

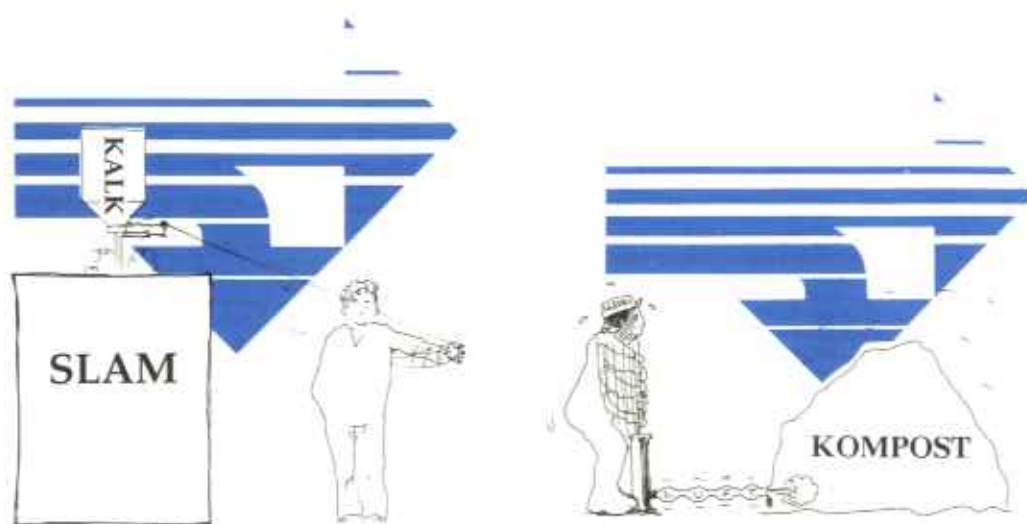
# NORVAR

20 B  
1991

## Prosjektrapport

Prosjektet «Slambehandling og -disponering ved større kloakkrensning». Delrapport

# Kalking Kompostering



Norske VAR-selskapers forening

# NORVAR-rapport

Norske VAR-selskapers forening

Postadresse: 2312 OTTESTAD  
Besøksadresse: HIAS, Sandvika (Ottestad)  
Telefon: 065 76255

Rapportnummer:

20 B - 1991

Dato:

12. juli 1991

Antall sider (inkl. bilag)

111

Tilgjengelighet:

Åpen

Begrenset

Rapportens tittel:

Prosjektet: "Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg"

Delrapport. KALKING. KOMPOSTERING

Forfatter(e): Arbeidsgruppe bestående av: Kirsti Grundnes Berg, Gunnar Hall Kjell Åge Haugli, Olav Holdhus, Bjørn Christoffersen, Lars Magnussen (sekretær)

Ekstrakt:

Prosjektet "Slambehandling og -disponering ved større kloakkrenseanlegg" har som mål å sammenstille dagens kunnskaper og erfaringer om dette temaet. Foreliggende rapport er en del av i alt 5 rapporter fra prosjektet. Denne delrapporten beskriver kunnskap om kalking og kompostering av slam. Det er blant annet gitt tekniske og økonomiske data for anlegg for henholdsvis 20.000, 70.000 og 300.000 person-ekvivalenter.

Erneord, norske:

Kloakkslam

Kalking

Kompostering

Erneord, engelske:

Sewage Sludge

Lime Treatment

Sludge Composting

Andre utgaver:

82-414-0023-3

## FORORD

Etter forslag fra VEAS, inviterte NORVAR i 1989 forskjellige renseanlegg m. fl. til å delta i et prosjekt for å samordne aktiviteten på slamsiden.

Prosjektets mål har vært å sammenstille dagens erfaringer/kunnskap om slambehandling/-disponering i en teknisk/økonomisk utredning. For teknisk/økonomiske data har man konsentrert seg om 3 anleggsstørrelser; 20.000, 70.000 og 300.000 pe.

Arbeidet har tatt utgangspunkt i

- driftserfaringer
- diverse utredninger som er utført for prosjektdeltagerne
- forsøksresultater
- opplysninger fra diverse firma/anlegg
- spesialutredninger
- konkrete planer
- litteraturstudier.

Prosjektet har vært organisert som vist i figuren nedenfor.

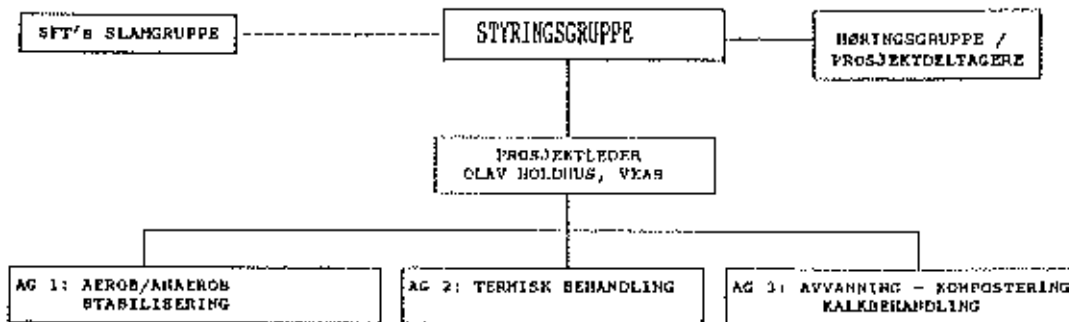


Fig. 1 Organisering av NORVAR-prosjektet P13 E. Utredning om slambehandling/-disponering ved større kloakkrenseanlegg

Styringsgruppen har hatt følgende sammensetning:

- Svein Erik Moen, NORVAR (leder)
- Kjartan Reksten, O.V.A.
- Kjell Johnsen, S.I.A.
- Ernst Georg Hovland, I.V.A.R.
- Bjarne Paulsrud, Aquateam A/S (observatør for SFT's styringsgruppe)
- Olav Holdhus, VEAS (Prosjektleder/sekretær)

De 3 arbeidsgruppene har hatt følgende sammensetning:

Arbeidsgruppe for aerob/anerob behandling:

- Kjell Johnsen, S.I.A.
- Knut Lilleng, FOA
- Leif Sigvaldsen, Knarrdalstrand kloakkrenseanlegg
- Ingar Ness, O.V.A.
- Olav Holdhus, VEAS (sekretær)

Arbeidsgruppe for termisk behandling:

- Ernst Georg Hovland, I.V.A.R.(sekretær)
- Per Hallberg, O.V.A.
- Tor A. Ulfeng, RA-2
- Olav Holdhus, VEAS

Arbeidsgruppe for avvanning, kompostering, kalkbehandling:

- Kjell Åge Haugli, HIAS
- Kirsti Grundnes Berg, VEAS
- Gunnar Hall, RA-2
- Bjørn Christoffersen, Drammen kommune
- Lars Magnussen, Samfunnsteknikk A/S (sekretær)
- Olav Holdhus, VEAS

Prosjektet har hatt 22 deltagere. Prosjektdeltagerne har bidratt dels med egeninnsats, dels med å stille til disposisjon tidligere utredninger, dels med kontantstøtte til prosjektet. Dette er nærmere angitt i tabell 1.

Tabell 1.

PROSJEKTDELTAGERE PR. 20.6.91

a = bidrag i form av arbeidsinnsats  
u = stilt utredninger til disposisjon  
t = økonomisk tilskudd

FOA (Fredrikstad-området)	a,u
HIAS (Hamar-regionen)	a,u
I.V.A.R. (Stavanger-regionen)	a,u
KNARRDALSTRAND KLOAKKRENSEANLEGG (Porsgrunn/Skien)	a,u
O.V.A. (Oslo vann- og avløpsverk)	a,u
RA-2 (Lillestrøm området)	a,u
S.I.A. (Sarpsborg-regionen)	a,u,t
VEAS (Vestfjorden avløpssekskap i Oslo-området)	t
TAU (Tønsberg-regionen)	t
NIDAR-KREISEN (Årødal-regionen)	a,u
DRAMMEN KOMMUNE	t
GJØVIK KOMMUNE	t
SKIEN KOMMUNE	u,t
KONGSBERG KOMMUNE	u,t
RINGERIKE KOMMUNE	t
FYLKESMANNEN I TIEDMARK	t
FYLKESMANNEN I AKERSHUS	t
ENVIRO TECH A/S	t
HYDROGAS A/S	t
BIKOM	a,u
AQUATEAM A/S	a,u
VA-MILJØTEKNIKK	

Det vil bli utgitt følgende rapporter fra prosjektet:

- Aerob/anaerob behandling
- Tøking/forbrenning
- Kalking og kompostering
- Avvanning
- Samlerapport

Prosjektdeltagerne har vært invitert til 4 høringsmøter. Disse høringsmøtene var et viktig ledd i den kompetanseoppbygging prosjektdeltagerne fikk gjennom deltagelsen.

En stor del av arbeidet er konsentrert om slambehandling, men det er også beskrevet hvordan denne påvirker disponeringsmulighetene etter behandlingen. Rapportene beskriver også behov for videre arbeid på dette feltet.

Som et grunnlag for å diskutere aktivitet vedrørende miljøpåvirkning ved bruk av slam, har styringsgruppen engasjert Bjarne Paulsrud, Aquateam A/S, til å utarbeide et forprosjekt. Dette prosjektet gir en oversikt over hva som er gjort på dette feltet til i dag, samt hvilke fagmiljøer som arbeider på feltet.

Kostnadene for prosjektet ("verdiskapningen") er beregnet til ca. kr. 1,4 mill.

NORVAR har etablert en slamgruppe som skal videreføre arbeidet med slamspørsmålet.

Med dette vil vi takke alle som har bidratt til gjennomføringen av dette prosjektet for innsatsen.

Ottestad, 12. juli 1991

Svein Erik Moen

## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
0. INNLEDNING	4
1. KOMPOSTERING	5
1.1 Generelt	5
1.2 Behandlingsmetoder	7
1.2.1 Generelt	7
.2 Prosessbeskrivelse	8
.3 Friland	13
.4 Kompostering på luftet plate	17
.5 Reaktor	21
.6 Utbredelse	22
1.3 Slamkvalitet	25
1.3.1 Generelt	25
.2 Friland	26
.3 Luftet plate	29
.4 Reaktor	31
1.4 Teknisk utforming	32
1.4.1 Generelt	32
.2 Dimensjonering	32
.3 Komposteringsareal	38
.4 Luftesystem	38
.5 Reaktorsystem	39
.6 Øvrige anleggsdeler	39
.7 SRO-anlegg	40
1.5 Kostnader	41
1.5.1 Generelt	41
.2 Investeringer	42
.3 Driftskostnader	43

	Side
1.6 Driftserfaringer	45
1.6.1 Generelt	45
.2 Friland	45
.3 Luftet plate	50
.4 Reaktor	54
.5 Fordeler og ulemper ved ulike metoder	57
1.7 Utviklingstendenser	58
1.7.1 Generelt	58
.2 Friland	58
.3 Luftet plate	58
.4 Reaktor	59
Referanser	60
2. KALKBEHANDLING	61
2.1 Generelt	61
2.2 Behandlingsmetoder	63
2.2.1 Generelt	63
.2 Kalkfelling	63
.3 Kalkstabilisering	65
.4 Kalkkondisjonering	68
.5 Orsametoden	69
.6 Utbredelse	72
2.3 Slamkvalitet	74
2.3.1 Generelt	74
.2 Kalkfelling	76
.3 Kalkstabilisering	78
.4 Kalkkondisjonering	79
.5 Orsametoden	79

2.4	Teknisk utforming	80
2.4.1	Generelt	80
.2	Dimensjonering	80
.3	Doseringsutstyr	83
.4	Siloutstyr	84
.5	SRO-anlegg	86
2.5	Kostnader	87
2.5.1	Generelt	87
.2	Investeringer	87
.3	Drift	89
2.6	Driftserfaringer	91
2.6.1	Generelt	91
.2	Kalkfelling	91
.3	Kalkstabilisering	94
.4	Kalkkondisjonering	96
.5	Orsa-metoden	98
.6	Slamvannsretur	99
.7	Fordeler og ulemper ved ulike metoder	99
2.7	Utviklingstendenser	102
2.7.1	Generelt	102
.2	Utviklingstendenser	102
3.	VIDERE ARBEID	104
3.1	Kompostering	104
3.2	Kalkbehandling	105
	Referanser	107
		108

## 0. INNLEDNING

Denne rapporten inngår som en del av NORVAR-prosjekt P13E "Slambehandling/disponering ved større renseanlegg".

