltration by submerged plate membranes. 	 <p>The diagram, titled 'Operating principle of Ultragreen', shows a horizontal flow process. It starts with 'Raw water' entering a 'Pre-treatment and/or primary treatment' stage. The water then moves to a 'Screening' stage (green background). From there, it goes to 'Biological treatment' (orange background), which is a tank containing brown sludge. The final stage is 'Ultrafiltration' (blue background), where the water passes through a grid of blue membranes. The 'Treated water' exits to the right, while 'Sludge treatment' is shown as a separate output from the ultrafiltration stage.</p>

Tabell 21: Odour treatment (www.degremont.com)

Name	Description	Figures
<p>Azurair B-Twin</p> <p>Azurair B-Twin can eliminate the olfactory nuisances of small wastewater treatment plants with no changes of media and without the use of reagents. Based on the combination of two types of biological deodorizing equipment, the system allows the operation not only a full treatment of hydrogen sulfide, but also an advanced treatment of mercaptans.</p> <p>The treatment carry out in two sequential towers, adhering to the principle of the streaming biofilter: the towers are both equipped with a mineral media (biolite) to which microorganisms are attached to break down the odor-causing compounds.</p>		 <p>The diagram illustrates the operating principle of the Azurair B-Twin system, which consists of two sequential towers. Polluted air enters the first tower from the left. In this tower, scrubbing air is injected from the bottom, and washwater is also injected. Spray water is applied to the top of the tower, and washwater is discharged from the side. The air then moves to the second tower, where it is further treated. Washwater is again injected at the bottom, and spray water is applied at the top. The final treated air exits from the right side of the second tower. A drip collection system is shown at the bottom of the second tower.</p> <p style="text-align: center;">Operating principle of Azurair B-Twin</p>

Tabell 22: Sludge thickening and dewatering (www.degremont.com)

<p>Dehydris™ Osmo</p> <p>The Dehydris™ Osmo is a dewatering unit utilizing electro-osmosis, and can dehydrate several types of sludge: sludge from urban wastewater treatment, biological sludge from the treatment of industrial waters, and hydroxide sludge from drinking water.</p> <p>Performance in 3 phases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The sludge conditioning phase 2. The dewatering phase 3. The electro-dewatering phase that combines electro-osmosis mechanical pressure applied to the sludge. <p>It is this last phase that gives the sludge its high level of dryness. The electro-dewatering process is supplied by EIMCO WT, the market reference in the field. Electro-osmosis, by continuous current, drains surrounding water molecules by fluid viscosity.</p>		 <p>The figure shows the Dehydris Osmo machine, a large industrial unit used for sludge dewatering. Below the machine is a detailed cross-sectional diagram of the electro-dewatering phase. It shows a filter belt moving between anode blocks and a cathode. Dewatered sludge is fed into the system, and the process involves electro-osmosis to remove water. The diagram labels the 'DEWATERED SLUDGE FEEDING (CONTINUE)', 'ANODE BLOCKS', 'FILTER BELT', and 'CATHODE'. A circular inset shows a close-up of the resulting dewatered sludge.</p>
--	--	--

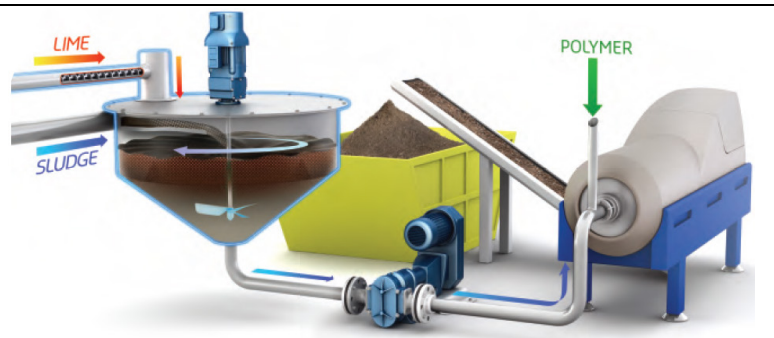
Dehydris™ Lime

Dehydris™ Lime, pre-liming unit for sludge with centrifugation, is suited to the dewatering of all types of sludge; fresh or digested coming from urban wastewater treatment. Developed to take advantage of the different properties of lime (sanitization, reduction of odors), Dehydris™ Lime is used at the end of the sludge treatment process. The biosolids, due to their granular structure, can then be used directly as agricultural recovery with an optimized storage.

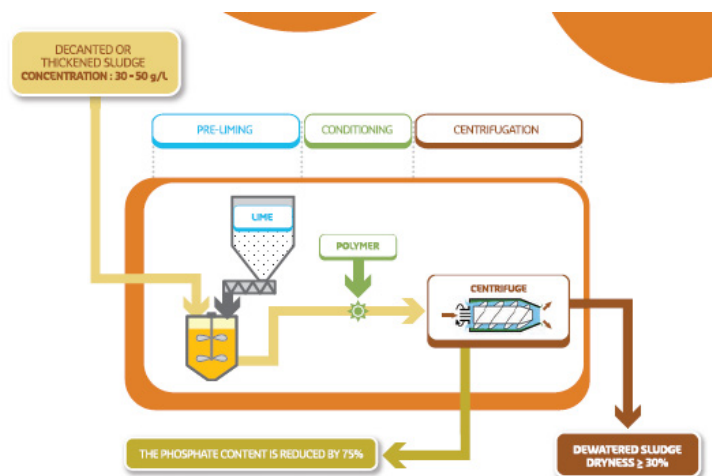
Dehydris™ Lime is also compatible with post-treatments. Performance in 3 steps:

1. Pre-liming of sludge that has been thickened first,
2. Conditioning with polymers,
3. Dewatering by centrifuge.


Dehydris™ Lime is flexible and was developed to support the use of several types of lime. The resultant biosolids is a dewatered sludge with an elevated dryness, biologically stable and structured, and with an improved texture and stability.



Operating principle - Dehydris Lime



Tabell 23: Sludge Digestion (www.degremont.com)

Name	Description	Figures
<p>Digelis Smart</p> <p>Digelis Smart is an urban-sludge digester for treatment plants with a capacity ranging from 20 000 to 80 000 PE.</p> <p>It is unique in that a single chamber is used both to digest sludge and store biogas. The digester thus has no anti-rust covered cement dome, but a double-membrane, flexible gas-holder that is extended by an inner fabric skirt, coated with PVC, which is submerged below the level of the sludge.</p> <p>Digelis Smart is a practical, economical digester solution for small and medium-size plants.</p> <p>Advantages:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sludge stabilization, • reduction of sludge production in the plant, 		

	<ul style="list-style-type: none"> waste recovery by creating an energy, the biogas, from sludge. 	
<p>Digelis™ Turbo</p> <p>For new facilities, Digelis™ Turbo allows a reduction in sludge disposal costs and an increase in the production of reusable biogas. In the case of plant extensions, Digelis™ Turbo can be integrated into the system to double the existing digester capacity without investing in new drying or incineration facilities.</p> <p>A process producing reusable biogas: First the sludge undergoes thermal hydrolysis (in a reactor at 165 °C for 20 to 30 minutes). In other words where, after being thickened and homogenized, the sludge is subjected to high pressure and high temperature. The sanitized sludge is then sent to a pressure-reducing reactor where the drop in pressure causes the destruction of cells, before being cooled by thermal exchange. The gases produced during these different phases are sent into the digester without generating any odor problems.</p> <p>Finally, the anaerobic digestion converts the volatile matter into biogas (primarily methane), which is used to feed the boiler that produces the steam necessary to complete the process and/or for cogeneration. After dewatering, sanitized digested sludge has a dryness around 30% and can be used as fertilizer.</p>		<p>Raw sludge Raw sludge 16-17% MS Hydrolysed sludge</p> <p>Thermal hydrolysis</p> <p>Hydrolysed sludge to digesters 8-12% MS</p> <p>Developed by CAMBI - recycling energy</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Live bacteria ○ Dead bacteria ☆ Inert suspended material ★ Exopolymers <ul style="list-style-type: none"> ○ MES hydrolysed ○ Cellular content ○ Cell wall ☆ Inert suspended material ★ Exopolymers

Tabell 24: Sludge dryer (www.degremont.com)

Name	Description	Figures
<p>Evaporis™ LT dryer</p>	<p>Taking primary municipal wastewater, physico-chemical, biological or mixed dewatered sludge (with or without tertiary treatment) such as industrial wastewater sludge, the low-temperature Evaporis™ LT dryer works on the principle of continued drying by hot air convection (65/80°C) in a closed tunnel.</p> <p>Automated from A-Z: In order to ensure that air passes through the sludge during drying, a feed module receives and transforms the dewatered sludge into strands (extrusion). These strands move forward on the upper drying belt's module(s), where the circulation of hot air through the belts allows moisture to be captured and</p>	<p>STORAGE OF DEWATERED SLUDGE → Feed Pump → HEATING AND CIRCULATION OF HOT WATER CIRCUIT → COOLING AND CIRCULATION OF COLD WATER CIRCUIT → CONDENSATE DRAIN</p> <p>Storage of dried sludge Transportation of dried sludge</p>

water extracted from the sludge. This upper drying belt drops the pre-dried sludge onto the lower belt, where drying is completed. The dried sludge leaving the process has a dry content of between 70 to 90%. A lump breaker mill at the end of the process line enables granules to be obtained which are then automatically sent to a storage area.

The air circulating in the dryer comes from heat exchangers, inside of which water circulates at 90°C. In regard to the water contained in the sludge, this is extracted as steam (hot, moist air) and is then condensed in exchangers, inside of which cold water circulates (20/40°C).



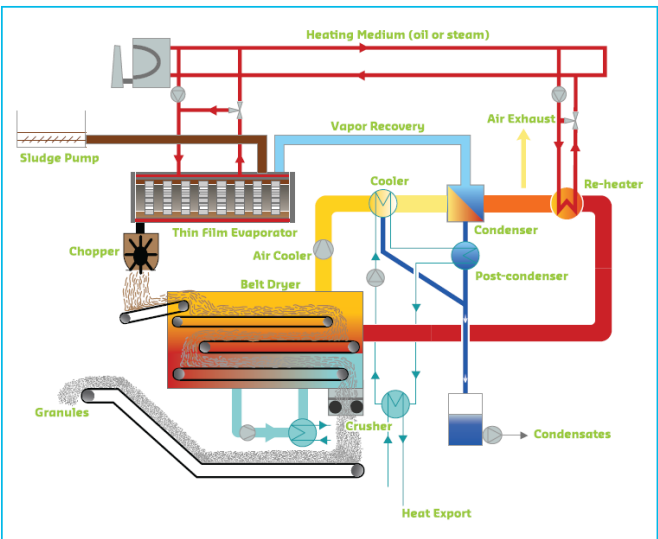
Innodry 2E

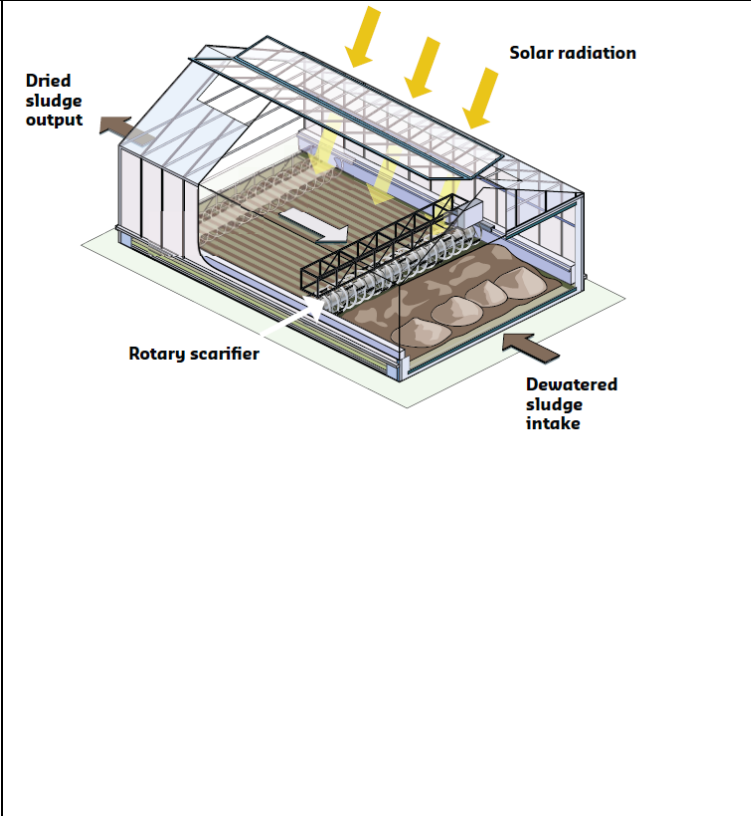
Innodry 2E is a sludge drying process with 2 stages which associates a thin film evaporator (indirect dryer) and a belt dryer (direct dryer).

Moulding of sludge into granules is achieved after the first stage, with the chopper, when the sludge is still in the plastic phase, thus avoiding any dust creation. Due to the Integrated Heat Recovery System, part of the surplus energy from the first stage is recovered to heat the second stage.

The end product is dried sludge in the form of granules, with a dryness level of 65% to 90% depending on the customers requirements. Innodry 2E produces a granulate with a density as high as 600 kg/m³, which is hygienic, biologically stable, dust-free and can be stored indefinitely.

Innodry 2E has also been designed to ensure highest operational safety standards to its customers : no risks of explosion, no dust, low exhaust air emission.



<p>Heliantis®</p>	<p>Heliantis® processes any type of dewatered sludge (minimum dry content: 15%) into a final product with dry content anywhere between 45% and 80%, depending on requirements. The sludge is dried in a greenhouse, using solar radiation and a scarifying machine that turns over and breaks up the sludge into granules.</p> <p>Heliantis® can be installed:</p> <ul style="list-style-type: none"> • On-site at an urban or industrial wastewater plant. The sludge is treated on a continuous low basis with no need for prior storage. • At a centralised site to treat sludge output from several sewage stations. <p>The dewatered sludge is brought directly to the greenhouse entrance as it is produced. The rotary scarifier repeatedly turns the sludge, breaking it into granules and gradually moving it forward to the exit. As the sludge bed is heated by the sun, the water it contains evaporates. The moist air is evacuated to maintain optimum air moisture levels in the greenhouse.</p>	
--------------------------	---	---

9.13 Siemens

Siemens Water Technologies is the world-leading water and wastewater treatment company providing the most comprehensive water treatment systems and services for aquatics, industrial, institutional and municipal customers. Siemens Water Technologies serves more than 90 percent of the Fortune 500 manufacturing companies, including approximately 100,000 industrial customers. Through high-purity water technology and related services, Siemens helps industry and manufacturers meet specific water quality requirements to ensure consistent processes and production. Siemens also helps industry meet ever increasing industrial wastewater regulations, while improving efficiency and reducing waste disposal costs. (www.water.siemens.com).

Pierluigi Piacentini (Sales & Marketing)

Siemens S.p.A.

SWE RC-IT I IA WT S MK

Center of Competence Europe

Via Torino 114

27045 Casteggio PV, Italy


Phone: +39 0383 8067-341

Fax: +39 0383 83782

mailto:pierluigi.piacentini@siemens.com

www.siemens.it/watertechnologies

Tabell 25: Primary Treatment (www.water.siemens.com)

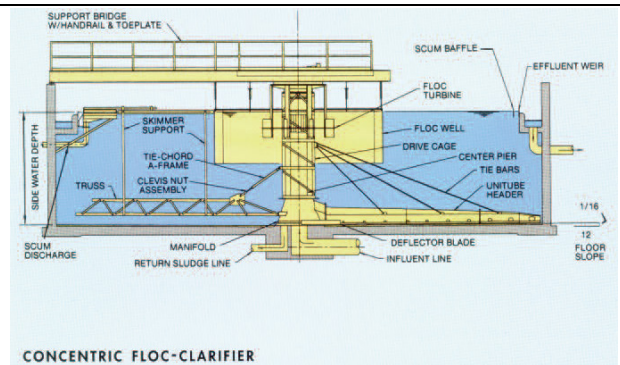
Name	Description	Figures
<p>Envirex® High Performance Peripheral Feed Clarifier</p>	<p>The Envirex® high performance clarifier combines the high capacity and flow rates of the Rim-Flo® clarifier with the optimum sludge removal of the Tow-Bro® unitube header to offer your plant proven performance.</p> <p>It offers a reduced overall cost to your plant through its smaller footprint and lower construction costs. Used as a secondary activated sludge clarifier, the Rim-Flo® circular clarifier offers greater capacity, higher overflow rates, optimum hydraulic stability, full surface and feed channel skimming, maximum design versatility and lower costs.</p> <p>More than 650 basins, equipped with Rim-Flo® peripheral feed channels, have been provided around the world in sizes ranging from 15m to 67m.</p> <p>The Tow-Bro® unitube sludge removal system provides the ultimate in rapid, uniform removal of final clarifier flocculent sludges. Rapid sludge removal offers a fresher sludge, less chance for septicity, reduced aeration and thus energy requirements and the prevention of phosphate release.</p>	

Envirex® floc-clarifier

An Envirex® floc-clarifier reduces overall operating costs and initial capital outlay, when compared to separate flocculation and clarification units. It combines the basic components of the circular clarifier with flocculation.