Rapporten er utarbeidet av en arbeidsgruppe (AG3) bestående av

- Kirsti Grundnes Berg, VEAS (til 1.1.91)
- Gunnar Hall, RA-2
- Kjell Åge Haugli, HIAS
- Olav Holdhus, VEAS
- Bjørn Christoffersen, Drammen kommune
- Øystein Lid Larsen, Fylkesmannen Oslo/Akershus (fra 1.1.91)
- Lars Magnussen, Samfunnsteknikk A.S (fra 1.12.90)
- Geir Trengereid, Bergen kommune (til 1.10.90)

Holdhus har vært leder av gruppen, mens Magnussen har vært faglig sekretær med ansvar for utarbeidelse av delrapporter og hovedrapporten.

Arbeidsgruppen har avholdt 7 møter og 8 befaringer til norske anlegg. Det er videre holdt 4 foredrag om gruppens arbeid på egne høringsmøter i prosjektet.

## 1. KOMPOSTERING

### 1.1 GENERELT

Kompostering er en stabiliseringsprosess hvor aerobe mikroorganismer (først og fremst bakterier og sopp) omsetter organisk materiale til CO<sub>2</sub> og vanndamp under varmetvikling. Prosessen gir også hygienisering under gitte forutsetninger bl.a at prosessen foregår under termofile forhold (temperaturer > 50 °C). Ved tilstrekkelig lange nok behandlingstider oppnås relativt stabile humusstoffer såkalt kompost, som sluttprodukt. Et vel kompostert materiale gir ikke opphav til besværlig lukt. Det forutsettes at slammet som skal komposteres inneholder tilstrekkelige mengder lett nedbrytbart materiale.

Komposteringssystemene deles i følgende typer:

- Friland
- Luftet plate
- Reaktor

Kompostering har mistet mye av sin popularitet i Norge de siste 10 årene bl.a fordi

- Årskostnadene er svært høye
- Myndighetenes krav til slamkvalitet hva hygiene angår er såvidt moderate at prosessen ikke trengs for å tilfredsstille disse
- Arealbehovet er stort
- Driftsproblemene har vært betydelige
- Prosessene er dårlig utviklet i Norge
- " " " tilpasset norske forhold

Blant annet har svært mange kommuner kuttet ut frilandskompostering av slammet. BAV-reaktoren på Bekkelaget Ra i Oslo ble nedlagt i 1986 etter 5 års drift.

I mange andre land derimot er kompostering fortsatt høyst aktuelt bl.a i Danmark, USA, Nederland m.fl.

Denne utviklingen må ses i lyset av den popularitet gjenbruk av ressursene har fått i mange land.

Kompostering er på ny aktualisert med nye krav til slamkvalitet som er bebudet fra myndighetenes side.

Strengere krav bl.a til hygiene vil gjøre prosessen(e)

høyest aktuelle for små og mellomstore anlegg (opptil 20.000 pe)

## 1.2 BEHANDLINGSMETODER

### 1.2.1 Generelt

Komposteringsprosessen deles inn i 3 hovedgrupper:

1. Friland
2. Luftet plate
3. Reaktor

Forskjellen på disse er graden av kontroll med driftsbetingelsene. De 2 sistnevnte regnes for å være prosesser under kontrollerte betingelser.

I prinsippet vil den biologiske prosessen og de krav som settes til driftsbetingelsene for å oppnå god kompostering, være uavhengig av prosessutforming. Beskrivelse av den biologisk prosessen er således beskrevet samlet i det følgende.

Epstein m.fl /3/ konstaterer at komposteringsprosessene må oppfylle følgende kriterier for å kunne bli betraktet som et realistisk slamdisponeringsalternativ:

- Prosessen må være pålitelig
- " " " innvendingsfri overfor omgivelsene
- " " " energieffektiv
- Prosessen må være kostnadseffektiv jevnført med andre alternativ
- Sluttproduktet må være patogenfritt
- " " " estetisk tiltalende
- " " kunne anvendes og helst gi en betydelig inntekt.

Disse kriteriene er strenge og det er tvilsomt om andre aktuelle alternative behandlingsmetoder i utgangspunktet kan tilfredsstille disse bedre enn kompostering.

Kriteriene kan imidlertid være et nyttig utgangspunkt for utredning av alternative behandlingsmetoder.

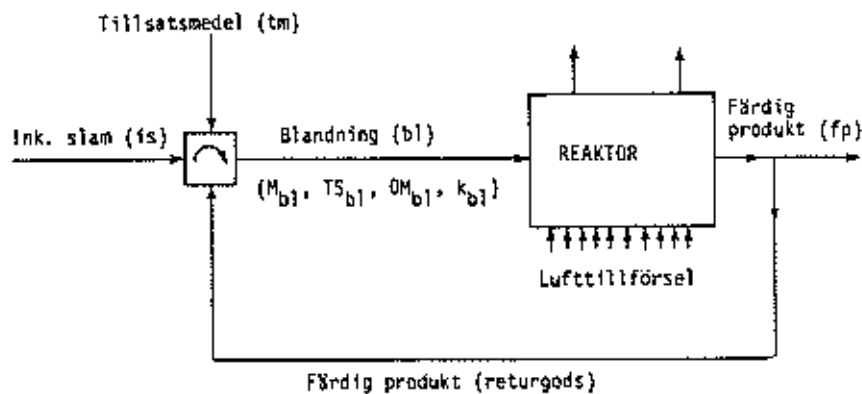
## 1.2.2 Prosessbeskrivelse

I VAV P61 (1986) /1/ omtales driftsparametre som er vesentlige for å oppnå godt resultat

Tabell 1.1 Driftsparametre

Parametere	Optimalt område
. Karbon/nitrogenforhold (C/N)	20 - 35
. Temperatur (varmeste soner) °C	55 - 80
. Oksygeninnhold (av metn.grad) %	5 - 15
. Tørrstoffinnhold (slam+tilsatsm.) %	30 - 50
. Fuktighet ( " ) %	50 - 70
. Porøsitet %	25 - 40
. Massens volumvekt (inn) kg/m <sup>3</sup>	< 800

I samme kilde beskrives prosessen med følgende modell.



Tegnforklaring:

M = Massestrøm (f.eks kg/ middeldøgn)

TS = Tørrstoffinnhold ( % )

OM = Innhold organisk andel ( % av TS)

K = Andel nedbrytbart organisk materiale ( % av OM)

Fig.1.1 Massebalanse komposteringsprosess

Forholdstallet W, som uttrykkes på følgende måte:

$$W = \frac{\text{Innkommende vannmengder pr. tidsenhet}}{\text{Nedbrutt organisk materiale pr. tidsenhet}}$$

anvendes for å finne ut om blandingen inn til komposteringen kan utvikle tilstrekkelig med varmeenergi for å gi en vel fungerende prosess. Optimal verdi på W avhenger av varmetapene men bør vanligvis være mindre enn 10. Altfor lave verdier kan imidlertid gi en for rask prosess ved reaktorkompostering (god isolering).

Kompostering av slam krever normalt tilsatsmiddel fordi massen ellers blir så tett at den ikke kan gjennomluftes. Positive erfaringer fra anlegg som ikke benytter tilsatsmiddel, finnes imidlertid. Dette er nærmere omtalt i pkt.1.6.

Ved en vellykket komposteringsprosess med tilstrekkelig lang behandlingstid kan en oppnå 40-50 % reduksjon av organisk andel i slammet.

Forholdet mellom innhold av lett nedbrytbart organisk materiale og nitrogen normalt benevnt karbon/nitrogenforholdet (C/N) er helt avgjørende for å få prosessen til å forløpe normalt. Normalt er dette forholdstallet i slam 13-15. Dette vil vanligvis være tilstrekkelig men optimalt nivå er høyere (tabell 1.1). Lavt nivå øker tapet av nitrogen i form av ammonium og høyt nivå medfører progressiv økning av komposterings-tiden fordi nitrogen blir vekstbegrensende. Ingen andre næringsstoffer eller mikronæringsstoffer er funnet å være vekstbegrensende ved kompostering av kommunalt avløpsslam /2/. Det er viktig å være klar over at dette gjelder amerikanske forhold hvor anleggene stort sett er rene biologiske anlegg.

Temperaturen er det viktig å holde kontroll med både fordi en ønsker å oppnå god hygienisering men også fordi en ønsker å gi mikroorganismene optimale levekår. Høye temperaturer, over 70-80 °C, vil ta livet av en rekke av de mikroorganismene man ønsker å beholde i prosessen.

Lave temperaturer, mindre enn 40-50 °C vil gi dårlig kompostering. Det optimale nivået er derfor ofte 55-65 °C. Uten tilgang eller for dårlig tilgang av oksygen vil prosessen gå dårlig. Mikroorganismene som er aerobe trenger oksygen for å kunne bryte ned organisk stoff. Et for lavt innhold vil resultere i anaerobe forhold i hele eller deler av massen. Resultatet vil bli luktulempet. En alt for høy lufttilførsel (= høyt O<sub>2</sub>-innhold) vil spesielt i den kalde årstiden resultere i kraftig temperaturfall (nedkjøling). Prosessen vil dermed gå senere eller i verste fall bli ufullstendig.

Tørrstoffinnhold og vanninnhold må også ligge i et optimalt område for å oppnå gode resultater. Mindre enn 40 % vann vil kunne begrense nedbrytningsgraden. Mer enn 60 % vann vil ikke gi optimal struktur på slammet.

Dette henger nøye sammen med porøsiteten hvor ønsket nivå på 25-40 % ikke kan oppnås med så høyt vanninnhold. Disse 3 parametrene kan imidlertid reguleres til ønsket nivå ved tilsetning av tilsatzmidler som f.eks. bark, flis, halm, torv, avfall, spon, gummibiter, ferdig kompost etc. Enkelte av disse tilsatzmidlene påvirker også C/N- forholdet f.eks. halm, torv, avfall m.fl. Tilsatzmidlenes hovedoppgaver er imidlertid i første rekke å øke massens tørrstoffinnhold og porøsitet.

Volumvekten bør holdes lavere enn 0,8 i massen som skal komposteres. EPA /2/ oppgir normale volumvekter for slam, kompost og enkelte tilsatsmaterialer i henhold til tabell 1.2 nedenfor.

Tabell 1.2 Volumvekter

Materiale	Volumvekt (kg/m <sup>3</sup> )
Utråtnet slam	890 - 1010
Råslam	770 - 1010
Treflis	265 - 335
Resirkulert treflis	350 - 370
Ferdig kompost	550 - 620

Tilsatsmidlene er vanligvis kostbare bl.a pga. transportkostnadene.

Resirkulering ved sikting av ferdig kompost bør derfor utføres for å gi bedre driftsøkonomi. Normalt vil tapet av tilsatsmiddel ved resirkulering ligge på 25-30 % /2/ (treflis). Mengden tilsatsmiddel vil avhenge av tørrstoffinnholdet i avvannet råslam. VAV P51 /4/ antyder følgende behov:

- Råslam TS = 15 %    Bark e.l. ca. 3,5 x vol. slam
- "    TS = 25 %    "        "        2,1 x        "

Figur 1.2 viser grafisk sammenhengen mellom tørrstoffinnhold i råslammet og innblandingsforholdet treflis/slam for å oppnå optimalt tørrstoffinnhold i blandingen.

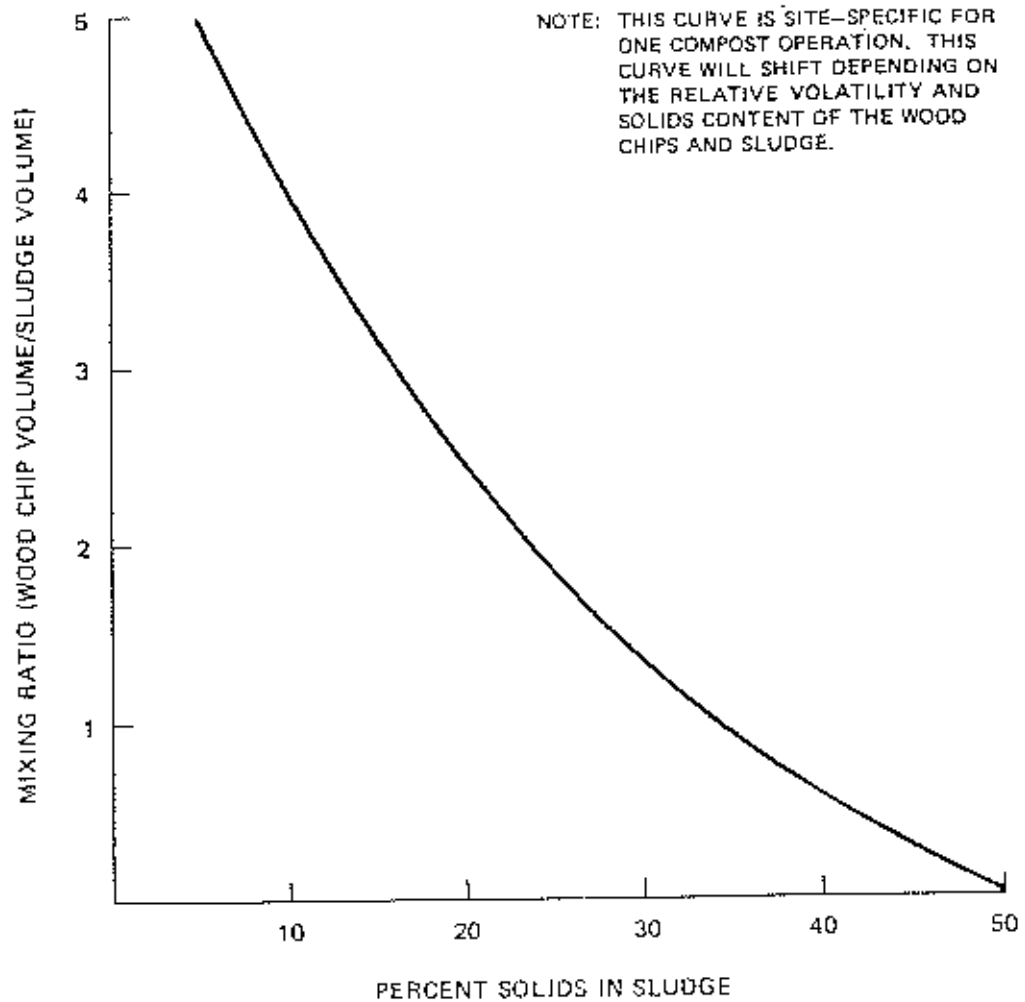


Fig. 1.2 Tilsatsmiddelbehov

Uavhengig av prosessløsning vil det normalt være behov for ettermodning av råkomposten før den kan anvendes. Normale behandlingstider for de ulike komposteringsprosessene fremgår av tabell 1.3.

Tabell 1.3 Behandlingstider

Prosess	Kompostering (uker)	Ettermodning (uker)
Friland	4 - 12	4 - 40
Luftet plate	3 - 4	4 - 40
Reaktor	1,5 - 2	4 - 12

Slammets pH-verdi har et optimalt nivå på 6-7,5 ifølge EPA/2/.

Styring og regulering av prosessene er beskrevet i detalj i EPA-manualen /2/ og VAV P61 /1/. I etterfølgende avsnitt omtales bare de essensielle punktene fra disse publikasjonene.

### 1.2.3 Frilandskompostering

Ved frilandskompostering legges massen som skal komposteres (m/eller u/tilsatsmiddel), i ranker eller hauger. Rankene /haugene er normalt 4-4,5 m brede og 1,5-2 m høye. Uten tilsatsmiddel må slammet tørke opp i løpet av sommermånedene for at komposteringen skal komme i gang. Arealbehovet med denne enkle prosessen vil være svært høyt opptil ca. 1 m<sup>2</sup> pr. personekvivalent ved tørrstoffinnhold i slammet på 20 %. Ved tilsetning av tilsatsmiddel vil prosessen komme raskere i gang pga. øket porøsitet.

En forutsetning for å få god kompostkvalitet m.h.p hygiene er hyppig vending av massen. Vending foretas ofte på mindre og mellomstore anlegg med hjullaster.

På store anlegg benyttes spesialbygde vendemaskiner. Arealbehovet ved intensiv frilandskompostering (tilsatsmiddel og vending) vil være vesentlig lavere enn for den enkle prosessen. Arealbehovet reduseres til 2 ca. 0,3 m<sup>2</sup> pr. pe. (Komp. tid: 4 uker, Modning: 9 uker).

Temperaturutviklingen i en typisk ranke fremgår av fig.1.3 /2/.

Prosessen overvåkes ved måling av temperatur og oksygeninnhold i visse fastlagte punkter f.eks. som vist i fig.1.4.

Målingene utføres med bærbar oksygenanalysator (0-25%) og termistortype (0-100°C)

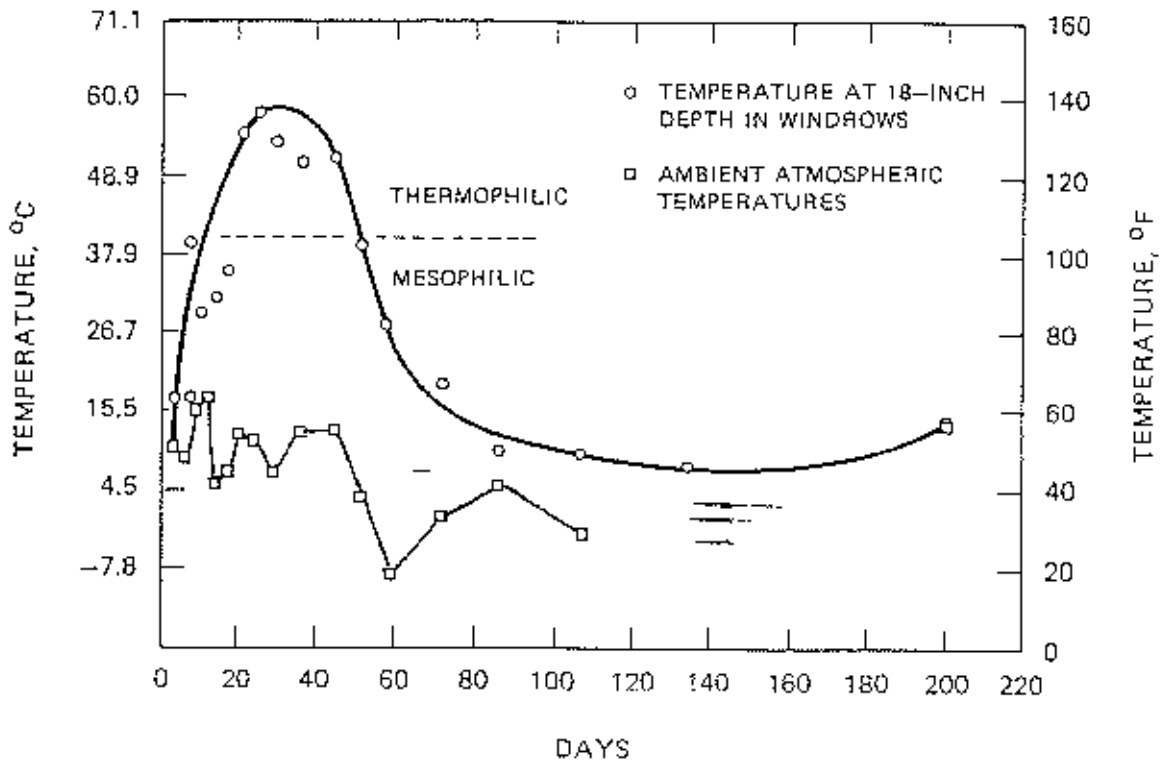


Fig.1.3 Temperaturutvikling frilandskompostering

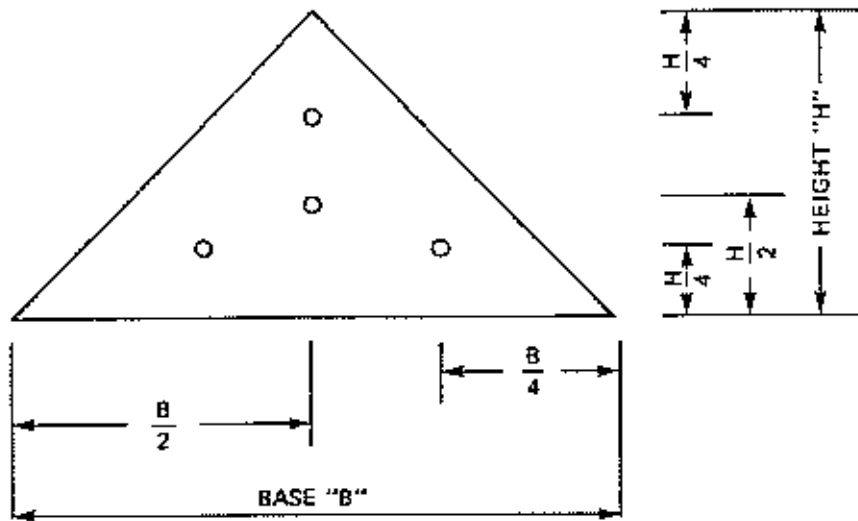


Fig.1.4 Aktuelle målepunkter /2/.

EPA /2/ foreslår et ganske omfattende måle-/analyseprogram for komposteringsanlegg. Forslaget fremgår av tabell 1.4.

Tabell 1.4 Måleprogram komposteringsprosesser

Tidspunkt	Måleobjekt	Analyser	Frekvenser
Før kompostering	Slam tilsatsmiddel	Tungmetaller PCB	Månedlig
Under kompostering	Ranker tempera- tur og oksygen- forhold	Akseptabel tids temperatur og oksygenforhold (55°C, 5-15%O <sub>2</sub> , 3-5 døgn)	6 dager i de 2 første ukene (tilleggs- målinger kreves ofte for å få pålitelig gj.snitt)
Målinger på anlegget kontinuerlig	Personell	Legekontroll avhenger av arbeidsplass Beskyttelses- utstyr og klær	Årlig  Kontinuerlig
	Lukt	Luktstyrke	Kontinuerlig men spesielt viktig i peri- oder med mye regn og lite vind
		Luktfilter- effektivitet	Kontinuerlig
		Loggføring klager	"
	Støv	Sammenligning av partikkel- konsentrasjoner	Kontinuerlig men spesielt viktig i tørre perioder med mye vind
	Sigevann og overflatevann	BOF <sub>7</sub> og susp. stoff	Månedlig ned- strøms anlegg med kritisk plassering ift. helseaspekter
	Luftbårne sporer	Antall produsert og transportert	Månedlig
Meteorologi	Temperatur i 1,5 m og 7,6, m's høyde	Kontinuerlig	
	Vindhastighet	"	
	Vindretning	"	

### 1.2.4 Kompostering på luftet plate

Ved denne prosessen legges slam (+ evt. tilsatzmiddel) ut på en asfalt- eller betongplate med luftkanaler. Rankestørrelsen er tilsvarende som for frilandskompostering.

Luft blåses eller suges gjennom komposten slik at optimalt oksygeninnhold oppnås. Normalt vil det være bedre å suge enn å blåse fordi en da oppnår bedre luktkontroll.

Luftbehovet er ca.  $9-15 \text{ Nm}^3/\text{h} \times \text{tTS} /4/$ . avhengig av massens fuktighet. Trykkfallet er  $10-20 \text{ cm} /3/$ . En blåsemaskin på  $0,25 \text{ kW}$  med driftstid  $20-30$  døgn kan dekke oksygenbehovet for opptil  $9$  tonn TS (råslam)  $/5/$ . Vending av slammet er bare nødvendig ved ettermodningen som foregår på friland.

En god løsning for å holde oppe temperaturen i rankene under komposteringen er å isolere med et  $20 \text{ cm}$  tykt lag med ferdig kompost. Alternativt kan andre tilsatzmidler benyttes.