The Envirex® floc-clarifier can be applied to process requirements such as water treatment (removal of color, particulates, chemicals) or wastewater treatment (phosphorous removal, trickling filter solids contact systems).

Changes to the design include a larger influent well, sized to provide the required flocculation time. In some instances, modifications to the bridge and supporting structure may be required. Mixing is also added to achieve economical flocculation. Proven designs include mechanical mixing, air supply, or hydraulic baffles. Mechanical flocculation is provided by either concentric “stacked” drives or independent mixers.



CONCENTRIC FLOC-CLARIFIER

Tow-Bro® Unitube Sludge Removal System

Tow-Bro® Unitube Sludge Removal System - The Ultimate in Rapid, Uniform Removal of Final Clarifier Flocculent Sludges

This unique design, proven in hundreds of installations as well as in exhaustive testing programs, assures effective results, simple operation, less maintenance requirements and substantial construction and energy cost savings.

To enhance the performance of the Tow-Bro® Sludge Removal System, Siemens offers a Flocculating Energy Dissipating Well Arrangement (FEDWA) baffle system. The FEDWA baffle system is a simple, practical method of dissipating inlet energy and enhancing flocculation in primary and secondary clarifiers. Rapid sludge removal and efficiency - Over a full range of flows means a fresher sludge, less chance for septicity, reduced aeration requirements, and prevention of phosphate release. Maximum solids concentration - Less required pumping means that aeration basins and solids handling systems can be designed and operated for the minimums. Minimum sludge irritation - Achieved through a gentle removal action and a minimum of underwater disturbance. Balanced hydraulic design - Removes settled solids in proportion to the area covered over a wide range of flows and permits low sludge blankets to be maintained for cleaner effluents.



The Trans-Flo® Secondary Clarifier

The Trans-Flo® Secondary Clarifier - Three Proven Technologies in One. The Trans-Flo® Secondary Clarifier has combined three proven technologies - The Rim-Flo® Peripheral Feed and Takeoff Clarifier, the Tow-Bro® Hydraulic Sludge Remover and the Chain & Scraper Sludge Collection System to assure a fresher, more concentrated sludge, reduced aeration requirements and lower effluent solids.

Despite the technologies it contains, the Trans-Flo® performs in a smaller space and at lower construction and equipment costs than the average clarifier. As a new installation it requires less equipment and has lower construction costs than circular basins.

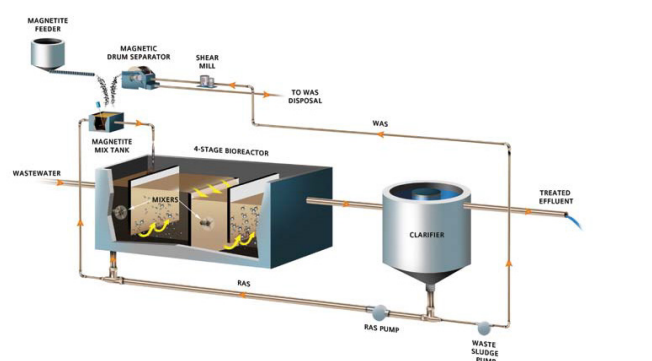
As a retrofit for existing tanks it is cost-effective because of its common wall construction, an option for large multiple tank applications or sites where space is limited. It is also well suited for replacing traveling bridges, track vacs or sludge suckers. It can be designed with greater mass loading and flow capacities in much longer and wider basins



BioMag™

With its marked ability to increase the specific gravity of biological floc, the BioMag™ System ensures rapid and reliable settling and control over the sludge blanket. These benefits provide the opportunity to increase the concentration and thereby the treatment capacity of mixed liquor suspended solids (MLSS). Higher MLSS concentration enables the treatment of increased hydraulic flows and loadings, and/or the achievement of enhanced nutrient removal (ENR) standards, with no additional tankage.

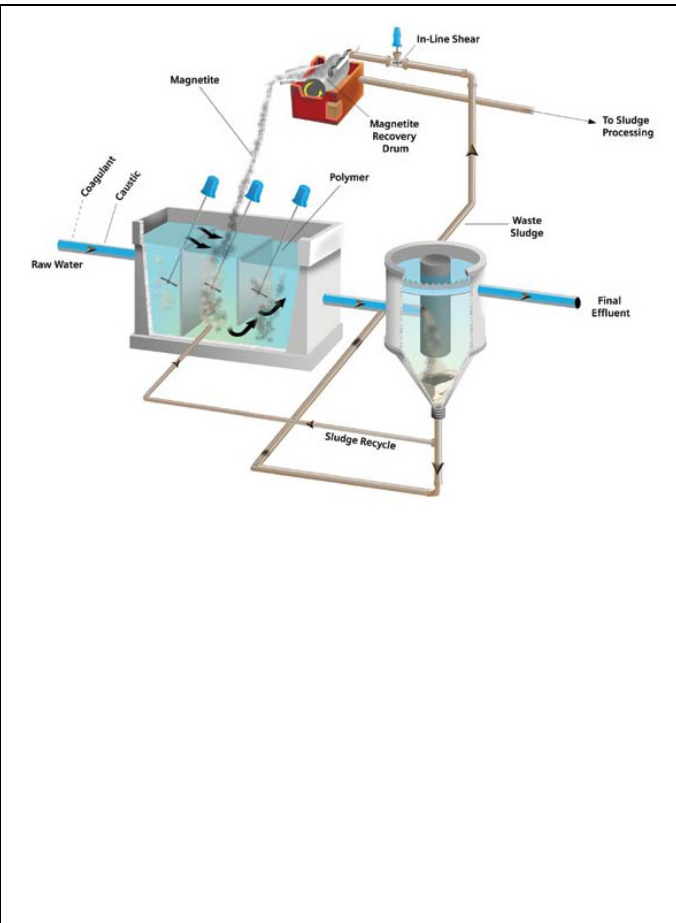
The system starts by combining virgin and recovered magnetite with mixed liquor in a ballast feed tank. The blended slurry is fed to a single or multi-stage bioreactor for conventional processing, then onto a secondary clarifier where the solids settle quickly and reliably. The majority of the resulting underflow is returned to the bioreactor via a return activated sludge (RAS) line. Waste activated sludge (WAS) passes through an in-line shear mill to liberate the magnetite, then to a magnetic recovery drum where the magnetite is recovered and re-blended with the mixed liquor in the ballast feed tank. The sludge, minus the magnetite, is wasted and with gravity thickening achieves a solids concentration of 4 to 5 percent. The result is a BioMag™ System that is simple and easy to operate.



CoMag™

The CoMag™ System simply and reliably enhances conventional flocculation, coagulation and clarification processes. It begins with the addition of Alum, Ferric or PAC to the CoMag™ System influent. Flocculation and the addition of magnetite occur in conventional reaction tanks. Magnetite becomes quickly infused into the floc through simple mixing. Finally, a small dose of coagulant is added to enhance the capture rate of fine particulate. The magnetite-laden floc travels to a small footprint conventional clarifier. The high specific gravity of the ballasted floc results in a rapid and reliable settling rate. Approximately 85 percent of the settled sludge is recirculated to the reaction tanks, where the resulting increase in solids density greatly improves the capture of contaminants, enhances plant stability and enables the system to withstand high fluctuations in loads and flows.

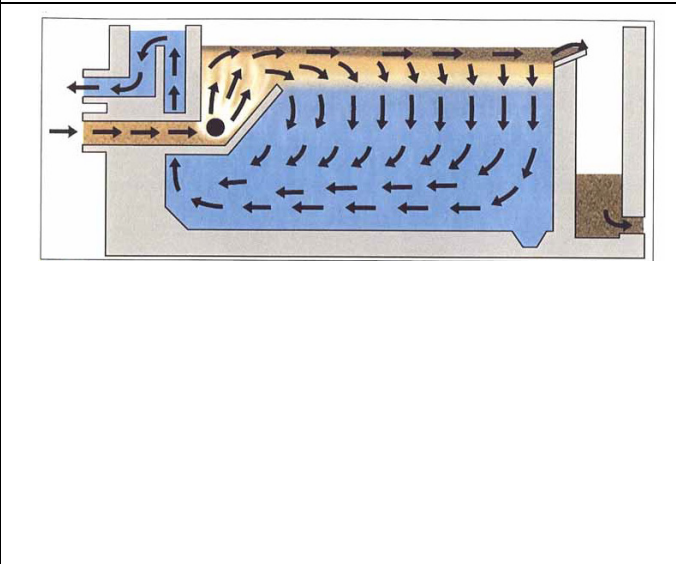
The remaining settled sludge flows through a shear mixer that liberates the magnetite. The resulting two-part slurry flows under a magnetic recovery drum that captures over 99 percent of the magnetite and recycles it back to the reaction tanks. The remaining sludge flows to the plant's sludge management system. The clear, clean, near particulate-free decant of the CoMag™ System clarifier flows on to disinfection.



Folded Flow® Dissolved Air Flotation Separator

The Folded Flow® DAF system's simple and innovative design "folds" the flow by removing effluent from the same end of the tank as the influent is introduced, resulting in a higher hydraulic loading rate.

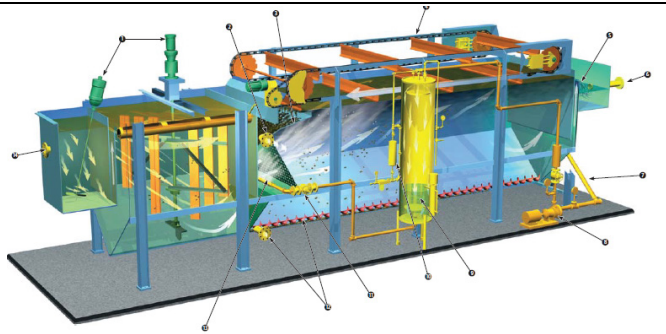
In the Folded Flow® design, as the density current travels laterally, clean water, being heavier, peels away from the bottom of the density current and flows downward. At the bottom of the tank, the downward flow gathers in a laminar fashion to form a horizontal return current, which accelerates as it nears the outlet. The downward velocity of liquid from the surface layer to the return stream at the bottom is relatively constant along the length of the tank and is uniformly close to a minimum flow. This ensures that the bubbles are moving upward throughout the entire volume of the tank.



Float-Treat® Dissolved Air Flotation (DAF) Separators

The Float-Treat® separator provides effective removal of suspended solids, fats, oils and greases from liquids using dissolved air flotation (DAF) or dissolved gas flotation (DGF). Typically, removal rates of 90 - 95 percent are achieved with minimal operator attention. We have hundreds of installations throughout the world, in facilities ranging from refineries to dairies.

Float-Treat® DAF and DGF separators, with capacities up to 2,000 gpm, provide a cost-effective rectangular design that can be made of steel or concrete. Steel-tank DAF and DGF separators can be shop-fabricated and finish-painted, significantly reducing installation time and construction costs. Both flash mixing and flocculation can be integrated into one unit without the addition of separate tankage. Float concentrations of up to twenty percent oil and solids can be achieved, eliminating the need for additional thickening equipment normally associated with flotation technology.



Float-Treat® Dissolved Air Flotation (DAF) Thickeners



Float-Treat® DAF thickeners have outstanding performance records for solids concentrating on water and wastewater sludges. Plants have obtained 5% total solids and more on biological sludges alone, far surpassing the performance of conventional gravity type systems.

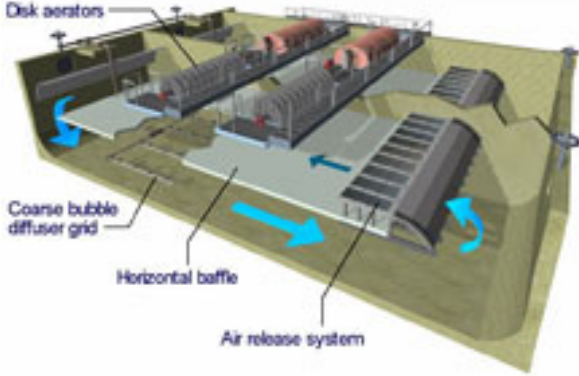

The millions of tiny air bubbles in the Float-Treat® thickeners float solids to the tank surface, forming a highly concentrated sludge blanket. The compacting effect of the continuous supply of air bubbles results in a sludge concentration much greater than normally obtained by gravity sedimentation. Skimmers remove the thickened sludge at the end of the tank for disposal.



An important principle is the introduction of air into an external liquid source, such as recirculated effluent. The recycled liquid is pumped at elevated pressure to a saturation tank where air is introduced. Microscopic air bubbles are formed as the pressure of this stream is reduced just before re-entry into the flotation compartment.





Tabell 26: Secondary Treatment (www.water.siemens.com)

Name	Description	Figures
<p>OMNIFLO® Sequencing Batch Reactor (SBR) Systems</p>	<p>The OMNIFLO® Sequencing Batch Reactor (SBR) is a fill-and-draw, non-steady state activated sludge process in which one or more reactor basins are filled with wastewater during a discrete time period, and then operated in a batch mode.</p> <p>The OMNIFLO® SBR accomplishes equalization, aeration, and clarification in a timed sequence in a single reactor basin. By varying the operating strategy aerobic, anaerobic, or anoxic conditions can be achieved to encourage the growth of desirable micro-organisms. The OMNIFLO SBR is ideally suited when nitrification, denitrification, and biological phosphorous removal are necessary.</p>	
<p>BioSphere™ MBBR / IFAS Biological Treatment System</p>	<p>Innovative, reliable and cost effective, the BioSphere™ MBBR /IFAS System from Siemens is a fixed-film process using thousands of a patented designed biomass carriers to create a large protected surface area for biofilm growth. As a leader in fixed-film wastewater processes for more than 100 years, Siemens has designed this system to allow for capacity increases of 200% or more and compliance with ever-tightening permit limits - all within an existing plant footprint.</p> <p>The BioSphere™ Biological System can be installed either as an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) system or as a fixed-film system without activated sludge circulation (MBBR). It utilizes a spiral role aeration pattern generated by medium bubble diffusers to provide complete bioreactor mixing coupled with enhanced oxygen transfer capabilities. In fixed-film mode, the BioSphere Biological System uses a single pass configuration with no return activated sludge (RAS). In IFAS mode, RAS is returned to the bioreactor and the suspended biomass is combined with the fixed film biomass attached to the carriers.</p> <p>The BioSphere Biological System is ideal for plant upgrades, retrofits or expansions. With no additional tankage required, project costs are reduced, duration is shortened and</p>	

	<p>space is conserved. Suitable for both municipal and industrial wastewater treatment plants, the system can successfully achieve BOD5 to < 5.0 mg/L, and enhanced nutrient removal performance, including total nitrogen (TN) < 3 mg/L. The flexibility and efficiency of the system also makes it a cost-effective solution for the construction of new plants.</p>	
<p>Vertical Loop Reactor (VLR®) Systems for Biological Treatment</p>	<p>VLR® Systems utilize a vertical loop based design with looped reactors in series that allows DO stratification. As such, it is suited for simultaneous nitrification/denitrification; biological phosphorus removal and storm water treatment.</p> <p>VLR® system tanks are similar to oxidation ditches that have been flipped on their sides. There is an upper and lower compartment, separated by a horizontal baffle running the length of the tank. The process has been adapted from our proven Orbal® technology and uses the same surface mounted discs to provide mixing and to deliver oxygen. Typically, two or more basins make up the VLR® system, with the first tank operating as an aerated anoxic reactor.</p>	
<p>OMNIPAC® SBR Field-Erected Package Wastewater Plants</p>	<p>OMNIPAC® SBR field-erected package plants are the perfect solution for a variety of municipal and industrial wastewater processing applications.</p> <p>OMNIPAC® SBR package plants are pre-engineered and factory built, reducing on site installation time, site preparation, yard piping and electrical conduits. In addition, OMNIPAC® SBR package plants save money in many ways - both initially and over time because they eliminate the need for multiple tankage, separate clarification systems and sludge recycle systems.</p> <p>By utilizing the steel circular tank and the OMNIFLO® SBR technology the result is a highly flexible and efficient treatment facility that can be operational in weeks instead of months.</p>	



<p>Field-Erected Orbal® System</p>	<p>Siemens Water Technologies integrates one of the industries most advanced biological nutrient removal processes into an effective wastewater treatment system.</p> <p>The field-erected Orbal® system includes field-erected steel tanks with process equipment for enhanced nutrient removal applications. The Orbal system is a multichannel oxidation ditch that is well suited for conventional activated sludge, advanced secondary treatment, simultaneous nitrification-denitrification, and biological phosphorus removal.</p> <p>The steel field-erected treatment plant provides a cost-effective and long-life solution to treatment plant construction. The plants are pre-engineered and factory built to make installation easier and a fast turnaround.</p>	
<p>Orbal® Multichannel Oxidation Ditch for Wastewater Treatment</p>	<p>The Orbal® multichannel oxidation ditch, as a complete mix, looped reactor system, is well-suited for conventional activated sludge, advanced secondary sludge treatment, simultaneous nitrification-denitrification, biological phosphorus removal and storm water treatment.</p> <p>The typical Orbal® multichannel oxidation ditch has three concentric channels. The outer channel, where the majority of the process ‘work’ takes place, is an aerated anoxic reactor. The DO of the second channel operates in a swing mode to vary with daily load conditions. The last channel maintains a polishing mode removing remaining BOD and ammonia before the flow exits to final clarifiers. The mechanical backbone is its unique aeration disc with its high oxygen transfer and unmatched mixing efficiency.</p>	