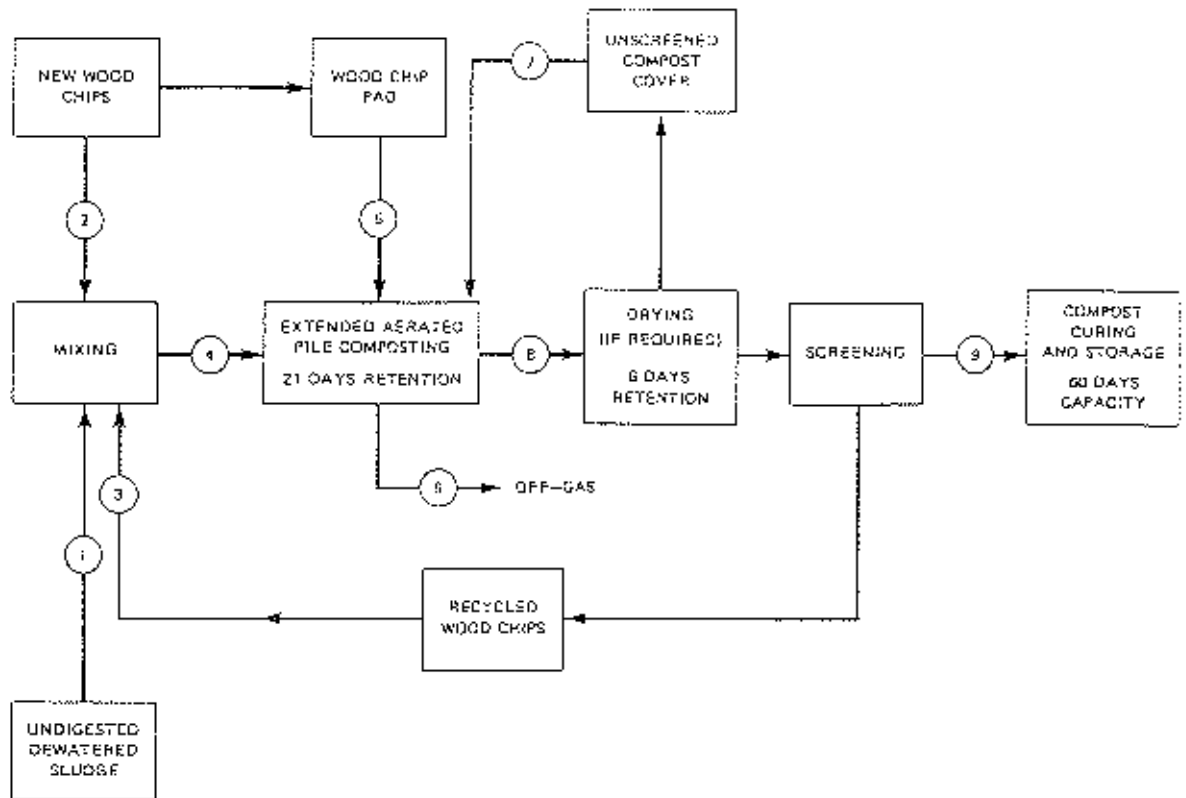
Drensvann fra komposteringsplata vil være forholdsvis sterkt forurenset og må enten føres til renseanlegg og/eller benyttes til å fukte massen i perioder hvor det er behov for dette. Arealbehovet for denne prosessen vil normalt være ca.  $0,14-0,3 \text{ m}^2/\text{pe}$  avhengig av ettermodningstiden ( $2-9$  måneder) for systemet med forsert lufting.

Arealbehovet fordeler seg eksempelvis slik /2/ :		
- Avledning slam og blanding	47	$\text{m}^2/\text{tTSxd}$
- Luftet plate (28 dager)	279	"
- Kompostlager usiktet kompost	93	"
- Tørring og sikting	186	"
- Ettermodning (60 dg.) og lager for ferdig kompost	307	"
- Lager tilsatzmiddel (treflis)	140	"
- Driftsfasiliteter	93	"
- Totalt	<u>1.145</u>	<u><math>\text{m}^2/\text{tTSxd}</math></u>

Dette er minimum arealbehov.

VEAS har et areal på ca. 1.200 m<sup>2</sup> for kompostering og 15.000 m<sup>2</sup> for ettermodning av ca. 9000 tonn slam pr. år. Med TS= 35 % tilsvarer dette ca. 139 resp. ca. 1.738 m<sup>2</sup>/tTS.d. Total behandlingstid er ca. 1 år.

Arealbehovet for konvensjonell lufting med ranker vil være noe større (ca. 0,20-0,35 m<sup>2</sup>/pe). Arealbehovet for komposteringsplata er ca. 100 % større enn systemet med forsert lufting. Prosessforløp og massebalanse for kompostering av slam fra et aktivslamanlegg kapasitet 0,44 m<sup>3</sup>/s (ca 100.000 pe) er vist i fig.1.5 /2/.



	Pkt.	Mengde	TS-innh.	TS-mengde	Spes.vekt	Vol.	Org.innh.
		(tonn)	(%)	(tonn)	(kg/m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(%)
	1	70,0	20	14,0	960	66,5	75
	2	13,1	70	9,2	300	39,8	90
	3	39,4	70	27,6	360	99,8	80
	4	122,5	41	50,8	540	206,1	80
	5	8,6	70	6,0	300	26,1	90
	6	59,7	-	10,3	-	-	-
	7	18,6	65	12,0	435	39,1	65
	8	90,0	65	58,5	435	188,7	65
	9	32,0	60	18,9	585	49,1	45

Fig.1.5 Prosesdiagram kompostering på luftet plate.

I fig.1.6 er et eksempel på design av et slikt anlegg vist i prinsipp /2/.

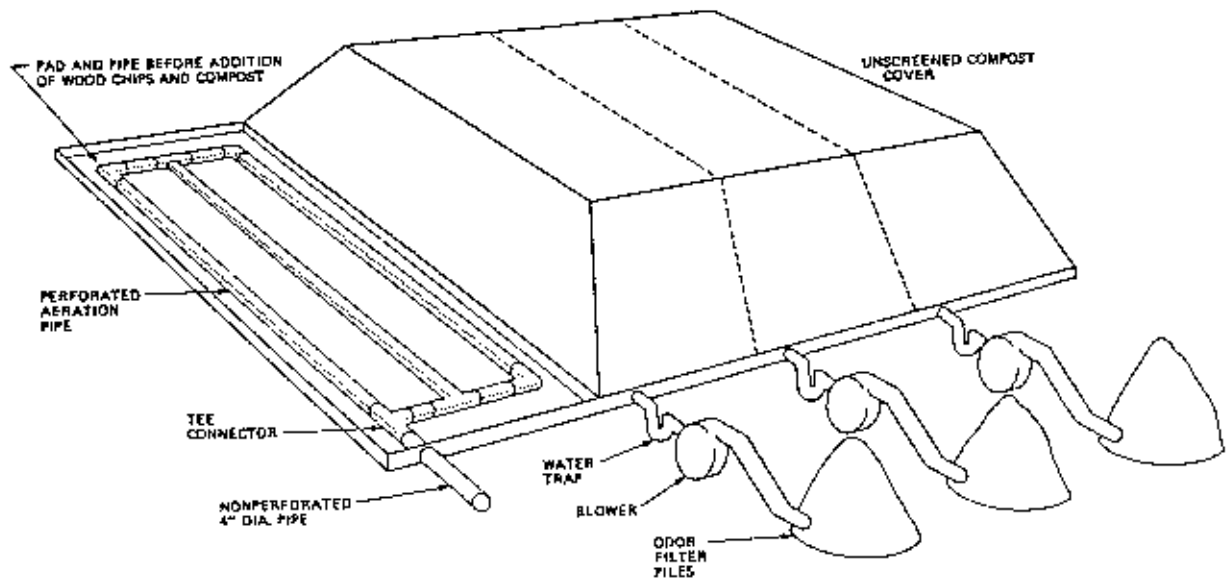


Fig.1.6 Prinsipputforming av luftet plate.

Luftingen av massen styres normalt av et tidsprogram basert på erfaringer ved driften av anlegget. Faktorer som danner basis for styringen er:

- Kombinasjon blås/sug
- Årstid / klimatiske forhold
- Hvor langt prosessen har kommet
- Temperaturutviklingen i massen
- Oksygeninnhold

Erfaringsmessig er temperaturen den beste måleparameteren for styring av prosessen. Ved denne prosessen er det ofte komplisert, uhensiktsmessig og kostbart å styre luftingen etter temperatur eller andre parametre. Målingene gjøres derfor ofte manuelt (se avsn. 1.2.3).

### 1.2.5 Reaktor

Ved reaktorkompostering foregår første del av prosessen i en lukket beholder med behandlingstider på maksimalt ca. 14 dager. Det finnes ulike typer reaktorer på markedet. Disse kan inndeles i 2 hovedgrupper /6/ :

- Stempelstrømningsreaktorer
- Totalomblandingsreaktorer

Førstnevnte kategori er vanligvis utformet med vertikal reaktor hvor innmating av masse skjer på toppen og utmating skjer i bunn. Luft blåses vanligvis inn i bunnen. I denne kategorien inngår bl.a ABV, BAV, Roediger m.fl.

Totalomblandingsreaktorene er normalt liggende tromler eller rektangulære kar. Innmating skjer i den ene enden og utmating i den andre enden. Luft tilføres enten i innmatingssenden (trommeltypen) eller i bunn gjennom en luftet plate (rektangulær type).

Av trommelreaktorer nevnes bl.a Dano, Bühler, HKS, Kvantor og Vaa (Norsk: Under utvikling). Av rektangulære reaktorer nevnes bl.a INKA, Metro-Waste (USA) og Dansk Bioteknik (containersystem).

Eksempel på en reaktortype er vist i fig.1.7.

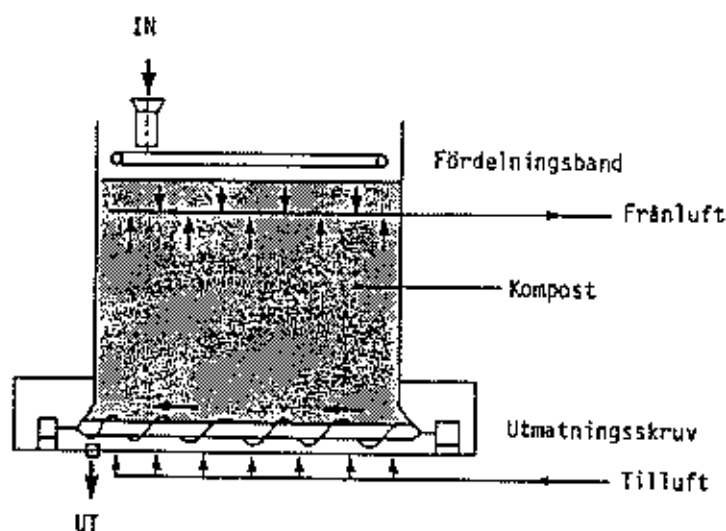


Fig.1.7 ABV/Purac (4.generasjon)

Som tidligere nevnt kreves det også ved disse prosessene ettermodning av komposten. Arealbehovet vil derfor bare reduseres for 1. prosesstrinn sett i forhold til forannevnte prosesser.

Arealbehovet anslås til ca.  $0,1-0,3 \text{ m}^2 / \text{pe}$  avhengig av ettermodningstiden. Ved reaktorkompostering er det mulig å regulere lufttilførsel, fuktighet, oppholdstid og blandingsforhold slam/tilsatsmiddel på en kontrollert måte. Videre reduseres varmetapet pga at reaktorene normalt er isolerte.

Erfaringsmessig gir styring av lufttilførselen basert på temperatur best resultat i stempelstrømningsreaktorer /1/ fordi:

- Måleteknikken er enkel og pålitelig
- En oppnår informasjon om flere måleparametre inne i reaktoren.

### 1.2.6 Utbredelse

I Norge er kompostering i fullskaladrift bl.a på følgende anlegg ( kap. >10.000 pe) :

#### Frilandskompostering

- Lindum , Drammen
- Korsvikfjorden , Kristiansand
- Mjøndalen , N.Eiker
- Monserud , Ringerike
- Hestvold , Råde

#### Luftet plate

- Isi (VEAS) , Bærum
- Midtre Namdal , Overhalla
- Rådalen , Bergen

#### Reaktorer

- BAV-reaktoren på Bekkelaget ble nedlagt i 1986 etter 5 års drift.

I tillegg til disse drives det forsøksdrift med kompostering en del steder bl.a på Kongsberg hvor en ny reaktor fra Vaa Biomiljø benytter slam fra Sellikdalen Ra.

#### Sverige

I Sverige har man hatt flere reaktorer i drift siden 1975.

I VAV P61 /1/ er disse nevnt.

Tabell 1.5 Komposteringsreaktorer i Sverige /1/.

Anlegg	Type	Byggeår	Volum (m <sup>3</sup> )	Tilsats middel
Fagersta <sup>1)</sup>	BAV	1975	500	Sagflis
Hofors <sup>1)</sup>	"	"	300	"
Avesta	INKA	1977	600	Bark
Landskrona <sup>2)</sup>	ABV	1978	2000	Avfall
Leksand	"	1980	400	Sagflis
Eskilstuna <sup>2)</sup>	INKA	"	4000	Avfall

Anm.

1) Ombygget

2) Satt ut av drift

Danmark

I Danmark foregår det for tiden fullskalaforsøk flere steder. Dansk Bioteknik utprøver bl.a et containersystem i Dragør (utenfor København). Tilsatsmiddel er treflis/hageavfall.

Andre land

Store komposteringsanlegg er vanlig i USA. Fra 2 kilder /2,7,8/ listes en del anlegg opp i tabell 1.6 nedenfor.

Tabell 1.6 Komposteringsanlegg i USA.

Anlegg	Type	Kapasitet (tonn TS/d)	Tilsatsmiddel
JWPCP, Calif.	Friland	70	Sagflis, komp. halm, (ris)
Beltsville, Maryl.	Luftet pl.	14	Treflis
Bangor, Maine	"	2	Bark
Durham, N.Hamp.	"	3	Treflis
Philadelphia, Penn.	"	150	"

## 1.3 SLAMKVALITET

### 1.3.1 Generelt

Slamkvalitetsbegrepet omfattes av følgende egenskaper:

- Helsemessige
- Miljømessige
- Bruksmessige

Hvilke slamkvalitetskrav som skal stilles vil avhenge av:

- Disponering
- Myndighetenes krav
- Nærmiljøbelastning
- Arbeidsmiljøbelastning

Disponeringen av slam i Norge er regulert av SFT's "Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam"/6/ og diverse lover og forskrifter bl.a.

- Sunnhetsloven m/forskrifter om
  - . oppbevaring av avfall og om renovasjon
  - . hygieniske forhold i hytteområder o.l.
  - . drikkevann m.m. og vannforsyningsanlegg
- Arbeidsmiljøloven
- Plantesjukdomsloven m/forskrifter om
  - . rådgjerder mot potetcystenematoder
- Forurensningsloven
- Granneloven

Godkjenningsinstans for all slamhåndtering er i dag tillagt helserådene i kommunene eventuelt sektorstyre for helse/sosial der hvor disse ivaretar helserådsfunksjonen.

Retningslinjene /6/ er for tiden under revisjon. I tillegg vil det bli utarbeidet landsdekkende forskrifter av Helsedirektoratet med hjemmel i lovverket.

Myndighetenes krav til helsemessig tilfredsstillende slamkvalitet med hensyn til tungmetaller fremgår av tabell 1.7. Antatt nye krav er satt i parentes.

Tabell 1.7. Myndighetenes slamkvalitetskrav /6/

Parameter	Grenseverdi (mg/kg TS)
- Kadmium (Cd)	10 ( 4 )
- Bly (Pb)	300 (200 )
- Kvikksølv (Hg)	7 ( 5 )
- Nikkel (Ni)	100 ( - )
- Sink (Zn)	3000 (1500)
- Kobber (Cu)	1500 ( 600)
- Krom (Cr)	200 ( 150)
- Mangan (Mn)	500 ( - )
- Kobolt (Co)	20 ( - )

Disse grenseverdiene er knyttet opp til en maksimal tillatt slammengde regnet som slamtørrstoff pr. arealenhet over et gitt tidsrom. Disse grensene fremgår av tabell 1.8. Antatt nye grenser er satt i parentes.

Tabell 1.8. Anbefalt spredningsmengde slam /6/.

Type areal	Tillatt mengde (tonn TS/da)	Tidsrom (år)
Jordbruk	1,0	5 (10)
"	2,0	10 (20)
"	5,0 (4,0) 3)	
Parker/grøntanlegg	Som jordbruk 1)	
Toppdekke avfallsfylling	2)	
Skog	5,0 3)	
Hagebruksvekster	Som jordbruk	
Villahager	Ingen	

Anm.

- 1) Bør ikke benyttes på grøntarealer som kan bli benyttet til dyrking av matnyttige vekster. Maks. tykkelse slamlag 10 cm
- 2) Krav som jordbruk dersom arealene skal nyttes til produksjon av jord- eller hagebruksvekster. Maks. tykkelse slamlag 20-50 cm
- 3) Engangsdosering ved bakkeplanering/nydyrking

Videre inneholder også retningslinjene krav til behandling før anvendelse. Det vises forøvrig til retningslinjene /6/.

Vi vil imidlertid nevne følgende anvendelsesmuligheter for kompostert slam:

- Kan benyttes uten spesielle restriksjoner av mikrobiologisk og parasittologisk art på jordbruksarealer, skogsarealer og toppdekke fylling.
- Kan benyttes til parker/grøntanlegg/hagebruk forutsatt fullstendig kompostering.

Kravet til komposteringsprosessen i de tyske retningslinjene /12/ for å oppnå tilfredsstillende hygienisering er:

Friland, luftet plate

Behandlingstid minst 3 uker v/temperatur 55°C  
Lufting v/vending eller tvangslufting

Reaktor

Behandlingstid minst 10 dager v/temperatur 55°C  
hvorav temperaturen skal være 65°C i minst 2 dager

### 1.3.2 Friland

#### Hygiene

Undersøkelser i USA /2/ viser at innholdet av salmonella og totale koliforme bakterier reduseres raskt de første 10 dagene av komposteringen. Fig.1.7 viser sammenhengen mellom innholdet av patogener, temperatur og behandlingstid ved JWPCP, LA. /2/.

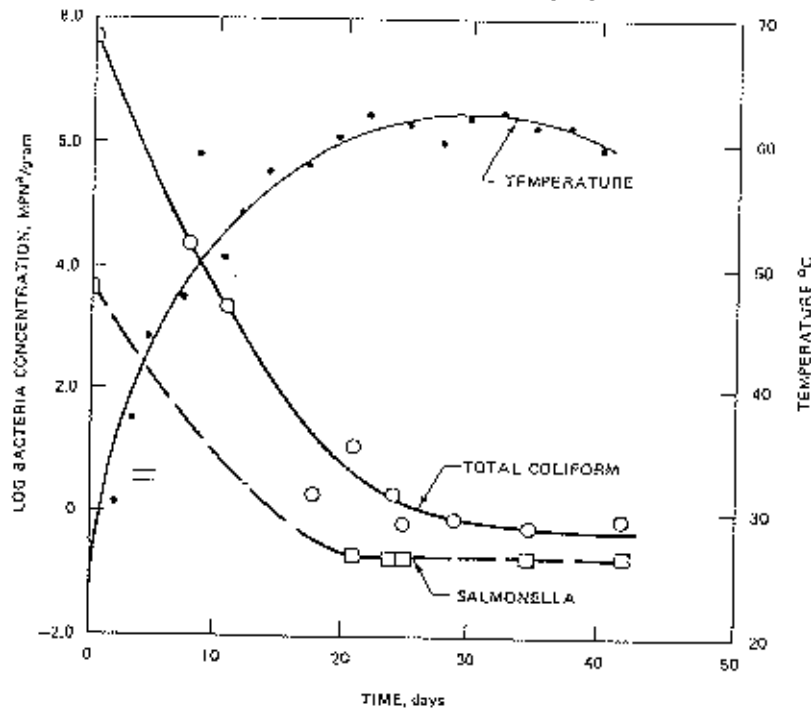


Fig.1.8 Frilandskompostering. Reduksjon av patogener.

Ved behandlingstider på 28 døgn vil innholdet av patogener være mindre enn 1 stk pr. gram slam. Det må imidlertid påpekes at disse resultatene er basert på:

- a. Bruk av tilsatzmiddel
- b. Hyppig vending
- c. God driftsoppfølging
- d. " driftskontroll

Tidligere norsk praksis har ikke ivaretatt disse punktene fullt ut. Dette betyr at driften må korrigeres for å oppnå ønsket resultat hva hygiene angår. Analyser ved norske anlegg viser imidlertid stort sett gode resultater der hvor oppfølgingen er god.

På Lindum viser analysene at innholdet av termostabile E-coli, salmonella og fekale streptokokker er tilnærmet null /10/. Dette gjelder imidlertid også før kompostering. Kalkfellingen er årsaken til dette. Innholdet av sulfitreduserende clostrider (spordannende bakterier) varierte mellom < 1 og 30 stk pr. gram.

Når det gjelder potetål (potetcystenematoder) så vil smittefaren være eliminert når temperaturen holdes høyere enn 38°C i over 1 døgn. Faren for smitte vil således være minimal ved kompostering. Ved temperaturer over 50-55°C vil ugrasfrø bli eliminert tilnærmet 100 %

#### Bruksmessige forhold

Ved bruk på grøntarealer/hagebruk etc må den ferdige komposten siktes/soldes før anvendelse når en benytter visse typer tilsatzmidler. Dette gjelder spesielt bark, treflis, avfall og gummibiter som brytes ned i liten grad. Et godt kompostert slam vil etter ettermodning ha en jordaktig struktur med liten lukt. Dette er det svært viktig å oppfylle fordi en generelt ønsker å selge komposten for å dekke inn deler av den relativt kostbare behandlingen.

Ferdig kompost har normalt et tørrstoffinnhold høyere enn 40%. Den har således gode bruksegenskaper når det gjelder spredning og blanding med andre materialer f.eks. matjord, leire, sand osv.

### 1.3.3 Luftet plate

#### Hygiene

Prosesser med kontrollert lufting av slammet gir bedre kontroll med sluttproduktets hygieniske egenskaper. Undersøkelser i USA /2/ viser at slammet allerede etter 10 dager har nådd det samme nivået som frilandskompostert slam etter 28 dager. Fig.1.9 viser sammenhengen mellom innholdet av patogener, temperatur og behandlingstid.

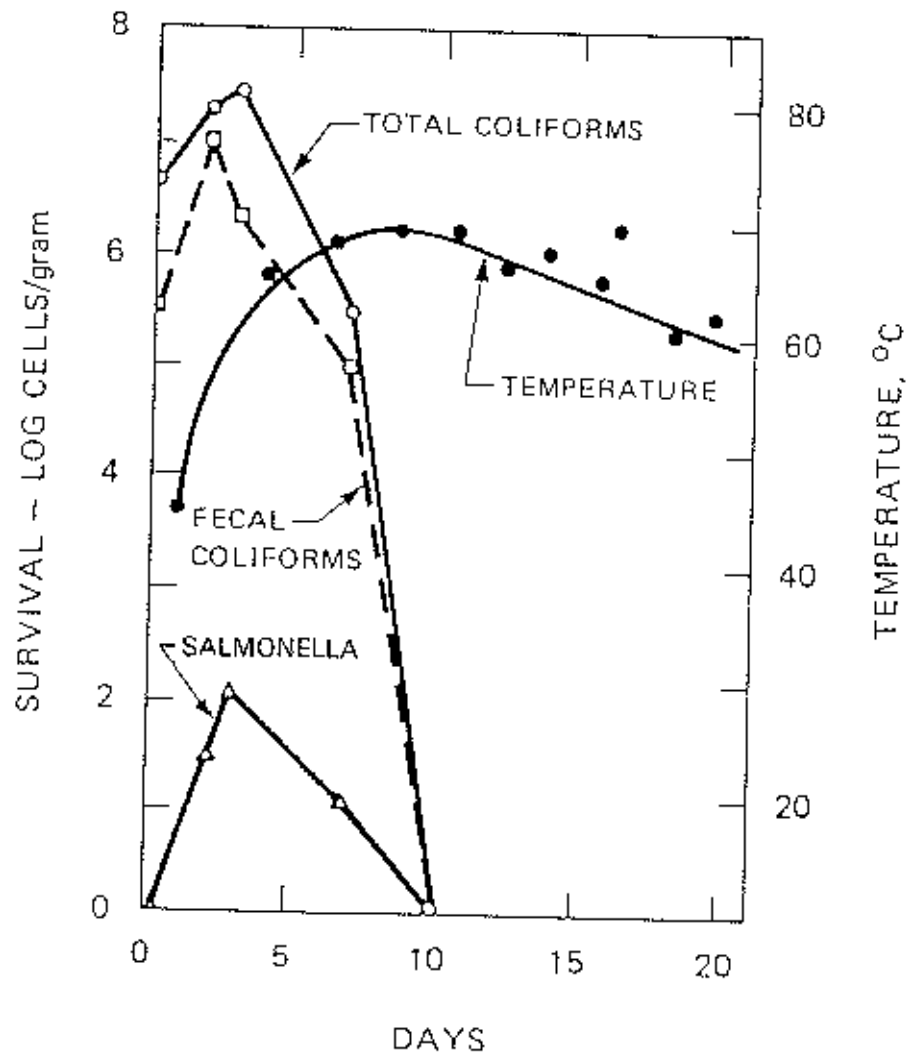


Fig.1.9. Kompostering lufttet plate. Reduksjon patogener

Virus ble i samme undersøkelse funnet i svært lavt antall etter 30 døgns behandlingstid. Samme kilde opplyser at ettermodning i minst 30 døgn vil medføre en fullstendig eller nesten fullstendig eliminering av virus.