Tabell 27: Combined treatment (www.water.siemens.com)


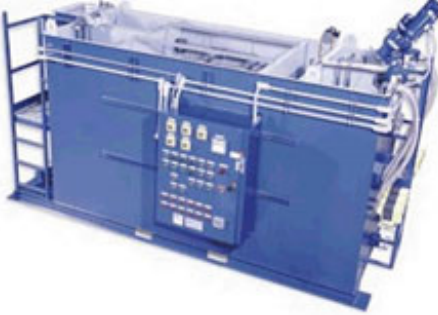

Name	Description	Figures
<p>Xpress™ Membrane Biological Reactor Packaged Plants</p>	<p>The Xpress™ membrane biological reactor (MBR) packaged plant from Siemens Water Technologies is a robust wastewater treatment process with inherent features designed to reduce maintenance and provide reliable and efficient wastewater treatment and reclamation for small scale applications.</p> <p>There are many Xpress™ MBR equipment variations, configurations, and options, all of which are designed to provide the necessary treatment for each wastewater project. Equipment selection is dependent on effluent requirements, ease of maintenance and operation, power consumption, future expansion, and initial capital costs. Above all, the Xpress™ MBR operating system is designed to be safe and convenient for plant operators</p>	 <p>Technical Data</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flows: 25,000 to 100,000 gpd • Influent: Up to 350 BOD/350 SS\ • Effluent: Less than 5 BOD and 1 SS • Turbidity typically < 0.2 NTU • Cost installed - approx. \$7 - \$20 / gal treated • This plant produces water that (after disinfection) can be reused for non-potable applications
<p>MemPulse™ Membrane Bioreactor (MBR) System</p>	<p>The MemPulse™ Membrane Bioreactor (MBR) System from Siemens Water Technologies uses a mechanical device that supplies irregular pulses of air to the MBR module. This increases scouring effectiveness, decreases operation and maintenance costs, and reduces energy consumption. The system can be used in with a wide range of municipal and industrial wastewater treatment applications. It can also easily be retrofitted to existing plants wishing to replace conventional clarification processes with membrane separation.</p> <p>The MemPulse™ device introduces air and mixed liquor into the bottom of the membrane modules through an "airlift effect". The air bubbles blend with the mixed liquor and rise up into membrane fibers, providing effective scouring to the membrane surface and refresh the membrane surface to prevent solids concentration polarization. The two-phase cross-flow reduces scour air energy dramatically.</p> <p>No moving parts are added to the system, decreasing operation and maintenance costs. Additionally, there are no mixed liquor jet laterals, which reduces installation time. Rather, the MemPulse™ MBR device provides even distribution of air and mixed liquor ensures consistent operating conditions for the membrane modules.</p> <p>The Envirex® biological process solutions of Orbal® and VLR® are available in different configurations customizable to fit your wastewater treatment needs including:</p>	

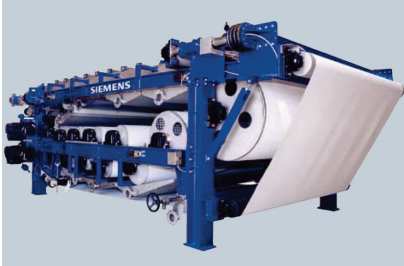


	<ul style="list-style-type: none"> • Solids reduction • Nitrification-denitrification • Phosphorus removal • Stormwater treatment <p>SmartMBR™ Controls offers capabilities unmatched by other available systems and delivers unparalleled performance enhanced by system reliability. The integration of SmartMBR Controls into the advanced wastewater treatment solution achieves:</p> <p>Dependable process performance backed by guarantee</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absolute minimum power costs. • Reliable hands-free operation and reduced operator attendance 	
--	--	--




Tabell 28: Odour treatment (www.water.siemens.com)

Name	Description	Figures
ZABOCS™ Biological Odor Control	<p>The ZABOCS™ biological odor control system is a multi-media system which combines gas absorption, adsorption and biological treatment to capture and then eliminate organic and inorganic odors from wastewater process air streams. The unique combination of proprietary carbon media enables the ZABOCS™ system to treat three times the air volume compared to similar sized conventional biofilter systems, while also being able to start treating odors immediately with zero acclimation time.</p>	
LO/PRO® Odor Control System - Wet Chemical Scrubber	<p>Siemens Water Technologies offers a complete line of wet scrubber odor control systems. By far our most popular, versatile and effective product is the LO/PRO Packaged Odor Control System. Since its introduction in 1994, the LO/PRO has become the industry leader.</p> <p>It is the result of more than 20 years of experience developing, designing, building and testing wet scrubber systems. While the LO/PRO is new, it has received wide ranging and enthusiastic endorsements from engineers, general contractors, and operation's people. In many instances, space and time for scrubber installation and testing is at a premium.</p> <p>Our system, designed to minimize space requirements, arrives at the job site completely assembled and of unitary construction. The chemical sump and absorption stages are housed in a single FRP chamber with manways for easy access to any part of the system. To date there are more than 265 LO/PRO scrubber systems in operation worldwide.</p>	

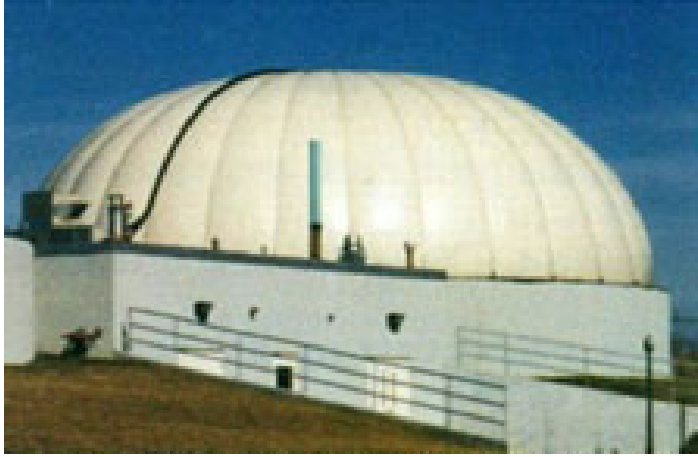
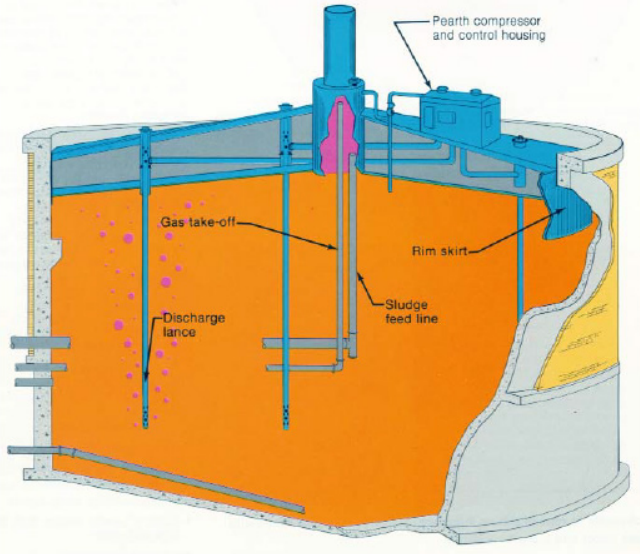
Tabell 29: Sludge thickening and dewatering (www.water.siemens.com)

<p>Sludge Thickening</p>	<p>The Sludge Thickening System is designed to utilize gravity in further concentrating the sludge from a clarifier or microfilter prior to being pumped to a filter press.</p> <p>The sludge thickening system is designed to take low concentrated sludge (1-2% solids) and increase the sludge concentration to 4-5% solids by means of gravity settling. Sludges from a Memtek® microfilter system, a solids separator (clarifier) or a TotalTreat® Continuous Precipitation System (CPS) that do not incorporate an integrated sludge aging tank can be further thickened by using a sludge thickening system. The system is operated in a continuous mode. It includes a coned bottom FRP tank, FRP inlet baffle, effluent weir trough and a flanged sludge withdrawal nozzle.</p>	
<p>The TotalTreat® Continuous Precipitation System (CPS)</p>	<p>The TotalTreat® Continuous Precipitation System (CPS) has a compact, skid-mounted design that performs a continuous flow chemical precipitation process.</p> <p>The TotalTreat® CPS incorporates two chemical process reaction chambers, a flocculation chamber, an inclined tube separator for solids separation, two sludge thickening chambers, and an effluent sampling and/or pumping chamber, all on one skid. Sludge removal and decant pumps are available as options.</p> <p>The TotalTreat® CPS can be used as a stand alone unit or integrated as part of a larger system. The system requires influent, effluent and sludge process connections and a single power connection. The TotalTreat® CPS has been used in many industries and applications. The chemistry used in the CPS is selected to provide optimum treatment for the waste. The five standard equipment dosing pumps can be supplemented and additional instrumentation, such as ORP, are available as optional equipment.</p>	
<p>Gravity Belt Thickener</p>	<p>Our Gravity Belt Thickener is designed to deliver higher solids at efficient operating costs, adding value to your biosolids dewatering strategy.</p> <p>The Gravity Belt Thickener (GBT) is a low power, high capacity thickening device designed to operate in continuous, high throughput applications.</p> <p>A few of the features included to maximize performance and minimize maintenance are:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Replaceable plow shoes. - Pneumatically actuated rack and pinion tensioning. - Variable speed drive motor. <p>Available in 1.2, 2, 3, and 4-meter belt width designs, the GBT</p>	

	<p>can process a wide range of sludges, flows and solids concentration.</p>	
<p>Dynamic Radial Wedge Belt Press</p>	<p>The Dynamic Radial Wedge (DRW) Belt Press is the new benchmark for quality and performance. It has higher throughput rates than comparable models, achieves higher cake solids and uses less power.</p> <p>The high performance Dynamic Radial Wedge Belt Press is the most technologically advanced belt press in the world today. It is capable of processing unstable, slow draining materials at flow rates 50% higher than comparable models while achieving consistently higher cake solids. The 3-meter, 15-roll BPR boasts an outstanding 725 square feet of filtration area that, combined with other key engineering innovations, does the work of two conventional 2-meter belt presses.</p> <p>The Dynamic Radial Wedge Belt Press is available in 1.2, 1.6, 2.0, 2.5 and 3.0 meter designs and can be equipped with up to 15 pressure rollers. This allows the press to be customized to fit every dewatering application. It is a proven performer in the harshest, most demanding industrial and municipal environments. The DRW is an outstanding value that provides the highest possible return on your dewatering investment.</p>	
<p>Static Radial Wedge Belt Press</p>	<p>The Static Radial Wedge (SRW) belt press combines world-class dewatering technologies with an efficient, high performance design at a competitive price. The radial wedge design provides more throughput rates than conventional linear wedge designs, while achieving high cake solids and reducing power requirements. The SRW belt press offers outstanding features and benefits providing an excellent return on your dewatering investment.</p> <p>The SRW belt press is available in 1.0, 1.5, and 2.0 meter belt widths to accommodate a broad range of process flow requirements. The modular frame design allows for additional rollers to be added if needed to provide an easy, cost effective solution for changes in sludge conditions or disposal requirements.</p> <p>With the state-of-the-art design, many of the issues associated with older press designs are easily resolved. Features include the radial wedge design, the unique engineering of the roller construction allowing for corrosion protection and longer life and the design of the gravity, wedge and high pressure zones to maximize filtration area.</p>	
<p>The Compact Belt Press – simple and compact</p>	<p>The simple and compact design of the Compact Belt Press has been designed for dewatering both municipal and industrial sludge. The Compact Belt Press is specifically designed for dilute, high volatile, and unstable sludges.</p>	


PressPack™ Skid Mounted Belt Press System	<p>Plug and Play Dewatering Solution - The PressPack™ system is a self-contained, skid-mounted dewatering system. This system brings together an efficient belt press with the best ancillary equipment to give a complete, high performance system.</p>	
J-Press® Overhead Filter Press	<p>The J-Press® overhead filter press is an efficient means of dewatering and comes in sizes up to 2 meters. The J-Press® overhead filter press represents the state-of-the-art in filter press design and is available in a variety of sizes and styles to suit the most rigorous applications.</p>	
J-Vap® Dewatering and Drying System	<p>The J-Vap® system performs dewatering and drying in one system using a filter press with vacuum drying.</p> <ul style="list-style-type: none"> - The J-VAP® dewatering and drying system allows you to obtain cake solids of over 95% in a simple one-step operation. - Vacuum and low temperature hot water – 150 to 180° F (65 to 82°C) are used in combination to provide energy efficient drying. - Select desired moisture content up to 99% solids. - Cake removal from the system is clean and efficient. - Customize your drying process, and the quality of your end product. -Dewatering and drying in one step. 	

Tabell 30: Sludge Digestion (www.water.siemens.com)

Name	Description	Figures
<p>Anaerobic Digesters and Gas Storage</p>	<p>Siemens is known for its capability to provide a full scope of anaerobic digestion process equipment, in addition to design and system sizing expertise. Product offerings include hydraulic and confined gas mixing systems, heaters and heat exchangers, steel floating covers, steel gasholder covers, steel fixed covers, turnkey provision of dual membrane gas storage systems, and gas handling and safety equipment.</p> <p>Dystor® Digester Gas Holder System The Dystor® system is a digester gas holder design that uses a dome-shaped, engineered membrane system to store methane gas, provide for sludge storage and prevent odors.</p>	
<p>Pearth™ Gas Mixing System</p>	<p>The Pearth™ gas mixing system features sequential discharge which develops a variable mixing pattern in the digester. This virtually eliminates the formation of a floating scum layer in the digester by varying both the direction and intensity of velocity vectors frequently and automatically.</p> <p>This proven Pearth™ gas mixing system, from the PFT® line of products, provides an effective method of digester mixing for greatly increased efficiency at higher solids loadings. The full capacity of the compressor is sequentially directed to the individual discharge points, maintaining uniform temperatures and solids concentrations through the entire active tank volume. Gas is withdrawn directly from the gas dome by the compressor and discharged into the digester to a predetermined depth through a series of vertical lances.</p>	

Tabell 31: Sludge Dryer (www.water.siemens.com)

Name	Description	Figures
Belt Dryers	<p>The belt dryer from Siemens offers efficient operation in minimal space. The belt dryer requires a minimal amount of auxiliary systems due to the low operating temperature of the entire system.</p> <p>The belt dryer from Siemens is a convective low heat dryer using a direct heat source to evaporate the water contained within the biosolids. The sludge is uniformly distributed on the entire belt width to cause uniform evaporation. The heat requirement is around 1441 BTU/lb of evaporated water. The dryer is provided in a two belt system. The belt speed is adjustable to provide varying residence times. Varying residence time in the drying zone provides the means to fine tune the product moisture to meet final use or disposal requirements. The belt dryer can also be fitted with a product cooling zone when needed.</p> <p>The belt dryer has the ability to provide evaporative capacities of 1,000 to 13,000 pounds of water evaporated per hour and is designed to operate 24/7 if needed. The mechanically dewatered feed material can be handled within a wide range of moisture contents which in most cases exceed the range of other dryer types. Siemens can provide the mechanical dewatering systems also.</p>	
J-Mate® Continuous Dryer	<p>The J-Mate® continuous dryer further reduces sludge volume and weight using infrared heat.</p> <p>With the J-Mate® continuous drying system, you can:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Use gas or electric infrared heat for rapid, effective water removal. - Achieves both a weight reduction as well as a volume reduction. - Process between .75 ft3 and 6 ft3 of filter cake material an hour. <p>When the J-Press® filter press and continuous J-Mate® dryer are used in combination, you can achieve a volume reduction of 80:1.</p>	

J-Mate® Batch Dryer	<p>The J-Mate® batch drying system further dewater cake solids with low temperature air.</p> <p>With the J-Mate® low temperature batch drying system, you can:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Dry 5 ft3 to 37 ft3 of filter cake material in 24 hours. -Dry organic material in your sludge that might smoke, ignite or smell when exposed to heat. -Reduce cake weight by 66%. -Dry in a closed system so emissions are virtually eliminated 	
------------------------------------	--	--

9.14 Veolia

Veolia Water, a leading global operator of water services, manages the entire water cycle and implements innovative, competitive solutions to ease resource pressures, optimize network efficiency, maintain the quality of water bodies and step up the use of alternative resources. (www.veoliawater.com)

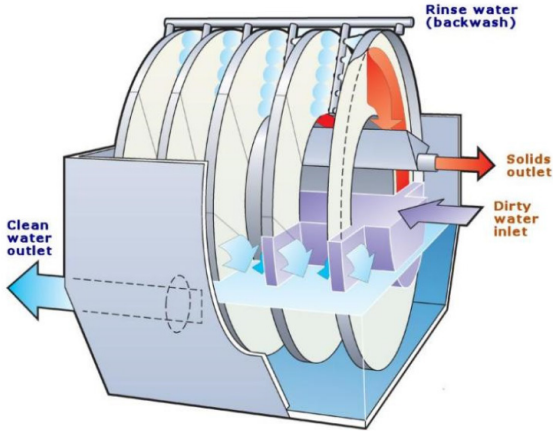
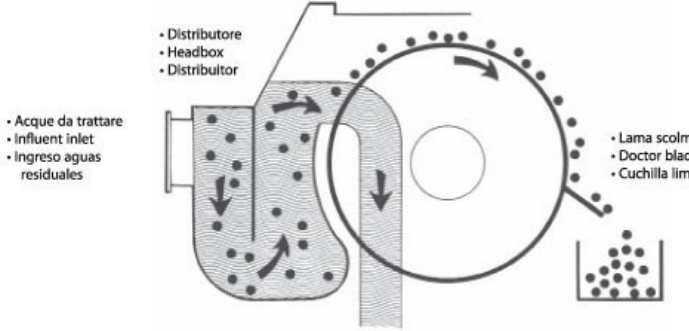
2011 Key Figures:

- Leading global provider of water services.
- €12.6 billion in revenue in 2011.
- 103 million people supplied with drinking water worldwide.
- 73 million residents provided with wastewater service around the world.
- 96,651 employees.
- A permanent operator in 69 countries

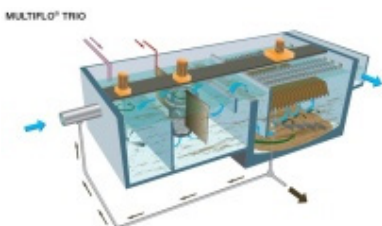
Veolia Water Solutions & Technologies
Ole Fritz ADELER (General Manager)
Cell: +45 2083 2035
E-mail: ole.adeler@veoliawater.com

Veolia Vand A/S
Gladsaxevej 363
DK-2860
Søborg, Danmark
+ 45 39 57 20 50
www.veoliavand.dk

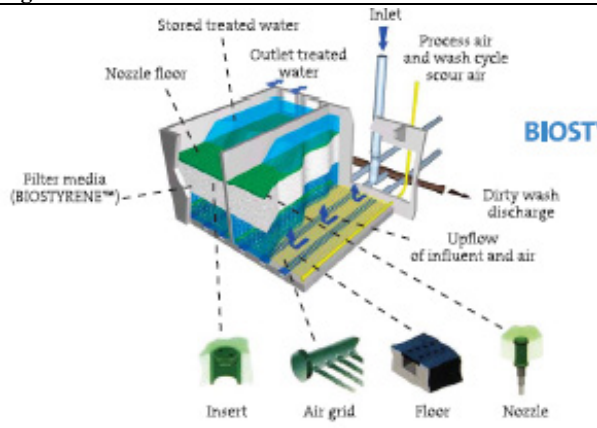
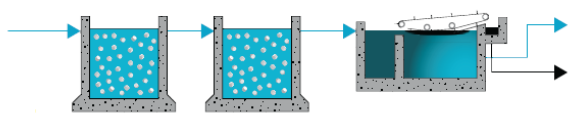
Tabell 32: Primary and tertiary Treatment (www.veoliawater.com)

Name	Description	Figures
<p>Hydrotech Skivefilter</p>	<p>Hydrotech Skivefilter er et mekanisk og selvrensende filter som gir et stort filterareal med et minimalt plassbehov. Innen mikrofiltrering er designet er overlegent annen filtrering mht. separasjon av finpartikler og produktgjenvinning.</p>	
<p>IDRASCREEN™</p>	<p>IDRASCREEN™ represents the range of high capacity self-cleaning screen filters for the wastewaters pre-treatment. It is properly equipped with an inner washing system with low/medium pressure to do the periodical cleaning to avoid clogging phenomena, reducing cleaning maintenance and high costs.</p> <p>The influent to be screened is introduced into the headbox which is specially designed to slow down the flow and to distribute it. The influent inlet overflows a sealed weir into the rotating cylindrical screen.</p> <p>The solids are retained on the outside screen surface and removed by the doctor blade. The screen effluent passes again through the cylinder, carries on an efficacious backwashing of the screen openings. Thanks to this, the portion of the screen cylinder screen to be fed is always perfectly clean. Moreover, the backwash avoids the mucilage formations inside the cylindrical screen.</p> <p>IDRASCREEN™ is properly equipped with an inner washing system with low/medium pressure to do the periodical cleaning.</p>	

<p>ACTIFLO®</p>	<p>ACTIFLO® is a high rate compact water clarification process in which water is flocculated with microsand and polymer in a Turbomix® draft tube. The microsand enhances the formation of robust flocs and acts as ballast, significantly increasing their settling velocity. The unique characteristics of the resulting microsand ballasted flocs allow for clarifier designs with very short retention times, high rise rates and extremely compact system footprints that are up to 50 times smaller than other clarification processes of similar capacity.</p> <p>In wastewater applications, it consistently produces high quality water, even in varying raw water conditions, with removal efficiency:</p> <ul style="list-style-type: none"> > higher than 90% for total suspended solids (TSS), colloidal matter, total phosphorus, heavy metals and faecal coliforms, > of 60% for BOD and COD. 	<p>RECIRCULATION: the sludge is pumped to the hydrocyclone to be separated from the microsand. The clean microsand is returned into the injection tank to minimize loss; the sludge is continuously removed for further processing.</p> <p>COAGULATION STAGE: a coagulant such as an iron or aluminium salt is added to the raw water.</p> <p>INJECTION TANK: the flocs produced during the coagulation stage are ballasted by the dense microsand, which is continuously re-injected into the process.</p> <p>MATURATION TANK: fitted with a mixer designed to produce the optimum velocity gradients, it allows flocs to swell and mature.</p> <p>COUNTER CURRENT LAMELLA CLARIFICATION: it allows a fast settling of the microsand ballasted sludge.</p>
<p>Multiflo™ SERIES</p>	<p>Through its various options, the Multiflo™ SERIES (Mono, Mono Plus, Duo, Trio) covers a range of applications, thus allowing integration into many treatment lines to produce a highly concentrated and thickened sludge.</p> <p>The Multiflo™ SERIES is ideal for small to large-sized plants and can treat any kind of water characteristics and pollutant loads.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multiflo™ is an efficient process for removing total suspended solids (TSS), color, algae and heavy metal co-precipitates for drinking water production. • Multiflo™ is suitable for treating water with an average to high turbidity level (10 - 4000 mg/l TSS) and produces water with a turbidity of less than 3 NTU, depending on the raw water characteristics. • Multiflo™ Softening (e.g. Durban - WWTP project), the Multiflo™ clarifier can be used as a softening process, with the adding of lime or soda chemicals. This process is able to produce high concentration sludge, in the range of 60 to 100 g/l. • Multiflo™ Carb (e.g. L'Haye-les-Roses, DTWP project), with the use of PAC (Powdered Activated Carbon), Multiflo™ Carb is a polishing process capable to remove pesticides, organic matters and new emerging pollutants. • Multiflo™ can also be installed as primary, secondary or tertiary treatment of wastewater and storm 	<p>Multiflo™ Mono is suitable for easy settling without adding chemical reagents and with a sludge thickening system. This configuration is recommended for :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Partial silt removal of surface water • Partial storm water treatment • Partial primary treatment of wastewater <p>Multiflo™ Mono Plus is specifically designed to clarify mixed liquor from an upstream activated sludge aeration tank. Similar to the Multiflo™ Mono principle, Multiflo™ Mono Plus provides a sludge draw-off system based on suction, which control both extraction and sludge bed level in the settling tank.</p> <p>Similar to Multiflo™ Mono clarification principle, Multiflo™ Duo uses upstream chemical reagents to enhance the settling performances</p>

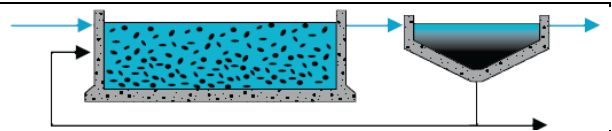
	<p>water for partial, normal or advanced removal of suspended solids, as well as carbonaceous pollutants and phosphorous.</p>	<p>of the process. The Multiflo™ Duo is suitable for :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface water turbidity removal for drinking water applications • Advanced storm water treatment • Primary and tertiary wastewater treatment • Treatment of sludge from biofilter backwashes  <p>Multiflo™ Trio combines the performance of the Multiflo™ Duo with the advantages of physical chemical sludge recirculation : optimization of reagent consumption, improvement in sludge settling and thickening. Multiflo™ Trio is the ideal solution for :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduction in raw water turbidity for drinking water • Carbonate removal from surface or well water • Heavy metals removal from surface or well water • Pesticide removal from raw water • Advanced primary or tertiary wastewater treatment • Residual carbonate removal from effluent before recycling
--	---	---

Tabell 33: Secondary Treatments (www.veoliawater.com)

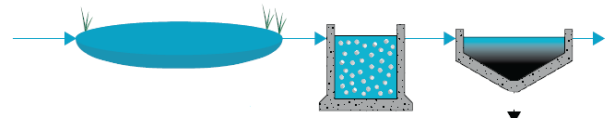
Name	Description	Figures
<p>Biostyr™</p>	<p>Biostyr™ is a simple and innovative process, capable of removing all biological pollution at minimal operating costs.</p> <p>Biostyr™ is capable of eliminating all biodegradable pollutants, from carbon (COD and BOD) to nitrogen (N-NH4 and N-NO3) and particulates (TSS).</p> <p>The Biostyr™ processes modular design is easily adaptable to any kind of biological wastewater treatment.</p> <p>The Biostyr™ process is adaptable to meet the required effluent standards in order to satisfy the customer's need.</p> <p>Biostyr™ biofiltration combines in a single structure a biological reactor to degrade soluble pollutants and a separation phase to remove biomass and particulate pollutants.</p>	
<p>AnoxKaldnes™ MBBR</p>	<p>The AnoxKaldnes™ MBBR technology is based on the biofilm principle with an active biofilm growing on small specially designed plastic carriers that are kept suspended in the reactor. The technology utilizes the advantages of both activated sludge and other biofilm systems (e.g. biofilters, biorotors etc.) without being restrained by their disadvantages</p> <p>The carriers are designed to provide a large protected surface area for the biofilm and optimal conditions for the bacteria culture when the carriers are suspended in water.</p> <p>Solutions based on AnoxKaldnes™ MBBR technology is mainly used in the following</p>	 <p>AnoxKaldnes™ stand alone MBBR solutions AnoxKaldnes™ pure MBBR systems are compact, simple to operate and very efficient for removal of BOD, ammonia and nitrogen. Today, solutions such as the Kaldnes™ process (municipal waste water treatment) and the Natrix™ process (pulp and paper applications) are used in hundreds of installations around the world.</p>

applications:

- For new plants, especially those requiring a small footprint and easy operation, for BOD/COD and nitrogen removal.
- As a high loading system in front of existing biological treatment - roughing reactor.
- To increase the amount of nitrifying bacteria in existing activated sludge system using the AnoxKaldnes carrier in a hybrid plant to meet ammonia limits.
- To implement post-treatment to existing plants for process improvements.



Hybas™ combination process Hybas™ combination process is utilizing both suspended and attached growth within one and the same reactor. Fast biological processes, such as BOD removal and denitrification, are typically carried out by the suspended phase, while slow microbial transformations, such as nitrification, take place mainly in the biofilm. Hybas™ biological process is a superior IFAS (Integrated Fixed-film Activated Sludge) from AnoxKaldnes and can be used as a very efficient upgrade of activated sludge plants for enhanced nitrification or total nitrogen removal within existing volumes. Enhanced biological phosphorous removal (EBPR) can also be included.



The LagoonGuard™ biological process entails a well designed supplementary biofilm solution after the lagoon, which will handle the ammonium and provide some additional COD removal. The upgrade is easy, economical, compact and requires a minimum level of maintenance.

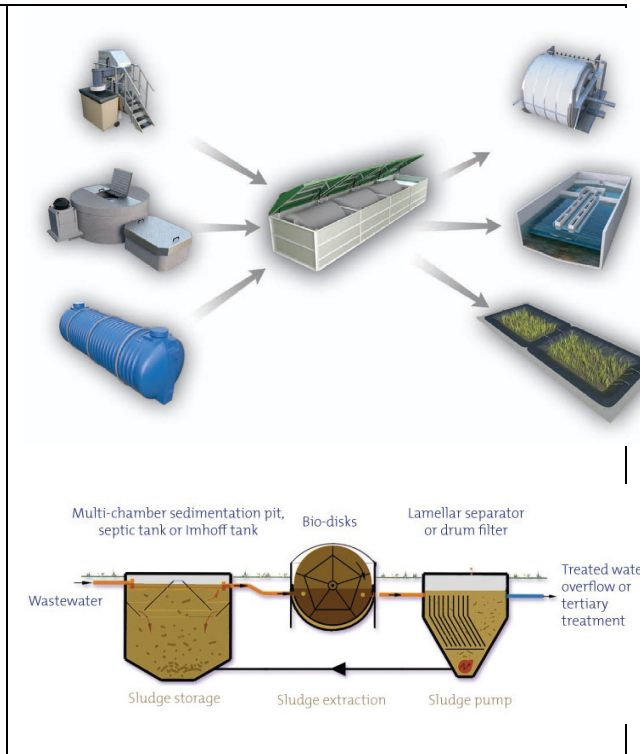


BAS™ combination process The BAS™ combination process consists of one or more AnoxKaldnes™ MBBR:s, followed by an activated sludge system. The high rate biofilm stage is designed to pre-treat the wastewater to remove the readily bio-degradable organic matter prior to the activated sludge system. Advantages are dramatically increased capacity, improved process stability and sludge separability. Conversion to a BAS™ process is an ideal way of upgrading existing activated sludge plants for higher capacity of organic removal and better performance. Furthermore, properly operated, a BAS™ process will produce dramatically less excess biosludge than a conventional activated sludge

Ecodisk® is designed for small and medium-sized rural or semi-urban communities, with between 100 and 10,000 equivalent population (PE)* including :

- campgrounds, hotels, restaurants, mountain refuges, base camps, etc...
- the expansion and rehabilitation of existing plants.

Easy to operate and extremely reliable, with harmonious integration into protected areas, Ecodisk® complies with European treatment requirements - possibility to treat the nitrogen and phosphorous – and fully corresponds to the current demands of numerous bodies and local authorities.

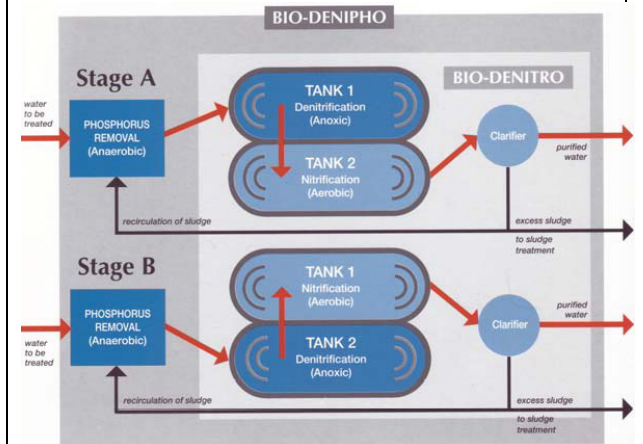


BIO-DENIPHO™ and BIO-DENITRO™

BIO-DENIPHO™ and BIO-DENITRO™ are biological treatment processes for removal of carbon, nitrogen and phosphorus from wastewater. The technique used is an original application of the activated sludge principle and involves the control of a sequential treatment of pollution in adjacent activated sludge tanks. The BIO-DENIPHO™ and BIO-DENITRO™ processes, which can be applied in any type of reactors, are very flexible. The former enables removal of nitrogen from the wastewater and the latter nitrogen as well as phosphorus.



The **BIO-DENITRO™** process comprises two identical activated sludge tanks and a settling tank. The activated sludge tanks, fitted with aeration and agitation devices, are interconnected and operate alternately, but with continuous feed and discharge of wastewater. The wastewater to be treated arrives through a distribution chamber and is introduced into one of the tanks. The treatment is achieved by repeating one sequence which includes two main phases, A and B:



- In phase A, the untreated water is introduced into the first anoxic tank, from where the nitrates accumulated during the previous phase are removed. The mixed liquor passes into the second tank which operates under aerobic conditions to enable nitrification and elimination of organic pollutants.
- During phase B, the water is admitted to the second tank, and the denitrification and nitrification phases are inverted compared to phase A.