Studier har vist at kompostering med kontrollert lufting stort sett er upåvirket av lav omgivelses-temperatur eller regnvær forutsatt at visse tiltak iverksettes. Dette gjør prosessen(e) velegnet i strøk med vanskelige klimatiske forhold. Det er imidlertid vesentlig at prosessen kommer igang under slike forhold. Luktkontroll er en viktig fordel med denne prosessen.

Ved å suge luft gjennom komposten og blåse luften gjennom et kompostfilter bygget opp av ferdig kompost har en oppnådd svært gode resultater vedrørende luktfjerning.

Resultater fra norske anlegg bekrefter resultatene fra USA. Noen inngående studier av komposten over tid slik det ble gjort i USA er imidlertid ikke utført i Norge.

#### Bruksmessige forhold

Det vises til avsn. 1.3.2.

### 1.3.4 Reaktor

#### Hygiene

I likhet med kompostering på luftet plate kan en også ved reaktorkompostering oppnå rask og ofte også raskere reduksjon av patogener.

Et viktig punkt er her at reaktorene er bygget slik at kortslutningsstrømmer unngås. På BAV-anlegget i Oslo viste det seg at massen nær sentrum av reaktoren passerte gjennom reaktoren på ca 1 døgn /6/.

Ettermodning av komposten med tilstrekkelig høy temperatur og oppholdstid vil være "sikkerhetsventilen" i slike situasjoner.

#### Bruksmessige forhold

Det vises til avsn. 1.3.2.

## 1.4 TEKNISK UTFORMING

### 1.4.1 Generelt

Den tekniske utformingen av ulike komposteringsprosesser er beskrevet i etterfølgende avsnitt. Enkelte anleggsdeler er like i de forskjellige prosessene og er derfor beskrevet uavhengig av prosessene. Det gjelder bl.a

- Ettermodningsareal
- Lager for ferdig kompost
- " " tilsatsmiddel
- Sikteanlegg
- SRO-anlegg (styring, regulering, overvåking)

Når det gjelder detaljer så vises det til EPA-retningslinjene /2/ (frilandskompostering, luftet plate) og VAV P61 /1/ (reaktorkompostering).

### 1.4.2 Dimensjonering

Dimensjonering av komposteringsanlegg avhenger bl.a av:

- Slamkvalitet (TS, FSS, pH, type)
- Isolering
- Værforhold
- Tilsatsmiddel (type, tilgjengelighet, resirkulering)

Dimensjoneringseksempler fra EPA-retningslinjene er gjengitt nedenfor /2/.

Frilandskompostering

Kapasitet: 10 tonn TS/d (ca. 100.000 pe aktivslamanlegg)  
 50 m<sup>3</sup>/d (TS = 20 %)

## Forutsetninger:

- a. Reduksjon vanninnhold og totalvekt kompost 40 - 50 %  
 b. " organisk stoff 20 - 40 %  
 c. " tetthet pga evaporasjon 15 - 25 %  
 d. Prosessvariabler i flg fig.1.10.

$$\begin{array}{llll} S_C = 0,2 & S_R = 0,70 & S_A = 0,90 & S_M = 0,40 \\ V_C = 0,50 & V_R = 0,35 & V_A = 0,90 & V_M = 0,50 \\ K_C = 0,45 & K_R = 0,15 & K_A = 0,50 & \end{array}$$

- e. Dersom blandingen har et høyere forholdstall W (se avsn. 1.2.2) enn 10 tilsettes tilsatzmiddel for å redusere W.  
 f. Driftstid 7 dager pr. uke.

Resirkulert kompost beregnes på følgende måte:

$$X_R = X_C \times \frac{(S_M - S_C)}{(S_R - S_M)} = 33,3 \text{ tonn slam pr. døgn}$$

Dette betyr at dersom fuktighetsinnholdet i blandingen på 40 % skal oppnås så må 0,67 tonn ferdig kompost blandes med 1 tonn råslam. Forholdstallet W kontrolleres på følgende måte:

$$W = \frac{X_R (1 - S_C) + X_R (1 - S_R)}{X_C S_C V_C K_C + X_R S_R V_R K_R} = 14,4$$

dvs. for høyt. Heving av resirkuleringen av ferdig kompost til 100 % vil bare redusere W til 13,5 fordi andelen av nedbrytbart materiale ikke øker vesentlig i blandingen.

Tilsetning av 1,0 tonn tilsatzmiddel pr. 10 tonn slam vil redusere resirkulert mengde til:

$$X_R = \frac{X_C (S_M - S_C) + X_A (S_M - S_A)}{(S_2 - S_M)} = 23 \text{ tonn/døgn}$$

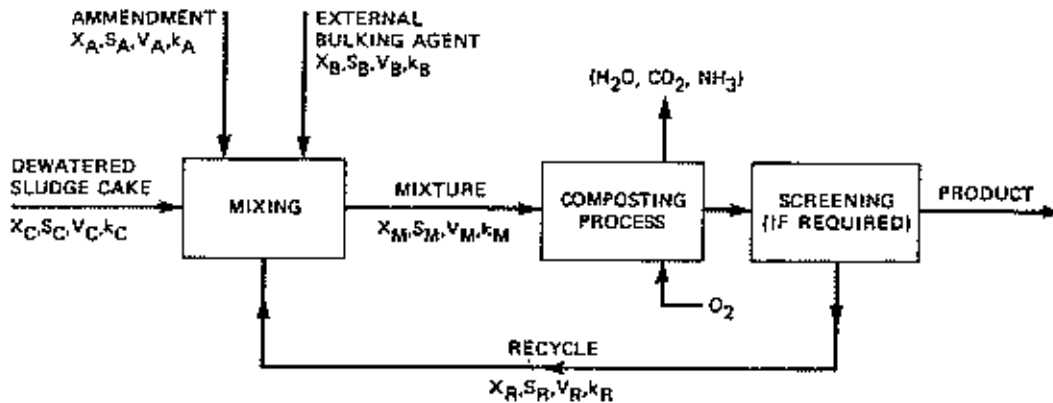
Forholdstallet W reduseres til:

$$W = \frac{X_C (1 - S_C) + X_R (1 - S_R) + X_A (1 - S_A)}{X_C \times S_C \times V_C \times K_C + X_R \times S_R \times V_R \times K_R \times X_R + X_A \times S_A \times V_A \times K_A} = 9,2$$

dvs at blandingen er i orden.

Blandingen vil dekke en ranke med størrelse

- Bredde = 4,6 m
  - Høyde = 2,0 "
  - Lengde = 20,0 "
- pr. dag.



Note: RECYCLE is defined as finished compost for the windrow and mechanical systems and as recycled wood chips for the aerated pile system.

The exact value for these parameters must be determined from samples of the sludge, external bulking agent, amendment, and estimated for the recycle values unless otherwise known.

Process Variables and Range of Average Values (in Parenthesis)

$X_C$ = Total wet weight of sludge cake produced/day.	$V_R$ = Volatile solids content of recycle, fraction of dry solids (0.00 to 0.90).
$X_A$ = Total wet weight of amendment/day.	$V_B$ = Volatile solids content of external bulking agent, fraction of dry solids (0.55 to 0.90).
$X_R$ = Total wet weight of recycle/day.	$V_M$ = Volatile solids content of mixture, fraction of dry solids (0.40 to 0.80).
$X_B$ = Total wet weight of external bulking agent/day.	$k_C$ = Fraction of sludge cake volatile solids degradable under composting conditions (0.33 to 0.56).
$X_M$ = Total wet weight of mixture/day.	$k_A$ = Fraction of amendment volatile solids degradable under composting conditions (0.40 to 0.60).
$S_C$ = Fractional solids content of sludge cake (0.20 to 0.55).	$k_R$ = Fraction of recycle volatile solids degradable under composting conditions (0.00 to 0.20).
$S_A$ = Fractional solids content of amendment (0.50 to 0.95).	$k_B$ = Fraction of external bulking agent volatile solids degradable under composting conditions (0.00 to 0.40).
$S_R$ = Fractional solids content of recycle (0.60 to 0.75).	$k_M$ = Fraction of mixture volatile solids degradable under composting conditions (0.20 to 0.60).
$S_B$ = Fractional solids content of external bulking agent (0.50 to 0.95).	
$S_M$ = Fractional solids content of mixture (0.40 to 0.50).	
$V_C$ = Volatile solids content of sludge cake, fraction of dry solids (0.40 to 0.60) - Digested; (0.60 to 0.80) - Raw.	
$V_A$ = Volatile solids content of amendment, fraction of dry solids (0.80 to 0.95).	

Fig.1.10. Massebalansediagram kompostering /2/.

Restvolum etter 6 ukers (42 dager) vending er ca. 65 % av opprinnelig volum.

I kontinuerlig drift vil det være behov for 11 ranker hver 76 m lang.

Vending av rankene må skje 2 ganger pr. dag de første 5 dagene og deretter ofte nok til å opprettholde oksygennivå og temperatur. Dette avhenger av værforholdene. Et eventuelt areal for tørking av ferdig kompost dimensjoneres for 6 døgns oppholdstid.

Ettermodningsareal og lagerareal dimensjoneres for 60 døgns kapasitet.

#### Luftet plate

Kapasitet : Som foregående eksempel

Forutsetninger:

- a. Tilsetting av treflis. Forhold 2:1 (tonn slam)
- b. 75 % av flisen kan gjenvinnes
- c. Driftstid 5 dager pr. uke
- d. Reduksjon vanninnhold og totalvekt kompost 30 - 40 %
- e. " organisk stoff 10 - 15 %
- f. " tetthet pga evaporasjon 15 - 20 %
- g. Prosessløsning : Forsert lufting
- h. Romvekter (kg/m<sup>3</sup>)

- Avvannet slam	960
- Ny treflis	300
- Resirkulert treflis	360
- Siktet kompost	519
- Usiktet "	600

i. Prosessvariabler flg. fig. 1.10

$$S_c = 0,20 S_B = 0,70 \quad S_R = 0,70$$

$$V_c = 0,75 V_B = 0,90 \quad V_R = 0,80$$

$$K_c = 0,45 K_B = 0,10 \quad K_R = 0,10$$

Resultatene av beregningene fremgår av massebalansen i fig.1.5.

Arealbehovet fremgår av oppstillingen i tabell 1.9 nedenfor

Tabell 1.9 Arealbehov komposteringsanlegg

Funksjon	Arealbehov (m <sup>2</sup> )
- Losseplass, blandingstasjon	465
- Komposteringsplate (28 døgn)	2.792
- Lager usiktet kompost	931
- Tørring, sikting	1.862
- Ettermodning, lagring (60 døgn)	3.071
- Flislagar	1.396
Sum prosessareal	10.517
- Servicebygg, maskinrom, verksted	372
- Parkering	465
- Diverse lager	93
Sum betjeningsareal	930
Totalt arealbehov	11.447

#### Reaktorkompostering

Ved dimensjonering av komposteringsreaktorer burde 15 døgn oppholdstid i reaktoren være et rimelig sikkert tall å ta utgangspunkt i.

### 1.4.3 Komposteringsareal

#### Frilandskompostering

Komposteringsarealet bør asfalteres og legges med fall ca. 1:50 mot en oppsamlingsrenne for dreinsvann.

En slik utforming er viktig for å holde kontroll med avrenning og å unngå skader på vendemaskiner.

(pukk/stein gir mye skader)

Dreinsvannet samles til et sentralt oppsamlingspunkt hvorfra det enten tilføres renseanlegg eller benyttes til fukting av komposten.

#### Luftet plate

Utforming av komposteringsplaten kan gjøres på mange måter. Uansett er det imidlertid viktig at man konstruerer et kanalsystem under hensyntagen til:

- Luftfordeling
- Sigevannsoppsamling
- Vedlikehold

Erfaringene fra M. Namdal tyder på at den løsningen som der er valgt er god. Kanalene er oppbygget med 2 omvendte, U-formede stålprofiler hvor det minste ligger "opp/ned" i det andre. Lufta passerer mellom profilene ved at det er klaring mellom disse på begge sider. Forutsetningen er at et barklag legges ut først (20-30 cm tykt).

På Isi har man problemer med gjengroing av hullene i betonghellene. Man er ikke fornøyd med denne utformingen.

### 1.4.4 Luftesystem

Rør og vifter må være av korrosjonsbestandig materiale. (PVC, GUP m.fl).

Kondensvann må tappes av automatisk i rørenes lavpunkter f.eks. via en vannlås. Luftesystemet må deles opp slik en kan lufte seksjoner eller ranker hver for seg. Luftbehovet vil variere under komposteringsforløpet og det er derfor nødvendig med denne oppdelingen.

#### 1.4.5 Reaktorsystem

Følgende punkter må vektlegges ved reaktorsystem:

- Slitasje maskinkomponenter
- Korrosjon "
- Vedlikehold/servicevennlighet
- Blandeverkenes effektivitet
- Fuktfordeling i reaktor
- Kondensvannsoppsamling
- Luktspredningskontroll
- Kortslutningsstrømmer
- Fordeling av kompost i reaktoren
- Gjentetting av luftesystem

Nærmere detaljer om driftsproblemer og hvilke modifiseringer som er utført på reaktorer i Sverige er gjengitt i VAV P61 /1/.

#### 1.4.6 Øvrige anleggsdeler

##### Ettermodning

Ettermodningsareal kan utføres uten fast dekke pga mindre avrenning. Av hensyn til håndteringen (vending og lasting) hvor mye stein osv kan blandes i massen så bør allikevel dette arealet også asfalteres. Med spesialbygde vendemaskiner bør dette være en selvsagt løsning.

### Lager

Lager for ferdig kompost plasseres sammen med ettermodningsarealet og siktestasjon.

Utforming bør være som for ettermodningsarealet. Lager for tilsatsmiddel bør utformes som betongbunkere med tak for å hindre oppbløting ved regnvær.

### Sikteanlegg

Sikting kan utføres både med roterende og vibrerende sikter. Sikting av regnvåt kompost vil gi problemer og bør derfor foretas etter opptørking på tørrværsdager. Kapasiteten på sikteanleggene bør derfor være stor slik at en kan behandle ferdig kompost etter en lengre regnværperiode uten å skape en flaskehals.

### 1.4.7 SRO-anlegg

Styrings-, regulerings- og overvåkningssystem for reaktorsystem er inngående beskrevet i VAV P61 /1/. Det henvises derfor til denne for nærmere informasjon.

## 1.5 KOSTNADER

### 1.5.1 Generelt

Når det gjelder komposteringsanlegg så vil stedelige forhold som tomtepriser, klima etc. spille en stor rolle både for investerings- og driftskostnadene. Mengde, type og pris på tilsatsmiddel spiller også en stor rolle. Kostnader er derfor ikke detaljberegnet men stipulert ut i fra opplysninger i litteratur både i inn- og utland samt opplysninger innhentet i forbindelse med gruppens arbeid.

Kostnadsestimatene er utført for følgende anleggsstørrelser:

- 20.000 pe (alt.I)
- 70.000 " ( " .II)
- 300.000 " ( " .III)

og følgende prosesser

- Frilandskompostering (A)
- Luftet plate (B)
- Reaktorkompostering (C)

Beregningene er basert på følgende slammengder.

	Alternativ		
	I	II	III
- Tørrstoff (tonn/d)	2,4	8,4	36,0
- Volum (m3/d)	12	42	180

Følgende anleggsstørrelser er forutsatt

	Alternativ		
	I	II	III
- Komposteringsareal (28 døgn), m <sup>2</sup>	700	2.400	10.000
- Ettermodning (60 døgn), m <sup>2</sup>	750	2.600	11.000
- Øvrige prosessareal, m <sup>2</sup>	1.250	4.000	16.000
- Serviceareal, m <sup>2</sup>	300	1.000	2.000
<b>Totalt areal</b>	<b>3.000</b>	<b>10.000</b>	<b>39.000</b>

Reaktorstørrelsene er 200, 700 og 3.000 m<sup>3</sup>.

### 1.5.2 Investeringer

Kostnadene er fremskrevet til prisnivå 1990. Det må poengteres at kostnadene må betraktes som en ren orientering om størrelsesorden på investeringene. Stedlige forhold og forutsetninger vil kunne påvirke kostnadene i vesentlig grad. Arealkostnadene er av ovennevnte årsaker ikke medregnet.

Tabell 1.10. Investeringstkostnader (estimat)

Anleggs- størrelse (pe)	Alternativ	Investeringskostnad	
		Totalsum (mill.kr)	Spesifikk (kr/pe)
20.000	I A	1,5	75
	I B	5	250
	I C	10	500
70.000	II A	5	70
	II B	15	215
	II C	30	430
300.000	III A	15	50
	III B	50	160
	III C	100	330

I NTNRF-rapport 63 (1987) /6/ er følgende anleggskostnader for noen norske anlegg angitt:

- HIAS (friland, utredn.1984, 5.8 tTS/d) 3,7 mill.kr
- VEAS (luftet plate, anlegg 1981, 8.6 tTS/d) 10,0 mill.kr
- Bekkelaget (reaktor, " 1980, 6.0 tTS/d) 13,0 mill.kr

### 1.5.3 Driftskostnader

I likhet med investeringskostnadene så er også driftskostnadene estimert med basis i litteraturopplysninger

Tabell 1.11. Driftskostnader (estimat)

Anleggs- størrelse	Alternativ	Driftskostnad		
		Totalsum	Spesifikk	
(pe)		(mill.kr)	(kr/pe)	(kr/tTS)
20.000	I A	0,5	25	570
	I B	0,8	40	900
	I C	1,3	66	1.500
70.000	II A	1,7	24	550
	II B	2,5	35	800
	II C	3,7	53	1.200
300.000	III A	5,3	18	400
	III B	7,9	26	600
	III C	11,8	39	900

I NTNRF-rapport 63 (1987) /6/ er driftskostnadene for de 3 anleggene nevnt i avsn.1.5.2 angitt til:

- HIAS (1984) 297 kr/tonn TS
- Bekkelaget (1986) 470 "

Netto driftskostnad for kompostproduksjon ved VEAS ble oppgitt til 365 kr pr. tonn slam i 1989. Tilsvarende kostnad for disponering i landbruket var 90 kr pr. tonn.

Når det gjelder salg av kompost så varierer denne prisen mye avhengig av kvalitet og marked. Fra litteraturen /4, 6, 7/ listes opp følgende:

- Ryaverket (S)	(1982)	=	125 kr/m <sup>3</sup>
- Gould (USA)	(1981)	=	65 "
- VEAS (N)	(1990)	=	130-140 "
- Bekkelaget (N)	(1986)	=	100 "
- Philadelphia (USA)	(1989)	=	70-190 "

## 1.6 DRIFTSERFARINGER

### 1.6.1 Generelt

Hovedmålsetningene når det gjelder kompostering av slam sett fra anleggseiernes side er å:

- Stabilisere slammet
- Hygienisere "
- Bedre slamstrukturen

Resultatet av disse målsettingene er at slamdisponeringen blir mer fleksibel fordi komposten stort sett kan benyttes på alle typer arealer.

Driftserfaringene er hentet fra anlegg i Norge og utlandet. Driftserfaringene fra anlegg i Norge er forholdsvis lite dokumentert slik at det har vært nødvendig å vise til utenlandske erfaringer. Dette gjelder spesielt erfaringer vedrørende hygieniske forhold. Når det gjelder sistnevnte er dette spesielt omtalt i kap.1.3.

### 1.6.2 Friland

#### Norge

Frilandskompostering i Norge ble drevet i forholdsvis stor utstrekning på slutten av 70-tallet og begynnelsen av 80-tallet. Driften var forsøkspreget og dokumentasjonen som foreligger er mangelfull i forhold til de krav som bør og må stilles til prosessen. Det vises derfor bare til NTNf-rapport 63 (1987) /6/ når det gjelder resultater fra disse anleggene.

Slam fra Muusøya Renseanlegg i Drammen er frilandskompostert fra 1989. Anlegget drives med kalkfelling.

Erfaringene fra dette anlegget fra forsøk i 1989 kan oppsummeres slik /10/:

- Slam blandet med sagflis eller bark i forhold 1:1 komposterer villig.
- Temperaturen har i den gunstigste periode vært 50-65°C (maks. 86°C)
- Jordaktig struktur på komposten
- Ingen ubehagelig lukt ved vending
- Slam uten tilsats komposterte antageligvis ikke pga. for tett struktur. I en av disse haugene som ikke ble vendt var det noe luktutvikling etter 4 måneder.
- Tørrstoffinnholdet har øket fra 25 til ca. 50% TS i løpet av 5 måneder.
- Betydelig vekt- og volumreduksjon (50%)
- Hygieniske forhold er bra både når det gjelder råslam og kompost.
- Temperaturen har gitt et hygienisk betryggende slam bl.a m.h.p. parasittegg.
- Komposten har vakt betydelig interesse bl.a hos bøndene.

Fig. 1.11 viser temperaturforløpet i en av de haugene hvor prosessen var vellykket.

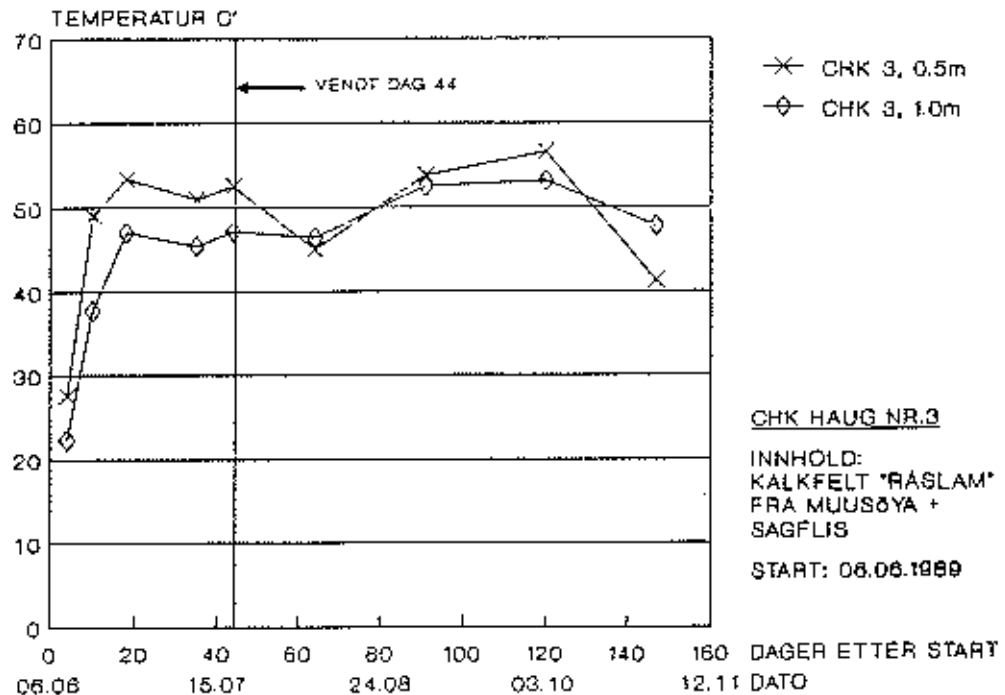


Fig.1.11. Temperaturutvikling kompostering Muusøya slam

Som det fremgår av kurvene så tar det fra 1 til 6 uker før temperaturen når opp i 50 °C. Dette skyldes minst 2 forhold:

- Slammet har høy pH (>10-11, kalkfelling)
- Vending av slammet ble ikke foretatt de første 6 ukene

Ved hyppig vending den første uka ville etter all sannsynlighet komposteringen gått raskere pga. økt oksygentilgang.