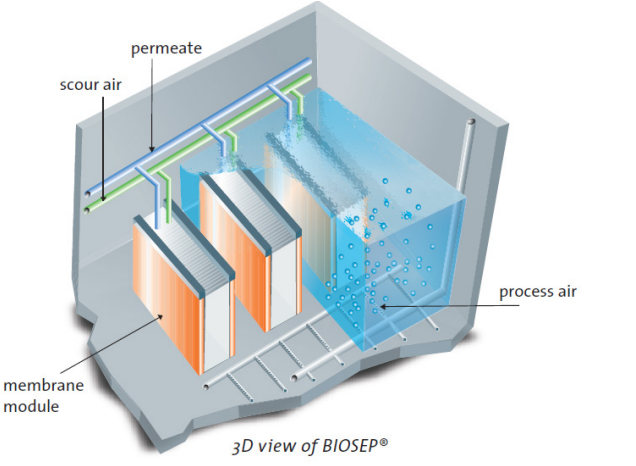
Sludge from the settling tank is mainly recirculated upstream of the biological treatment unit in order to

The **BIO-DENIPHO™** process, in which also phosphorus is removed, is an extension of BIO-DENITRO™. An anaerobic tank has been inserted as the first stage to which the return sludge and wastewater are fed. As the biomass is exposed to alternating anaerobic and oxic conditions, the growth of certain micro-organisms capable of taking up and storing excess phosphorus during the aerobic periods will be enhanced. The phosphorus is then removed with the surplus

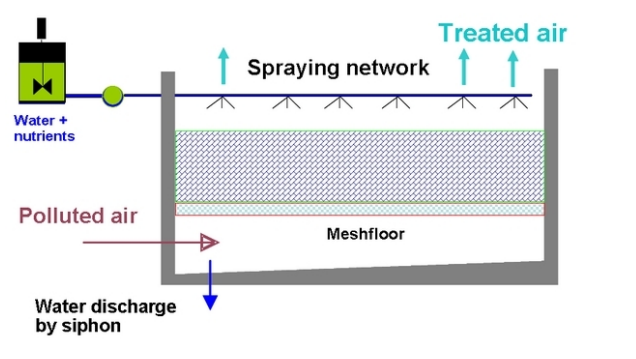
	<p>maintain a consistent concentration of the purifying biomass. The surplus is removed for further treatment.</p>	<p>sludge.</p>
<p>Azenit™</p>	<p>Azenit achieves complete control of nitrification and denitrification within a reactor, where sequential aeration operation mode combined with a bacterial selector at the inlet are provided. As nitrogen, phosphorus, COD, BOD and SS pollutants are removed simultaneously, due to a control of oxygen consumption, Azenit™ is proposed in a single tank configuration.</p> <p>Total Nitrogen removal: Carbon-based pollution is oxidised and nitrogen eliminated in a biological reactor fitted with a sequential aeration control system (ECOREDOX, REGUL-N). Depending upon the characteristics of the waste water to be treated, Azenit™ can be used in two configurations:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biological treatment in a single reactor, • A single reactor with a dedicated anoxic zone upstream in which the mixed liquors are recirculated. <p>The biological process is readily extendable to provide phosphorous removal (Azenit™ P). This is facilitated by the introduction of a small upstream anoxic zone providing strict anaerobic conditions. Assimilation of phosphorous by the biomass is optimised at this stage. The anoxic zone replaces the contact zone.</p>	<p>Biological Phosphorous Removal : The biological process is readily extendable to provide phosphorous removal (AZENIT™ P). This is facilitated by the introduction of a small upstream anoxic zone providing strict anaerobic conditions. Assimilation of phosphorous by the biomass is optimised at this stage. The anoxic zone replaces the contact zone.</p> <p>To adapt to particular conditions : For stringent final water quality or when the influent is carbon-limited, carbon-based substrate is injected downstream of the biological tank. This post-denitrification stage gives optimum control of nitrates at the outlet with a minimum amount of added reagent (AZENIT™ C+ configuration).</p>
<p>Organica FCR</p>	<p>The Organica FCR is a complete wastewater treatment solution including solids removal, biological treatment/nutrient removal, phase separation, and final treatment for reuse quality (if required), all incorporated into a compact, single structure.</p> <p>The biological treatment step is accomplished via a series of reactors, whose number and size depends on a variety of factors including influent wastewater characteristics, effluent requirements, temperature, and the capacity of the wastewater treatment plant (WWTP).</p> <p>The biological stage is preceded with a standard pretreatment step and followed by phase separation and final polishing to meet the client's specific effluent requirements. The biological reactors in an Organica FCR are arranged in a cascade configuration, each with specially designed BioModules, in order to optimize the development of distinct ecosystems in each step of the treatment process. Following primary treatment the influent travels through the biological cascade, and in doing so the nutrient content is consumed by biofilm cultures that live on both the artificial (Organica's proprietary bio-fiber media) and natural (plant roots) media in each reactor. As a result of the cascade design the composition of the ecosystem fixed in the</p>	

	<p>biofilm changes from reactor to reactor, adapting itself to the decreasing nutrient concentrations, thus maximizing the decomposition of contaminants and enabling Organica FCR WWTPs to treat wastewater in the least amount of space, using as little energy as possible.</p>	
--	--	--

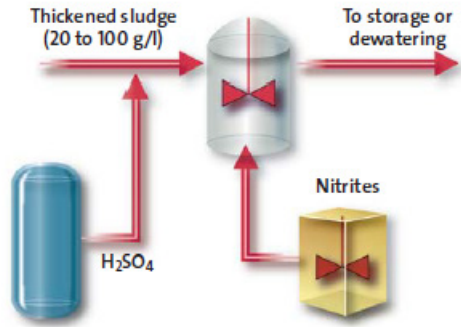
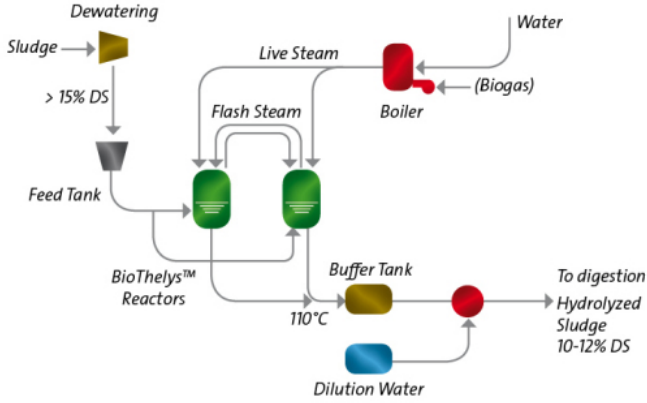


Tabell 34: Combined treatment (www.veoliawater.com)

Name	Description	Figures
<p>Biosep</p>	<p>Available in a range of flow rates from 2 to more than 60 m³/hr, BIOSEP® Pack is a modular and flexible solution. Its extremely compact design means that it can easily be installed within existing facilities, especially when it comes to expanding capacity or for facilities where only limited space is available.</p> <p>BIOSEP® Pack units are very easy to erect and can be delivered worldwide. Each unit comprises 2 standard elements:</p> <ul style="list-style-type: none"> • the membrane tank, with multiple compartments, where the complete set of pipes, valves and instrumentation can be coupled with the biological system; • the filtration skid, comprising the membrane CIP unit (cleaning in place), the valves and the instrumentation (pumps, filters, blowers) and the built-in, standard automation system (control cabinet). 	 <p>3D view of BIOSEP®</p>

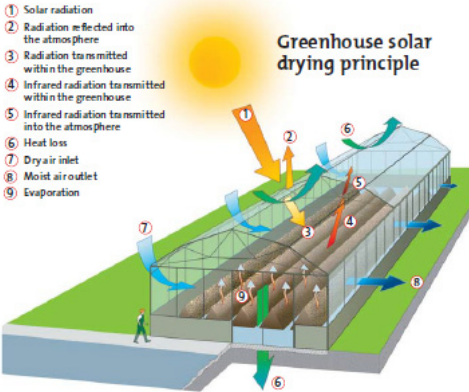



Tabell 35: Odour treatment (www.veoliawater.com)

Name	Description	Figures
<p>Alizair™</p>	<p>Alizair™ is a biological deodorization process using biofiltration.</p> <p>It operates by bio-oxidation of compounds in the liquid phase. As they pass through the filter, the malodorous molecules are biodegraded by specific micro-organisms on the support media.</p> <p>The Alizair™ media rests on a perforated floor which participates in the uniform distribution of the polluted air in the structure. The air to be treated rises through it.</p> <p>Regular watering maintains stable humidity in the filter, nutrients required for biological activity are injected and products from biological oxidation are removed (including sulfates).</p> <p>The water recovered at the bottom of the reactor is recirculated or removed at the plant head.</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • As it is biofiltration, Alizair™ is usually the least expensive odor removal solution and the easiest to operate. • Alizair™ oxidizes the malodorous substances (organic or inorganic) into inorganic and odorless compounds. • Alizair™ removes almost all the malodorous compounds. Its efficiency on mercaptans can be improved by the addition of downstream physical or chemical treatment. • Alizair™ requires low maintenance and reagent input. Its operating cost is among the lowest in the market. • Alizair™ is available in a wide range of flows.

Tabell 36: Sludge Digestion (www.veoliawater.com)

Name	Description	Figures
<p>SAPHYR™</p>	<p>The SAPHYR™ process is used to stabilize and sanitize thickened sludge generated by wastewater treatment plants. SAPHYR™ reduces the odors generated by the sludge production process through to its final destination.</p> <p>Thickened sludge are put in an acid reactor (pH between 2 and 3). During 30 minutes, sludge are in contact with nitrite ions (NO₂⁻) powerful reagent in acid condition to destroy the reduced "osmophore components" (H₂S, mercaptans), responsible of bad odors, and to inactivate the germ achieving the organic matters removal. This process is similar to a stabilization phase, and according to the pH of the reaction, this stabilization meets the hygienisation standard of either Class A EPA (pH around 2) or Class B EPA (pH around 3). Therefore the sludge can be stored during several months without odors. In the reactor, the amount of nitrite injected is controlled by checking the pH level.</p>	 <p>Performance</p> <ul style="list-style-type: none"> • Long lasting odor reduction • Reduced evacuation quantities compared to liming • Removal of faecal contamination germs and sporulated forms • Improved dewatering • Subsequent incineration or co-incineration • Possible combination with a composting unit <p>Simple design and easy to operate</p>
<p>Bio Thelys™</p>	<p>Bio Thelys™ is a complete sludge reduction solution that works in batch mode, combining thermal hydrolysis and anaerobic digestion.</p> <p>By coupling the thermal hydrolysis and the anaerobic digestion, Bio Thelys™ offers better performance than a conventional digestion and optimizes sludge treatment by producing:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 25 to 35% less dry matter • 30 to 50% more biogas • No odours • A pasteurised digestate, for full control over the sanitation hazards and safe agricultural reuse. <p>Bio Thelys™ handles all kinds of organic, industrial or municipal sludge and can also handle grease. Using Bio Thelys™ process allows to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reduce sludge volume • Improve sludge quality • Increase biogas production <p>Dehydrated sludge first goes through a batch thermal hydrolysis phase during which steam is injected in reactors operating under specific pressure (9 bar) and temperature (165°C) conditions for approximately 30 minutes</p>	  

Tabell 37 Sludge Dryer (www.veoliawater.com)

Name	Description	Figures
<p>Solia™</p>	<p>Solia™ solar drying combines several methods, equipment and technologies:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solar drying in a horticultural greenhouse • Drying by "dry" air circulation operated by a programmable controller. • Bio-drying by an assisted biological oxidation. • Heating by energy recovered from treated water. • Wet air deodorization on a percolator bed. <p>SOLIATM highlights</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimized drying surface with sludge windrow layout. • 3 to 5 fold reduction in sludge quantity. • Sludge storage prior to agricultural reuse. • Operational flexibility: <ul style="list-style-type: none"> - high efficiency for all sludge types - adjustable final dryness: 45 to 90% dry solids content - can be sized to meet local weather conditions using a climate control tool • “Zero nuisance” solution: <ul style="list-style-type: none"> - odor control - safe natural drying throughout the year - sanitization and stabilization of sludge • End-product traceability • Reduced operating costs • Anticipation of the future European Standard 	<p>Greenhouse solar drying principle</p>  
<p>BIOCON™ Dryer</p>	<p>The BIOCON™ Dryer treats municipal dewatered sludge at low temperature and in complete safety for the operator. The BIOCON™ Dryer consists of two moving belts that allow the sludge to reach levels of dryness of between 65% and 90% using hot air circulation. The dried sludge can be stored and recycled again in agriculture, without further treatment. Sludge can also be reused in a BIOCON™ Energy Recovery System (ERS), installed downstream from the drying unit. With this system, the energy recovered is utilized for drying the sludge, without an external energy supply.</p> <ul style="list-style-type: none"> • For dewatered sludge (10-30% Dry Solids) • Drying at a temperature below 180°C 	  <p>Performance</p> <ul style="list-style-type: none"> •Reduction of initial sludge quantity to less than 5% (when combined with an Energy Recovery System) •No odor nuisances •Sludge disinfection (US EPA class A) •No equipment abrasion •No dust (no sludge movement) •Quiet process •Energy recovery •Low operating costs

	<ul style="list-style-type: none">• Retention time of more than one hour for disinfection• Delivery of granules or pellets	•Risk control
--	---	---------------

9.15 Hüber

Hydropress Huber AB er et heleid datterselskap av Huber SE i Berching, Tyskland. HUBER-konsernet er en pioner innen vannrenseteknikk som i dag tilbyr avansert og velutprøvd vannrensing over hele verden. Huber jobber utelukkende med produkter i rustfritt stål.

Hydropress Hubers forretningsidé: Hydropress Huber AB skal tilby behovstilpassede produkter og systemer for utskilling av faste partikler fra vann, til kommunale, industrielle og desentraliserte vannrenseanlegg/vannbrukere. Huber skal sikre pålitelige, effektive og skreddersydde løsninger ved å tilby høy kompetanse og god service. Vi skal først og fremst være aktive i de nordiske og de baltiske landene.

HUBER eier blant annet varemerkene ROTAMAT®, Step Screen® og Coanda.

Selskapet produktprogram utvikles stadig gjennom løpende nyskaping og forbedringer. Det tette kontakten med kunder verden over og vår kjennskap til kundenes spesielle omstendigheter gir nye impulser til produktutviklingen (kilde: www.huber.no).

Hydropress Huber AB avd.Norge
Postboks 33, Søndre torv 2
N-3502 HØNEFOSS
+47 959 25 444
info@huber.no

Ulf Bengtsson
Hydropress Huber AB
Heljesvägen 4 - Box 125
SE - 437 22 Lindome
Telefon: + 46 31 99 64 71
Fax: + 46 31 99 51 33
Mobil: + 46 70 60 70 771
E - Mail: ulf@hubersverige.se
Internet: <http://www.hubersverige.se>

9.15.1 Mekanisk avløpsvannsrensing (www.huber.no)

Siling er et nødvendig første skritt i kommunal og industriell avløpsvannbehandling. Skrot og avfall må fjernes for å beskytte eller avlaste etterfølgende behandlingsprosesser mot tilstopping og/eller skader. Flytende, sammenklumpete og oppløste faste partikler holdes igjen (avhengig av spaltebredden eller hullstørrelsen) og fjernes, og blir til slutt tatt hånd om og transportert vekk. Huber har utviklet en ristserie basert på Hubers ROTAMAT®-prinsipp "siling - vasking - transportering - avvanning i en og samme enhet", og denne har med stor suksess blitt introdusert i det globale markedet for avløpsvannbehandling. I de senere årene har vi lagt til seriene STEP SCREEN® og MAX®. Med dette svært omfattende rist- og silproduktprogrammet kan vi derfor tilby kundene mekaniske avløpsbehandlingsystemer på følgende områder:


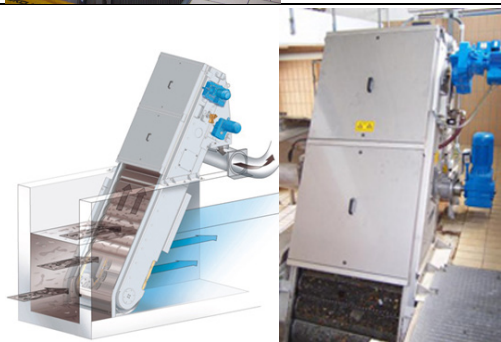

- alle installasjoner
- alle gjennomstrømningstyper
- alle spaltebredder eller hulldiametere


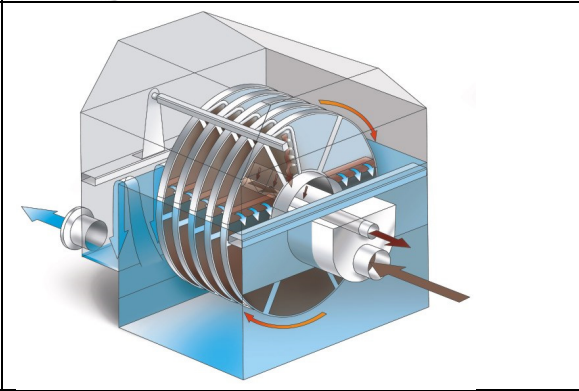
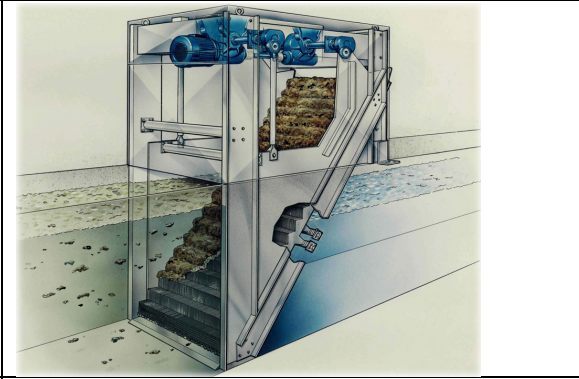
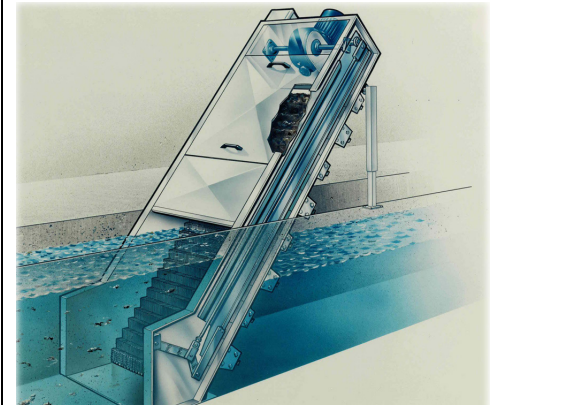
Hüber har utviklet ekstremt finspaltete rister for separering av svært fine partikler, og kan derfor tilby nye bruksområder for forbedret avløpsvannbehandling. En pålitelig separasjon av hår og fibermaterialer blir stadig mer nødvendig for en effektiv bruk av membranbioreaktorer/MBR.

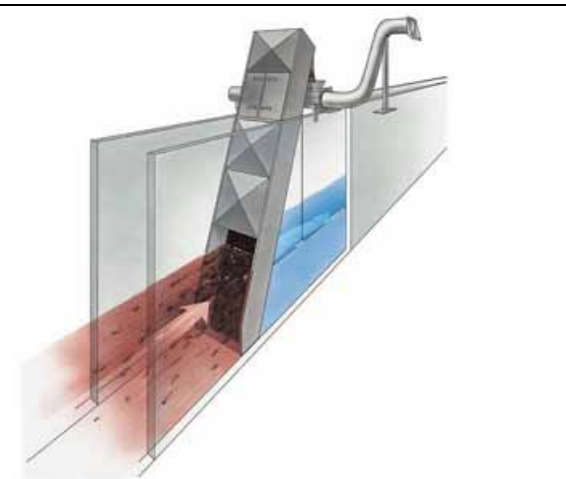
Et annet bruksområde for finrister er situasjoner der sjøer eller elver er mottakere, samtidig som man utelukkende benytter mekanisk rensing. Reduksjon av COD/BOD fra slike utløp blir stadig viktigere for å kunne beskytte følsomme resipienter. Disse finristene kan fjerne ikke-nedbrytbare og nedbrytbare ikke-organiske og organiske materialer samtidig. Med denne nye teknologien oppnår man bedre miljøvern til rimelige kostnader.

Kjemisk utfelling og/eller opphopning kan brukes for å gjøre ristene mer effektive. Tilsetning av slike kjemikalier omdanner oppløste substanser og kolloider til separerbare og utskillbare klumper som kan fjernes. Filtrerbare faste partikler kan reduseres med opptil 95 %, COD/BOD med opptil 65 % og fosfor med opptil 60 %. I mange områder med utilstrekkelig avløpsvannbehandling, om slikt i det hele tatt finnes, er finristen et raskt og kostnadseffektivt første skritt i riktig retning.

Tabell 38: Mekanisk avloppsvattenrening (www.huber.no)

Name	Description	Figures
Grovrist med skraper RakeMax	<ul style="list-style-type: none"> • Meget høy kapasitet for utmating av rensavfall • Lavt hydraulisk trykktap • Lav installasjonshøyde over kanalens overkant, selv ved dype kanaler • Spaltebredde från 6 mm 	
Rist med perforert plate EscaMax	<ul style="list-style-type: none"> • Tilfredsstillende høye krav til mekanisk rensing/slamseparering gjennom nøyaktig samme åpning i to dimensjoner (= hull) • Meget kompakte installasjonsstørrelser • Enkel installasjon i eksisterende kanaler • Optimal for dype kanaler med høye vannivåer • Hulldiameter från 3 med mer 	
Tvillingrist SGAM	<ul style="list-style-type: none"> • Med huvudgaller för mekanisk rening av flöden upp till medelflöden • Med sekundärt galler för höga flöden • Optimerat flödesmönster för minimal sedimentering i inloppskanal före galler • Idealiskt för reningsverk med mycket stora flödesvariationer 	

Rotamat Finsil	<ul style="list-style-type: none"> • Siling, transport, vasking, avvanning og komprimering i en og samme enhet • Med integrert renseavfallspresse • Med integrert renseavfallsvasking (IRGA) • Tvangsrengjøring gjennom roterende skrape 	
RoDisc Mikrosilanlegg	<ul style="list-style-type: none"> • Skivefilter for mikrosiling av meget fine suspenderte partikler som et poleringstrinn før resipienten. • Poleringsfilter for siling av faste reststoffer etter sluttsedimentering. • Lavt hydraulisk trykktap. • For gjennomstrømninger opptil 1000 m³/h. • Maskevidde ned til 10 µm. 	
SSM Step Screen Master	<ul style="list-style-type: none"> • Bra avskiljning av rensogds med hjelp av "silmatta" • Klarar høga flöden • Spaltvidd 1 - 6 mm • Utförande: kanal eller tank • Drivpaket ovanför vatten • Servicevänliga 	
SSL Step Screen L	<ul style="list-style-type: none"> • Bra avskiljning av rensogds med hjälp av "silmatta" • Klarar høga flöden och djupa kanaler • Spaltvidd 1- 6 mm • Utförande: kanal eller tank 	

Step Screen Vertikal SSV	<ul style="list-style-type: none"> • For store avlastningshøyder og dype kanaler • Plassbesparende installasjon med en oppstillingsvinkel på 75° • For høye gjennomstrømninger og lavt trykkfall • Løfting av renseavfall fra bunnen av kanalen • 3 eller 6 mm spaltebredde 	
--	--	--

9.15.2 Renseavfallsbehandling (www.huber.no)

Det første trinnet ved avløpsvannbehandling er vanligvis fjerning av faste partikler fra avløpsvannet ved hjelp av rister. Det fjernede renseavfallet inneholder husholdningsavfall, fekalier, toalettpapir og mineralstoffer. Mengden renseavfall avhenger ikke bare av ristens spalteåpning, men også av type kanalsystem.

Typisk B-innhold etter sil eller rist i kommunalt renseavfall varierer mellom 10 % og 25 %, avhengig av type rist. Omtrent 90 % av renseavfallet (TS-messig) er organisk.

På grunn av det høye vanninnholdet, den svært heterogene sammensetningen og det uestetiske utseendet må renseavfallet forhåndsbehandles før det blir tatt hånd om.




Den beste måten å forhåndsbehandle renseavfall på, er å bruke en vaskepresse for renseavfall. Fekalier og andre organiske materialer fjernes og føres tilbake til avløpsvannstrømmen. En gode vaskepresse vil dermed øke mengden BOD 5 til den biologiske behandlingsprosessen med omtrent 6 %.

Etter vasking blir renseavfallet komprimert for å redusere vanninnholdet og øke TS-innholdet (tørrestoff). Avvanningen forbedres ved at organiske materialer fjernes under vaskingen. En god vaskepresse kan oppnå en vekt- og volumreduksjon på opptil 80 %.

En vaskepresse reduserer renseavfallets mengde og volum, og dermed også håndteringskostnaden.

Tabell 39: Renseavfallsbehandling (www.huber.no)

Name	Description	Figures
IRGA Integrert renseavfalls- vask	<ul style="list-style-type: none"> • Tilgjengelig for alle typer ROTAMAT®-silsystemer (selges kun sammen med maskin) • Økt avvanningsgrad: opptil 40 % TS-innhold • Enkel å ettermontere • Meget effektiv 	
Vaskepresse for renseavfall WAP	<ul style="list-style-type: none"> • Passer alle bruksområder • Opptil 45 % TS-innhold • Opptil 6 m³/h matingskapasitet 	
Høytrykkspre se WAP/HP	<ul style="list-style-type: none"> • Med høytrykksone • Kontrollert hydraulisk trykk • Opptil 55 % TS-innhold • Meget robust konstruksjon • Liten slitasje takket være bruk av materialer i herdet stål • Ideell for sekundær avvanning 	
Vaskepresse med løpehjul WAP/SL	<ul style="list-style-type: none"> • Ekstra løpehjul i trakten for effektiv knusing/utvasking av fekalier • Vaskemaskineffekt • Optimale vaskeresultater • Høy retur av BOD5 • Kvalitet av vasket renseavfall: < 20 mg BOD5 / g TS • Passer meget godt til oversvømmingsrenner ("laundry-renner") • Opptil 50 % TS-innhold 	
Vaskepresse for renseavfall WAP/SL/HP	<ul style="list-style-type: none"> • Kombinasjon av løpehjuls- og høytrykkskomprimering • Opptil 60 % TS-innhold • Opptil 85 % vektreduksjon • Økning av renseavfallsets energiverdi • Opptil 75 % kostnadsbesparelse for håndtering av renseavfallet 	

HPCC Vaskepresse for renseavfall	<ul style="list-style-type: none"> • Tvättar, pressar, matar och finfördelar • Ekonomisk • Mångsidig. Variabel längd, vinkel mm. • Ger höga torrhalter och därmed hög viktreduktion • Finns som ED-version för extra höga torrhalter 	  <p>Pressat och finfördelat rensods</p>
Forstyrrende rensmateriale blir til kompakte rester - HUBER vaskepresse for renseavfall, WAP/SL	<p>Hubers innovative vaskepresse WAP/SL er både effektiv og pålitelig. WAP/SL reduserer vekten på det vaskede rå-renset med opptil 80 % og reduserer garantert BOD5 til under 20 mg/gTS (eller en reduksjon av tilsvarende innkommende BOD på minst 85 %).</p>	

9.15.3 Slambehandling (www.huber.no)

Det største restproduktet fra et kommunalt vannrenseanlegg er avløpsslammet, som fjernes ved mekanisk, biologisk og kjemisk vannrensing.

Mengden slam avhenger av rensetype, antall tilknyttede innbyggere og avløpsvanntype. Avløpsvannets og slammets egenskaper er forskjellige fra land til land. Det er dessuten forskjeller mellom tettbebygde områder og landsbygda. Slamproduksjonen kan ofte beregnes til mellom 20 og 45 kg TS per person per år.

Det er mange egenskaper ved slammets som har stor betydning for kostnaden av slambehandling. Vanninnholdet er svært viktig ettersom det avgjør slammets volum og dermed også dets anvendelighet, samt kostnadene ved borttransportering og håndtering. Slammets TS og vanninnhold avhenger av slamtypen (f.eks. primærslam, aktivt bioslam eller kjemisk slam), behandlingens art og kvalitet (f.eks. råttent eller ikke-råttent slam), og av hvilken metode som brukes til fortykking og avvanning av slammets.


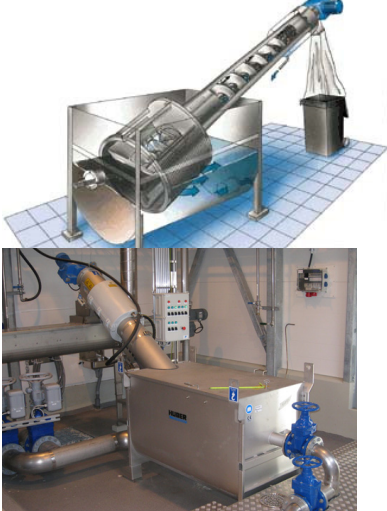

Slammets kjemiske sammensetning avhenger blant annet av avløpsvannets kvalitet og av hvilken metode som brukes for å rense avløpsvannet. Innholdet av tungmetaller er spesielt viktig, siden det er en begrensende faktor for eventuelt bruk i jordbruksøymed. Til tross for det faktum at mengden tungmetaller ofte holder seg innenfor de fastsatte grenseverdiene, er det en stigende uro (både hos politikere og vitenskapsmenn) for den langsiktige utviklingen og den mulige akkumuleringen av skadelige stoffer.

Forekomsten av endokrine stoffer i biojord er enda en bekymring, selv om disse farmasøytiske stoffene trolig ikke tas opp av plantene.

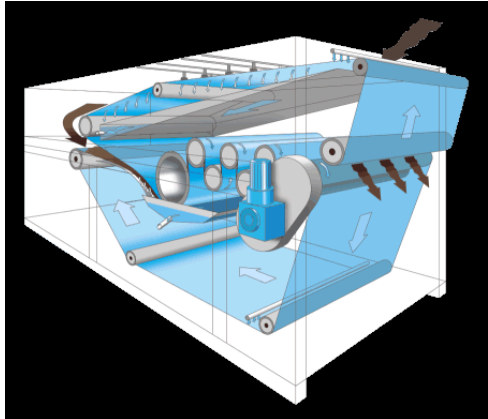
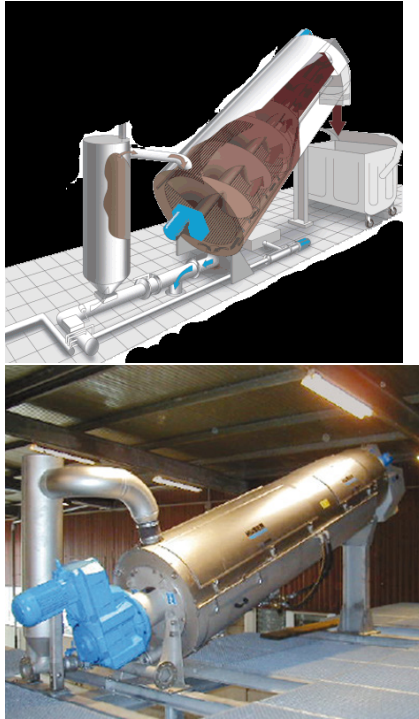
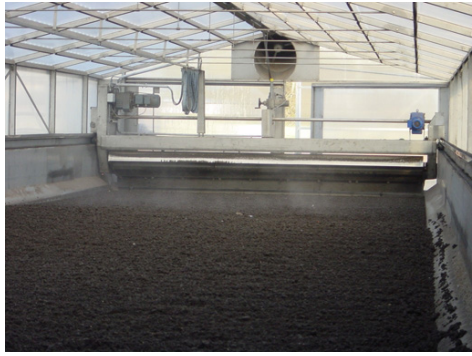
Europeiske retningslinjer fastholder at deponiavfall må ha et glødetap på under 5 %. Dette innebærer at det ikke lenger er mulig aktivt å plassere ubehandlet avløpslam i deponier. Bare aske etter slamforbrenning kan plasseres i deponier. Kombinasjonen slamtørking og forbrenning er så godt som energinøytralt. Tørket slam har omtrent samme varmeverdi som brunkull. Dersom man forbrenner tørket slam, genereres det omtrent nok varme til å muliggjøre slamtørking.

HUBER tilbyr i prinsippet et komplett sortiment for slambehandling.

Tabell 40: Slambehandling (www.huber.no)

Name	Description	Figures
STRAINPRESS Slamseparator	Kontinuerlig slamseparering under trykk <ul style="list-style-type: none"> • Intet behov for vaskevann • Passer til trykksatte rørledninger ("in-line installation") • Med pneumatisk regulert klemring 	
Rotamat Slamsil Ro 3.1	<ul style="list-style-type: none"> • Lavt hydraulisk tap • Robust konstruksjon - tåler grus og sand • Som ekstrautstyr for installasjon utendørs • Vaskepresse for renseavfall (ekstrautstyr) 	
Rotamat Skivefortykkeren RoS2S "Pucken"	Mekanisk slamförtjockning för mindre och mellanstora avloppsreningsverk <ul style="list-style-type: none"> • Matekapasitet på opptil 40 m³/h • Finnes i to størrelser • Enkelt driftsprinsipp • Krever minimalt tilsyn • Høy driftssikkerhet • Kompakt, innkapslet konstruksjon • Tilgjengelig for full inspeksjon • Variabel fortykkingsgrad • Minimalt vaskevannbehov 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Et vanntrykk på bare 3-4 bar er tilstrekkelig • Lav filtratmengde • Slitesterkt filter i rustfritt stål • Ingen smørepunkter • Så godt som lydløs drift • Spesifisert energiforbruk på ca. < 0,02 kWh/m³ • Hundrevis av installasjoner over hele verden 	
HUBER Drainbelt DB	<p>Mekanisk slamförtjockning för alla storlekar av avloppsreningsverk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matekapasitet på opptil 100 m³/h • Finnes i fire størrelser • Lavt polymerforbruk • Minimale driftskostnader • Meget høy separasjonsgrad • Variabel båndhastighet • Lavt energiforbruk 	
Rotamat Skruafortykker RoS 2	<p>Mekanisk slamförtjockare för små eller mellanstora avloppsreningsverk</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matekapasitet på opptil 110 m³/h • Finnes i to størrelser • Ufølsom for rens og andre faste partikler • Innkapslet konstruksjon for å eliminere luktproblemer • Produsert utelukkende i rustfritt stål • Begrenset vaskevannbehov • Lavt energiforbruk 	
Trommelfortykker	<p>Mekanisk förtjockare för höga kapaciteter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hög utgående TS • Kapslat utförande • Låg specifik energiförbrukning 	
HUBER Sludge Squeezer HSS	<p>Slamhomogenisering i två steg</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimering av den organiska torrsubstansen (organiska TS-resten) • Ökning av gasproduktionen • Förbättring av hydrolys resp. avloppsslammets omsättning • Förbättring av processstabiliteten 	

	<ul style="list-style-type: none"> •Åven lämplig för motverkan av sväll- och flytslam 	
HUBER Silbåndpresse BS	<ul style="list-style-type: none"> •Matekapasitet på opptil 1000 kgTS/h •Finnes i tre størrelser •Allsidig slampresse •Høy effektivitet (lavt polymer- og strømforbruk) •Høy kapasitet (takket være forlenget for-avvanningszone) •Applikasjonsoptimert design •HUBER silbåndpresse kan kombineres med Drainbelt for enda større kapasitet 	
Rotamat Slampresse RoS 3 / RoS 3-Q	<p>ROTAMAT® skruerpresse RoS 3</p> <ul style="list-style-type: none"> •Matekapasitet på opptil 500 kgTS/h •Finnes i to størrelser •Meget solid konstruksjon •Passer spesielt godt til industrielt slam •Velp prøvd i hundrevis av installasjoner •Så godt som lydløs drift •Konkret strømforbruk < 0,01 kWh/kgTS <p>ROTAMAT® skruerpresse RoS 3Q</p> <ul style="list-style-type: none"> •Matekapasitet på opptil 500 kgTS/h •Finnes i tre størrelser •Høy avvanningskapasitet •Lavt energibehov •Enkel drift •Kompakt, innkapslet konstruksjon •Mobile enheter som ekstrautstyr 	
KULT Solartørk SRT	<p>Solarslamtørkeren SRT er et teknisk enkelt økologisk tørkesystem med en slamvender for jevn spredning av slam, granulering og transport inni en drivhuskonstruksjon.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Passer også til mindre slamvolumer •Stabil design, enkel teknisk prosess •Lavt primært energiforbruk •Konstant slamseng takket være kontinuerlig slammating •Utmerket lufting av slammet gjennom et spesielt slamvendingssystem •Moduldesign gir mulighet for automatisk slammating og slamuttak •Ideell å kombinere med gulvvarme - uten isolerende slamteppe •Tilbakeblanding av slam for en perfekt tørkeseng uten lukt eller støv •Maksimal fleksibilitet for slammating og slamuttak, til og med på samme gavli i hallen om ønskelig 	

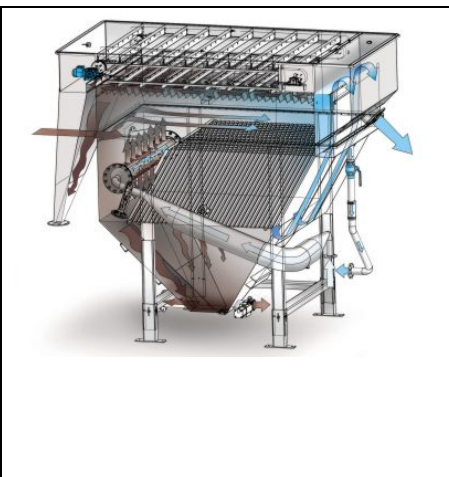


<p>HUBER Båndtørk KULT BT plus</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Beste tilgjengelige båndtørkingsteknologi • Bruk av forskjellige plassesifikke varmekilder mulig • Enkel design, enkelt vedlikehold • Allsidige tørkemuligheter for biomasse • I overensstemmelse med ATEX • For slamtørking på opptil > 90 % TS 	
---	--	--

Tabell 41: MBR (www.huber.no)

Name	Description	Figures
<p>HUBER BioMem</p>	<p>HUBER BioMem® – komplette de- eller semisentraliserte løsninger</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komplette behandling av avløpsvann for opptil 2500 PE • Gjenbruk av permeat som servicevann eller til vanning • Enkelt- og moduldesign for rask og enkel installasjon • Mobile anlegg i konteinere er tilgjengelige • Allsidige komponenter for høy pålitelighet • System med en tank med minimalt med pumper og lufte, og enkel kontroll • Fjernovervåking og serviceavtale er tilgjengelig som ekstrautstyr • Kvaliteten på permeatet er i overensstemmelse med gjeldende standarder (f.eks. den europeiske badevannsnormen) • Skifting av membran to ganger i året • Rask og enkel skifting av eventuelle defekte membranmoduler 	<p>Anvændnings- eksempel Hotell</p>
<p>HUBER VRM Membranbioreaktor</p>	<ul style="list-style-type: none"> • For behandling av kommunalt og industrielt avløpsvann • Energieffektiv og effektiv forhindring av avleiringer gjennom sekvensiell rengjøring med luft • Lavt energiforbruk • Ultrafiltrerende membran som holder igjen alle partikler og bakterier • Velprøvd ultrafiltreringsmembran • Liten risiko for tilstopping av porer • Gjenbruk av permeat som servicevann eller til vanning • Meget slitesterk membran og med ramme i rustfritt stål av høy kvalitet • Raskt og enkelt å oppdage og bytte ut enkeltmembranmoduler etter behov • Intet behov for regelmessig kjemisk rensing 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Kvaliteten på permeatet er i overensstemmelse med gjeldende standarder (f.eks. den europeiske badevannsnormen) 	
--	--	--

Tabell 42: Slam separation (www.huber.no)

HUBER Flotasjonsanlegg HDF	<ul style="list-style-type: none"> • Produsert utelukkende i rustfritt stål • Som ekstrautstyr med kjemisk behandlingstrinn • Standardiserte størrelser for forskjellige bruksområder • Kompakt konstruksjon som krever lite gulvplass • En eneste ventil for maksimal driftssikkerhet • Effektiv og skånsom innblanding av luftboblene i strømmen av avløpsvann • Definert gjennomstrømning takket være optimal konstruksjon av blander og mater i flotasjonstanken • Stort og effektivt sedimenteringsområde takket være lamellseparatoren, og redusert risiko for tilstopping takket være tilstrekkelig dimensjonerte åpninger mellom lamellplatene • Generering av trykkvann med flertrinnspumpe • Erfaringer fra over et hundre installasjoner innen mange forskjellige industrielle bruksområder 	
HUBER Nedsenkede avtrekksrør	<ul style="list-style-type: none"> • Jevnt avtrekk via hele bassengomkretsen / bassengbredden • Flytslam kan skrapes av over de nedsenkede avtrekksrørene • Det er ikke behov for nedsenkede mellomvegger i bassenget • Minimal algetilvekst på de nedsenkede avtrekksrørene takket være rørenes plassering • Forhindring av at skummet renner over 	
HUBER Opti-Flow System	<ul style="list-style-type: none"> • Nedsänkt rör med hydrauliskt väl definierade förluster • Optimerad ledplåtskonstruktion, för ett optimalt tillopp av avloppsvattenblandningen • Jämnt tillflöde med små tillflödesenergier • Förhindrar avlagringar tack vare gradvis minskade rördiametrar 	

9.16 IVAR IKS

Stiftet : 1995

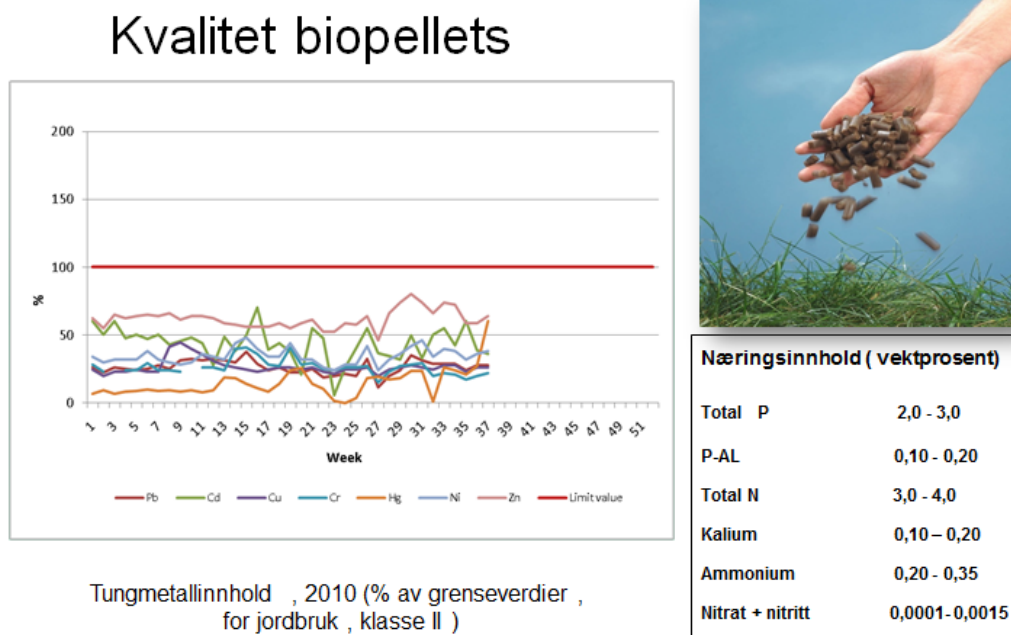
Omsetning : 407 MNOK (2011)

Kontaktperson : Oddvar Tornes, Fagansvarlig slam og gassbehandling

Epost : oddvar.tornes@ivar.no

Tel. + 47 51 90 85 79 /934 88 579

IVAR er et interkommunalt selskap som eies av 12 kommuner i Sør –Rogaland. Selskapet leverer tjenester til over 300 000 mennesker innen vann-, avløps og renovasjonstjenester. Selskapet driver et sentralt renseanlegg for slam i Mekjarvik Randaberg (SNJ) med produksjon på ca 4500 tonn biopellets pr år, samt flere regionale renseanlegg og planlegger to biogassanlegg (Randaberg og Grørdaland). Ved det sentrale slamanlegget er det bygget et nytt slammottak med utvidet mottak for avvannet slam, silslam og septikslam, samt matavfall. Anlegget har en kapasitet på 50 000 tonn/år. Bio-pelletene (Figur nyttes i dag hovedsakelig til jordforbedring, pga av lavt næringsstoff innhold (lav N og lav K). Siden 2007 har selskapet hatt samarbeid med HØST AS om utvikling av et gjødselprodukt basert på IVAR sitt tørkede slam. Prosjektet omfatter utvikling av produktet, markedsføring, salg, produksjonsfasiliteter og feltforsøk. Dette har resultert i et produkt MINORGA ® som består av 50 % slam og 50 % tilsetningsstoffer (N og K). Det er besluttet å bygge en gjødselabrikk på SNJ som ferdigstilles i 2014 (Tornes 2012). Selskapet vurderer mulighetene for å ta i mot slam fra oppdrettsanlegg og benytte makroalger som gjødseltilskudd og substrat i biogass produksjonen.



Figur 34 Eksempel på kvalitet på biopellet. Kilde (Tornes , 2012)

9.17 AquaOptima

Stiftet: 2002

Omsetning : 18,5 MNOK (2010)

Kontaktperson: Idar Schei, daglig leder

Tlf: +47 73561130

Epost: idar.schei@aquaoptima.com

En av de eldste Norske RAS leverandørene, med historikk tilbake til 1993. Har designet og levert en rekke RAS anlegg for oppdrett av ferskvanns- og marinfisk. Innenfor avløpsvannrensing fra oppdrett så har selskapet sin egen patenterte ECO-TRAP® partikkelfelle for tidlig fangst av uspist fôr og feces. Denne er omfattende dokumentert og testet sammen med SALNES beltefilter. Det er blant annet utført med forsøk med fjerning av partikler fra avløpsvann i 300 m³ gjennomstrømningskar hos Marine Harvest –Salsbruket ved bruk av AquaOptima's ECO-TRAP-system som dobbelt avløp og Salsnes Filter™ for fortykning av avløpet fra ECO-TRAP. Forsøkene ble utført med personell fra Salsbruket settefiskanlegg, Salsnes Filter AS og AquaOptima. Vannprøver er analysert hos Næringsmiddelkontrollen i Namsos.



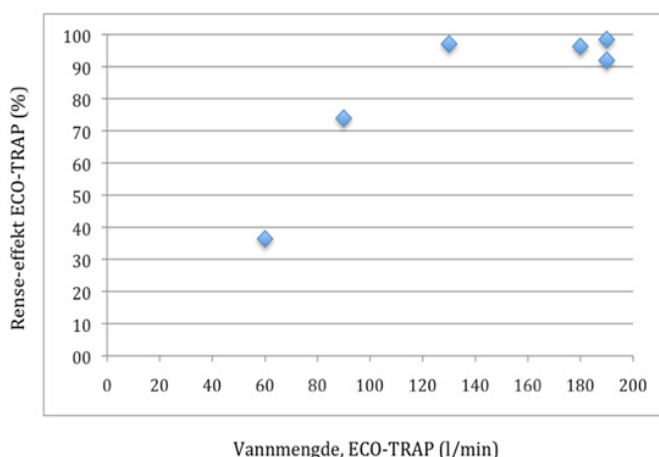
*Partikkelfelle i sentrum av karet
med sil for hovedavløp*



Slamkolektor på utsiden av karet

Figur 35 Partikkelfelle (til venstre) montert i 300m³ kar og slamkolektor (til høyre). Kilde: Idar Schei, Aqua Otima

ECO-TRAP-systemet består av en partikkelfelle montert som sentrumsavløp i karet (Figur 36) . Partikkelfella har et hovedavløp og et mindre avløp som fører partiklene ut av karet til en slamkolektor som henger på utsida av karet. Resultatene (Figur 36) viser at ECO-TRAP systemet gir god fjerning av partikler fra avløp fra settefiskanlegg. Ved en vannstrøm til slamkollektoren på 120 l/min, som er 3,4 % av vanntilførselen til karet (3 500 l/min), ble det oppnådd en renseeffekt på 96-98 % mht fjerning av totalt tørrstoff fra avløpsvannet fra oppdrettskarene.



Figur 36 Renseeffekt ECO-TRAP med Salsnesfilter som sekundærtrinn i forhold til vannmengder gjennom systemet. Kilde: Idar Schei, Aqua Optima

Den beskjedne vannmengden som trengs for å fjerne slammet med bruk av ECO-TRAP-systemet gjør at videre slambehandling blir langt rimeligere enn ved for eksempel bruk av mikrosil på hovedavløpet. Slam fra ECO-TRAP-systemet ble ført til et Salsnes Filter™ med 350µm duk med avvanningsskrue Figur 1 Figur 37. Slamanalysene etter avvanning viste et tørrstoffinnhold på 17-40% avhengig av forspillmengde.



Salsnes beltefilter, modell SF 1000 med slamavvanning

Figur 37 Oppsett med avvanning av slam fra ECO-TRAP

I følge selskapet viser resultatene at ECO-TRAP er være en meget effektiv metode for å imøtekomme utslippskrav ved siden av å være et nyttig verktøy for optimalisering av utføring. I kombinasjon med Salsnes Filter™ for behandling av avløpet fra ECO-TRAP-systemet produseres et slam med høyt tørrstoffinnhold som lett kan samles opp for videre transport til slambehandlingsanlegg som kompostering, deponi eller til biogassanlegg.

9.18 Fjell Industries

Stiftet: 2012 (med erfaring fra ca 1920)

Kontaktperson: Jon Alsaker (Technical Manager process)

Tlf: +47 415 39 405

Adresse: Smålonane 5, N-5353 Straume

E-post: jal@fjellindustries.com

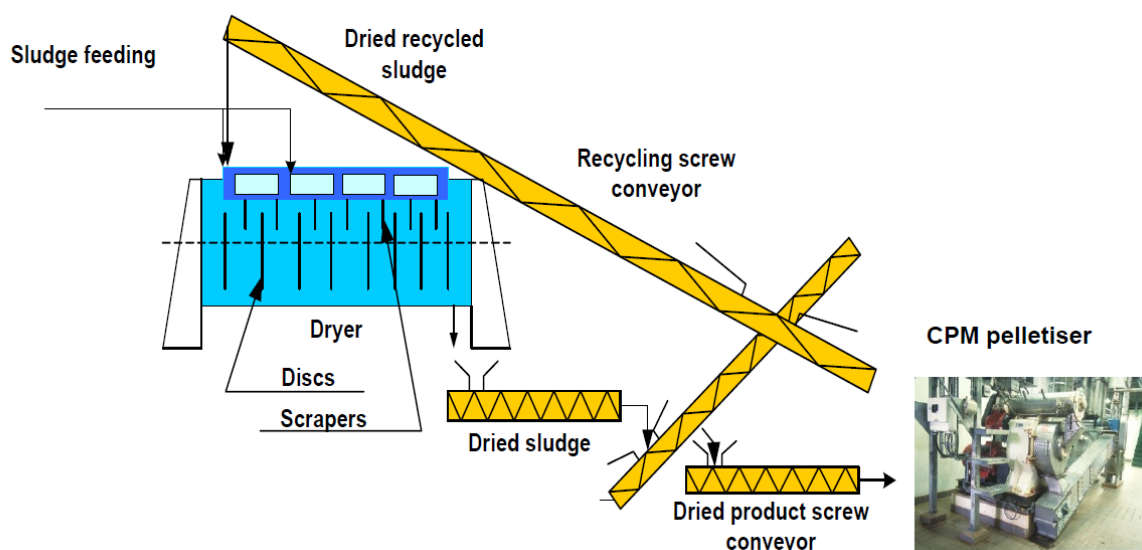
Hjemmeside: <http://www.fjellindustries.com/>

Fjell Industrier designer og fremstiller prosess teknisk utstyr som varmevekslere, trykkbeholdere, rørsystemer, løfteutstyr og stålkonstruksjoner til offshoreindustrien, samt prosessapparater som tørker og inndampere. De har levert tørker både for fiskeavfall og kommunale renseanlegg.

Slam kan avvannes og tørkes enten delvis eller fullt. Oppførselen til slammet i en tørke vil i stor grad avhenge av den foregående prosessen. Ifølge Fjell har disk-tørker de siste 20 årene bevist sin overlegenhet i mange renseanlegginstallasjoner. TD-tørken har vertikale disksider, som forhindrer oppkonsentrering mot bunnen av disken. Det er den eneste tørken som kan tørke slam fullstendig til 90-95 % tørrstoff eller delvis til 30-45 % tørrstoff for senere forbrenning. Tørken er kompakt og har god økonomi sammenlignet med andre tørker.

Slam som blir tørket til 85-95 % tørrstoff kan selvantenne og eksplodere. TD-tørken takler denne problematikken bedre enn de fleste andre tørker. Under drift er atmosfæren i tørken svært fuktig, og sikkerhetstiltak trenger vanligvis bare konstrueres inn i tørken for oppstart og avstengning. TD-tørken kan ATEX-sertifiseres.

Slamtørkeanlegg (Stord Fjell TD Tørke)



Figur 38 Stord Fjell Tørke anlegg (Tornes 2012).

9.19 Andritz

International technology Group ANDRITZ (www.andritz.com), headquartered in Graz, Austria, employs approx. 23,400 people worldwide. It is a globally leading supplier of plants, equipment, and services for:

Hydropower stations: ANDRITZ HYDRO

Pulp and paper industry: ANDRITZ PULP & PAPER

Solid/liquid separation in the municipal and industrial sectors: ANDRITZ SEPARATION

Metallforming and steel industry: ANDRITZ METALS

Production of animal feed and biomass pellets: ANDRITZ FEED & BIOFUEL

ANDRITZ provides a comprehensive range of technologies for screening, thickening, dewatering, and drying industrial wastewater and sludge in an economical and environmentally sound way. Tailor-made solutions are available that address the industry's need for safe and sustainable production.

ANDRITZ offers solid/liquid separation and drying solutions for industrial wastewater treatment. Based on many years of operating experience and a comprehensive portfolio of technologies, ANDRITZ provides state-of-the-art equipment for headwork's screening, water intake, potable water treatment, desalination, sludge thickening/dewatering, bio-solids drying, manure processing, and biogas handling.

The Group also offers a variety of other products, such as pumps, machines for the production of nonwovens and plastic films, steam boiler plants, biomass boilers and gasifiers, flue gas cleaning plants, industrial furnaces, thermal drying equipment, as well as automation technology. Andritz offers a wide range of equipment to assure the optimum choice for the client needs – screens, filters, presses, decanter centrifuges, thickeners, drying systems, and thermal utilization equipment. ANDRITZ has the ability to test options in pilot facility to help to develop and tailor the right solution.

Once installed, ANDRITZ equipment comes with the support of a strong global service network for the wastewater and sludge processing industries.



**700 Centrifuges
and separators***



**620 Filters and
belt presses***



30 Thickeners*



**Thermal
Systems**



**Screens and
Screw Presses**



**Transportation
Systems**

For more information see the presentation in the annex or go the website:

<http://www.andritz.com/no/separation.htm>

Contact person: PERRIER Nicolas email: Nicolas.PERRIER@andritz.com

Headquarters and Sales

ANDRITZ S.A.S

2-4 Avenue de l'Europe, Bâtiment Equateur

78140 Vélizy-Villacoublay, France

Phone: +33 (1) 39 26 05 50

10 REFERANSER

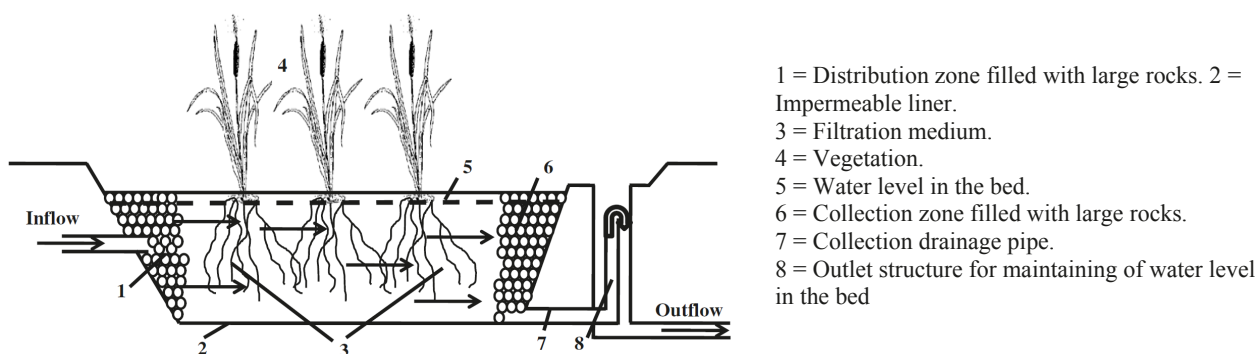
- Barlindhaug, J., Ødegaard, H., (1996). "Thermal hydrolysate as a carbon source for denitrification." Water Science and Technology **33(12)**: 99-108.
- Bergheim, A., Braaten, B., (2007). Modell for utslipp frå norske matfiskanlegg til sjø. Rapport nr 2007/180. Stavanger, IRIS: 35.
- Bergheim, A., S. J. Cripps, et al. (1998). "A system for the treatment of sludge from land-based fish-farms." Aquatic Living Resources **11(4)**: 279-287.
- Bergheim, A., S. Sanni, et al. (1993). "SLUDGE REMOVAL FROM SALMONID TANK EFFLUENT USING ROTATING MICROSIEVES." Aquacultural Engineering **12(2)**: 97-109.
- Bjerknes, V., Liltvedt, H., Rosseland, B., O., Rosten, T., Skjelkvåle, B., L., Stefansson, S., Åtland, Å., (2007). Vannkvalitet og smoltproduksjon. Oslo, Juul Forlag.
- Blytt, L. D., Haraldsen, T., K., Helness, H., Paulsrud, B., Ulgenes, Y., (2011). Håndtering av slam fra rensing av avløp i settefiskanlegg (Rapport SBF 2011 A0081). Trondheim, SINTEF Byggforsk: p39.
- Boehmwald, G. (2012). "Chilensk utstyrleverandør lanserer nytt dødfisksystem i Norge." Norsk Fiskeoppdrett **11**.
- Brinker, A. and R. Rosch (2005). "Factors determining the size of suspended solids in a flow-through fish farm." Aquacultural Engineering **33(1)**: 1-19.
- Brinker, A. T., Koppe, W., Rösch, R., (2005). "Optimised effluent treatment by stabilised trout faeces." Aquaculture **249**: 125- 144.
- Cripps, S. J. (1994). "MINIMIZING OUTPUTS - TREATMENT." Journal of Applied Ichthyology-Zeitschrift Fur Angewandte Ichthyologie **10(4)**: 284-294.
- Cripps, S. J., Kelly, L. A., Ed. (1996). Reductions in wastes from aquaculture. Aquaculture and Water Resource Management.
- del Campo, L. M., Ibarra, P., Gutierrez, X., Takle, H. (2010). Utilization of sludge from recirculation aquaculture systems (report 9/2010). Tromsø, Nofima Marin AS: 63.
- Ebeling, J. M., C. F. Welsh, et al. (2006). "Performance evaluation of an inclined belt filter using coagulation/flocculation aids for the removal of suspended solids and phosphorus from microscreen backwash effluent." Aquacultural Engineering **35(1)**: 61-77.
- Fjellheim, A. (2009). "Vannkvalitet i kommersielt resirkuleringsanlegg for laks." VANN **3**: 256-264.
- Forskrift 2004-06-01 nr 931 (2004). Forskrift 2004-06-01 nr 931, Regjeringen. **Forskrift 2004-06-01 nr 931**: 6.
- Gebauer, R. and B. Eikebrokk (2006). "Mesophilic anaerobic treatment of sludge from salmon smolt hatching." Bioresource Technology **97(18)**: 2389-2401.
- Haraldsen, T. K., Andersen, U., Krogstad, T., Sørheim, R., (2011). "Liquid digestate from anaerobic treatment of source-separated household waste as fertilizer to barley." Waste Management & Research (in press).
- Heinen, J. M., Hankins, J.A. & Adler P.R., (1996). "Water quality and waste production in recirculating trout-culture system with feeding of higher-energy or a lower-energy diet." Aquaculture Research **27**: 699-710.
- Helness, H. (2004). Primærrensing basert på høybelastet sedimenteringsanlegg – Case Høvringen. Prosjektnotat fra prosjekt 13 i PRIMÆRRENS
<http://www.sft.no/arbeidsomr/vann/avlop/teknologi/>. Oslo, SFT.
- Hognes, E., S., Rosten, T., (2013). "Klimaregnskap –håndtering av slam fra settefiskanlegg." VANN **1**: 8s.
- Hutchinson, W., Jeffrey, M., O'Sullivan, D., Casement, D., Clarke, S. (2004). Recirculation Aquaculture systems - Minimum standards for design, construction and management. Kent Town, Inland Aquaculture Association of South Australia Inc.

- Jeng, A., Haraldsen, T., Grønlund, A., Pedersen, P.A., (2006). "Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass." Nutrient Cycling in Agroecosystems **76(2-3)**: 183-191.
- Kelly, L. A., A. Bergheim, et al. (1997). "Particle size distribution of wastes from freshwater fish farms." Aquaculture International **5(1)**: 65-78.
- Kugelman, I., J., Van Gorder, S., (1991). Water and recycling in closed aquaculture systems. In: Engineering Aspects of Intensive Aquaculture. Proc Aquaculture Symposium., Ithaca, New York, Cornell University.
- Lekang, O.-I., Bergheim, A., & Dalen, H., (2000). "An integrated wastewater treatment system for land-based fish-farming." Aquaculture Engineering **22**: 199-211.
- Losordo, T. M. and H. Westers (1994). "System carrying capacity and flow estimations. In: Aquaculture Water Resuse System: Engineering Design and Managment. ." Developments in Aquaculture and Fisheries Science Ed by Timmons, M.B., Losordo, T.M.: 27.
- Lund, M. (2011). "Workshop "Slam/gjødsel fra oppdrettsanlegg - en ressurs og en utfordring". " akvARENA. Trondheim.
- Mäkinen, T., Lindgren, S., Eskelinen P., (1988). "Sieving as an effluent treatment method for aquaculture. ." Aquaculture Engineering **7**: 367-377.
- Paulsrud et al (1992). Slambehandlingsteknologi, Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter 1992:527, ISBN 92 9120 036 0.
- Phothilangka, P., Schoen, A.M., Wett, B., (2007). "Benefits and drawbacks of thermal pre-hydrolysis for operational performance of wastewater treatment plants. In: Proceedings of 5th International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes and Energy Crops, Hammamet, Tunisia."
- Rosten, T. (2013). Slam - felles utfordring – alternative løsninger. Årssamling Nord-Norsk Oppdretterlag, Tromsø, Nord-Norsk Oppdretterlag.
- Rosten, T., Ulgenes, Y., Henriksen, K., Terjesen, B.F., Biering, E., Winther, U., (2011). Oppdrett av laks og ørret i lukkede anlegg - forprosjekt (rapport A-21169). Trondheim, SINTEF Fiskeri og havbruk: 75.
- Schei, I. (2008). Partikkelfjerning og slamavvanning av utløp fra settefiskanlegg. Trondheim, AquaOptima AS: 12s.
- SFT (2005). Primærrensing - rapport om valg av rensemetode (Rapport 2088/2005). Oslo, SFT: 142s.
- Sharrer, M. J., Y. Tal, et al. (2007). "Membrane biological reactor treatment of a saline backwash flow from a recirculating aquaculture system." Aquacultural Engineering **36(2)**: 159-176.
- Sindilariu, P. D. (2007). "Reduction in effluent nutrient loads from flow-through facilities for trout production: a review." Aquaculture Research **38(10)**: 1005-1036.
- Sindilariu, P. D., A. Brinker, et al. (2009). "Waste and particle management in a commercial, partially recirculating trout farm." Aquacultural Engineering **41(2)**: 127-135.
- Sindilariu, P. D., C. Schulz, et al. (2007). "Treatment of flow-through trout aquaculture effluents in a constructed wetland." Aquaculture **270(1-4)**: 92-104.
- Summerfelt, S. T., J. A. Hankins, et al. (1997). "Ozonation of a recirculating rainbow trout culture system - II. Effects on microscreen filtration and water quality." Aquaculture **158(1-2)**: 57-67.
- Ulgenes, Y. (1997). Behandling og sikring av avløp fra innlandsoppdrett. SINTEF rapport STF A97310, SINTEF Byggforsk: 52s.
- Ulgenes, Y. o. E., B., (1993). Undersøkelse av utslippsmengder, renseutstyr og slambehandlingsteknikker ved settefiskanlegg. Hovedrapport, SINTEF rapport STF60 A93051. Trondheim, SINTEF Byggforsk: 66s.
- Weemaes, M., P., J., and Verstraete W.H., (1998). " Evaluation of current wet sludge disintegration techniques." J. Chem. Technol. Biotechnol. **73**: 83-92.
- Ødegaard, H. (2012). kapittel 17 i Vann- og avløpsteknikk. Oslo, Norsk Vann.

Vedlegg 1 Kunstig våtmark som avløpsvannbehandling

Av P. Zinke, SINTEF Energy Research.

Konstruerte våtmarksområder (constructed wetlands, CW) er systemer som blir laget for å utnytte naturlige våtmarksprosesser til vannrensing (Vymazal 2009). Rensingen finner sted i samspillet mellom vegetasjon, jord og tilhørende mikrobiologiske samfunn. Strømningsretningen i CW kan være horisontalt og/eller vertikalt. CW kan ha åpen vannoverflate eller en vannstand som ligger innenfor filtersubstratet (subsurface flow constructed wetland, SSFCW). Det sistnevnte har flere fordeler spesielt i kaldt klima, men krever større arealer. Figur 1 viser et eksempel på et slikt konstruert våtmarksområde.



Figur 1: Horisontal SSFCW. Fra Vyzamal (2009)

Avløpsvann fra akvakulturer er kjennetegnet ved relativt lave avløpskonsentrasjoner og høye vannføringer. Reduksjonen av oksygenforbruket i SSFCWs foregår gjennom både fysiske mekanismer som sedimentasjon og filtrasjon, og aerob og anaerob nedbryting ved hjelp av mikroorganismer. Vegetasjonen har en viktig rolle i prosessen, fordi den bidrar til å vedlikeholde hydraulisk konduktivitet, tar opp en del næringsstoffer og fører til flere mikrobiologiske samfunn i rotsonen.

Studier hvor SSFCW ble brukt for behandling av avløpsvann fra akvakulturer (Snow et al. 2012) viser at oksygenforbruket ble redusert med 37- 99 % (BOD) og 24- 91 % (COD). Mønsteret for fjerning av suspenderte partikler følger samme mønster som for BOD. Total fosfor (TP) ble redusert med 40-91 %. Fjerning av $\text{PO}_4\text{-P}$ i CW med avløpsvann fra akvakulturer var imidlertid dårlig, med store variasjoner mellom anleggene. I noen studier ble det observert stigende PO_4^{3-} konsentrasjoner etter passasje av våtmarksfiltre, noe som kan forklares med nedbryting av sedimenterte partikler innenfor systemet og utslipp av løste substanser.

Fjerning av nitrogen i horisontal SSFCW er en utfordring. Braskerud (2002) undersøkte såkalte fangdammer for fjerning av næringsrike partikler for å bedre vannkvaliteten i bekker og redusere oppfyllingen av reservoar i Norge. De fant at bare 3-15 % av N-input ble holdt tilbake, på grunn av høy hydraulisk belastning og lave temperatur ($-8\text{-}18\text{ }^\circ\text{C}$).

Arealbehov til CW er avhengig av anleggstype, filtersubstrat og hydrauliske randbetingelser, for eksempel helning. Det er mulig å bruke hydrauliske modeller til planlegging. Foreløpige estimater for SSFCW tyder på et arealbehov mellom 4 og 35 m^2 per l/s avløpsvann. Snow et al. (2012) nevner kostnader i størrelsesorden 37 – 100 USD/ m^2 for SSFCW på 150-700 m^2 som ble bygget for behandling av avløpsvann fra akvakulturer i USA.

Riktig planlagte CW kan fungere tilfredsstillende også i et kaldt klima, men anlegg i kaldt klima krever ofte større og dypere systemer med lengre oppholdstider. Det kan være nødvendig å planlegge kunstig oksygentilførsel (lufting).

SSFCW har potensialet til å fjerne faststoffer, organisk materiale og næringsstoffer fra avløp fra gjennomstrømte landbaserte salmonid-akvakulturer med suksess. Mer forskning er nødvendig for å

undersøke disse mulighetene under norske forhold og for å forbedre fjerning av TN. Det vil også kreves flere casestudier i farm-målestokk.

Referanser

Braskerud, B. C. 2002. Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution. *Ecological Engineering* 18 (2002) 351–370.

Snow, A., Anderson, B. and Wootton, B. 2012. Flough-through land-based aquaculture water and its treatment in subsurface flow constructed wetlands. *Environm. Rev.* 20, 54-69.

Vymazal, J. 2009. The use of constructed wetlands with horizontal sub-surface flow for various types of wastewater. *Ecol. Eng.* 35, 1-17.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no