Resultatene fra mikrobiologiske analyser fra kompostert slam fremgår av tabell 1.12.

Tabell 1.12. Innhold av patogener i Muusøyakompost  
Prøvedato 30.10.89.

Forsøks- haug	Behand- lingstid (døgn)	Innhold av patogener (stk/gram)			
		E-koli	Fekale streptok.	Salmo- nella	Sulfittred. clostrider
RV - 1	190	< 0,2	< 1	0	20
RV - 3	190	"	"	"	< 1
CHK - 2	150	"	"	"	< 10
CHK - 3	150	"	"	"	< 3
CHK - 4	150	"	"	"	< 30

Råslam som ikke er felt med kalk, vil avgi svært ubehagelig og sterk luft. Både for driftspersonalet og omgivelsene så kan dette være en stor belastning.

#### USA

I USA har man mye erfaring med frilandskompostering. Her har man også de største anlegg av denne typen som finnes i verden. Man har erfaringer både med kompostering av råslam og med utrátet slam.

I EPA-manualen /2/ er det vist til erfaringer fra JWPCP, Carson, Kalifornia og Beltsville, Maryland. Sistnevnte anlegg har utviklet komposteringsprosesser kontinuerlig de siste par 10-årene og drives i dag med ulike varianter luftet plate.

JWPCP komposterer i dag ca. 70 tonn slamtørrstoff pr. dag (primærslam). Slammet er utrátet og avvannet med sentrifuger til ca. 23 % TS. Forutsetningsvis har det i utráttingsprosessen foregått en vesentlig reduksjon av organisk stoff. På tross av dette har komposteringsprosessen fungert bra.

Før kompostering tilsettes sagflis til slammet i spesialbygde lastebiler.

Lastebilene har utmating med integrert bevegelig bunn i lasteplanet. Dette forenkler utlegging av rankene.

Blanding av slam og kompost og vending av rankene utføres med spesialbygde vendemaskiner.

Blandingsforholdet slam/sagflis er ca. 1:2 (tørrstoff). Komposteringsprosessen foregår i 2 trinn.

Trinn 1 varer i 2 uker og komposten vendes 4-5 ganger pr. uke. I denne perioden skjer en rask opptørking og reduksjon av patogener under minimum luktemmisjon.

I trinn 2 blir 2 ranker fra trinn 1 lagt sammen i en større ranke. Disse rankene holder høyere temperatur over lengre perioder slik at patogenreduksjon blir størst mulig. Behandlingstiden i dette trinnet er 5-7 uker og komposten vendes 2-3 ganger pr. uke.

Hver ranke har målene 1,2 x 4,3 x 451 m (HxBxL) i trinn 1 og 1,8 x 4,4 x 451 m i trinn 2.

Komposten selges av et privat firma, Kellogg Supply Co Inc. Komposten benyttes som basisstoff i en rekke jordforbedringsprodukter. Produktene emballeres i sekk og selges i de sør-vestlige delene av USA. Produktene har vært en salgssuksess noe som har sikret avhending av all produsert kompost.

På tross av det utviklingsarbeidet som har vært drevet med frilandskompostering på dette anlegget så har en fortsatt periodevis klager fra naboer vedrørende lukt. Man har derfor begynt å utrede reaktorkompostering og pilot-skala-forsøk er igangsatt. Forsøkene omfatter også utprøving av luktreduksjonsprosesser.

På tross av luktproblemene har frilandskomposteringen slik den er drevet her vært en suksess.

Beltsville har forsøkt frilandskompostering både med utrånnet slam og råslam fra aktivslamanlegg. Driften var vellykket med utrånnet slam mens med råslam fikk en store luktulemper.

På dette anlegget har en hatt vellykkede resultater med tilsats av sagflis og treflis.

Rankene ble bygget opp ved at slammet ble lagt ut på et 38 cm tykt og 4,5 m bredt lag av tilsatsmidlet.

Blandingsforholdet var 1 del slam til 3 deler tilsatsmiddel (volum). Deretter ble slam og tilsatsmiddel blandet med en spesiell vendemaskin som mikset blandingen flere ganger.

Rankene ble vendt 5 ganger pr. uke i en 2-ukers periode. Dernest ble ranken lagt ut i et 30 cm tykt lag og harvet for ytterligere

opptørking (over 65 % TS). Ettermodning foregikk i 30 dager før komposten ble anvendt.

Ved bruk av treflis som tilsatsmiddel så tapte man 25-30 % av flis under komposteringen. Noe ble nedbrutt i prosessen og noe gikk tapt i sikteprosessen.

### 1.6.3 Luftet plate

#### Norge

I Norge benytter 3 anlegg kontrollert lufting:

- VEAS (Isi, Bærum)
- Rådalen (Bergen)
- Midtre Namdal Avfallsselskap (Overhalla)

Erfaringene fra disse anleggene frem til 1986/87 er omtalt i NTNf-rapport 63 (87) /6/. Nedenfor omtales bare nyere erfaringer ved disse anleggene.

VEAS

Anleggets kapasitet slik det drives i dag er ca. 9000 tonn slam pr. år dvs ca. 3200 tonn tørrstoff (35 %). Anlegget er delt i 9 separate lufteenheter hver på ca. 135 m<sup>2</sup>. Hver av disse kan motta 150-180 tonn slam ved hver utlegging (53-63 tonn TS).

Total luftmengde er 12.000 Nm<sup>3</sup>/h eller ca. 21-25 Nm<sup>3</sup>/h x tonn TS.

Anlegget drives i dag med liten utnyttelse av kapasiteten (3-6.000 tonn/år). Årsaken er 2-delt:

- Kalkkondisjonert slam benyttes i større omfang til jordbruk
- Naboklager

Salg av kompost har imidlertid gått bra.

Rankene legges ut i høyder på ca. 1,5 m. og dekker et areal på ca. 1,7 x 15 m. Et lag bark på 20-30 cm legges på toppen. Oppbyggingen minner nye om prosessen som i USA går under betegnelsen " extended aerated piles " (norsk: forsert lufting) hvor rankene legges sammen i sammenhengende miler/hauger.

Rett etter utleggingen ventileres slammet med svakt sug. Ved denne fremgangsmåten oppnås følgende:

- Lukt til omgivelsene unngås
- pH synker fordi CO<sub>2</sub> i luften reagerer med kalken i slammet.

Sistnevnte medfører at komposteringsprosessen kommer raskt i gang. Allerede etter 7-10 døgn nås 55 °C i sommerhalvåret og etter 10-20 døgn i vinterhalvåret.

Ved hjelp av luftmengderegulering tilstrebes det temperaturer i området 55-60 °C.

I tørre somre har det vært nødvendig å vanne komposten for å holde omsetningen oppe.

Temperaturen når sitt optimum etter 10-30 døgn avhengig av årstiden. Etter en viss nedgang i temperaturen går en over til blåsing. Blåseluften er brukt sugeluft. Omsatte ranker fungerer dermed som luktfiltre.

Etter en komposteringstid på 3 måneder legges komposten til ettermodning i ca. 9 måneder. I denne perioden vendes komposten 2-3 ganger.

Komposten siktes og behandles i et jordblandeverk hvor sand tilsettes før den er ferdig til salg.

Følgende driftsproblemer har oppstått:

- Luktspredning
- Opphoping av vann i luftekanalene
- Gjentetting av luftehull
- Vanskeligheter med å få prosessen igang (kulde)
- Opptørking

Driftsproblemene må sies å ha vært forholdsvis beskjedne. Anlegget har således fungert som forutsatt.

#### Midtre Namdal Avfallsselskap

Anlegget ble opprinnelig bygget med sikte på samkompostering av avfall og septikslam. Anlegget benyttes i dag til kompostering av septikslam tilsatt bark.

Septikslammet avvannes til ca. 18-19 % og blandes med bark i forholdet 1:1 (volum). Prosessen foregår ved at det først legges ut et barklag, 20-30 cm tykt, som dekkes med et tykt lag avvannet slam.

Deretter luftes massen før den vendes. Den luftede plate dekker et areal på ca 1.100 m<sup>2</sup> inkl. rørgalleri. Viftene er bare beregnet på blås. Blåsetid og pausetid er 8 respektive 120 min. den første uka. Temperaturen når da et maksimum på 60-70 °C, og tidene endres til 10 resp. 40 min. Blåsetiden økes deretter suksessivt til 60 min. med 40 min. pause etter 8 uker. Etter 10 uker vendes slammet, og etter 16 uker tas slammet av plate.

Deretter ettermodnes komposten i ca 1 år før bruk. Komposten anvendes av Namsos kommune på grøntarealer. Analyser på tungmetaller og patogener viser tilfredsstillende resultater.

Årlig produksjon er ca 1000 m<sup>3</sup> kompost. Erfaringene ved prosessen er overveiende positive.

#### Rådalen

Forsøk har vært drevet siden oppstarten i 1986. Det foreligger imidlertid ingen publisert dokumentasjon fra disse forsøkene.

#### USA

##### Beltsville

Anlegget komposterer 55-100 tonn slam pr. dag. Slammet er kondisjonert med kalk og jernklorid før avvanning. Komposteringsarealet (extended aerating pile) dekker et areal på 30 x 122 m. Slammet blandes med treflis i forholdet 1:2,5 (volum).

Luftesystemet består av perforerte 100 mm rør som legges ut løst på plata og dekkes med et ca. 30 cm tykt lag av treflis. Komposten legges ut i en høyde på 2,5 m. Videre dekkes den til på toppen og sidene med et ca. 30 cm tykt lag av ferdig kompost.

En ranke med 54 tonn kompost er ca. 2,5 m høy, 3,6 m bred og 23 m lang. Lufting besørgeres av en blåsemaskin med kapasitet 570 m<sup>3</sup>/h. Luften suges gjennom komposten og blåses ut i en ca. 3,8 m<sup>3</sup> stor haug med ferdig kompost som fungerer som luktfilter.

Blåsemaskinen går 8 min i hver periode på 20 min. Blåsemaskinen dekker luftbehovet til 2 ranker bestående av ca. 110 tonn slam (24 tonn TS) dvs ca. 24 Nm<sup>3</sup>/h tonn TS.

Totalt består anlegget av 10 enheter.

Komposteringen pågår i 3 uker. Deretter ettermodnes komposten i 30 dager.

Drensvann samles opp og pumpes til et skogsområde hvor det benyttes til overrisling av skogbunnen. Dette har fungert uten forurensing av grunnvannet.

Ved Beltsville-anlegget har en også forsøkt med en videreutviklet metode den såkalte "extended high pile"-metoden. Metoden består i en lagvis oppbygging av rankene til ca. 5,5 m's høyde med 3 lufferør plassert på 3 nivåer (0, 2 og 4 m over bunn). Øvre og nedre lufferør opereres med sug og den midtre med blås.

## 1.6.4 Reaktor

### Norge

#### Bekkelaget

Norges eneste reaktorkomposteringsanlegg på Bekkelaget Ra i Oslo ble nedlagt i 1986. Erfaringer fra driften er omtalt i NTNf-rapport 63 (1987) /6/.

Konklusjonen var følgende:

- Høye netto driftskostnader
- Kortslutningsstrømmer
- Slitasje maskinelt utstyr betydelig
- Korrosjon " " "
- Vanskelig å holde jevn fuktighet i reaktoren

### Vaa

For tiden pågår utvikling av en norskprodusert trommelreaktor. Reaktoren er i drift på et fullskalaanlegg med kompostering av fiskeavfall med godt resultat.

Resultater med utprøving av kommunalt slam fra Sellikdalen Ra, Kongsberg foreligger ennå ikke slik at det er for tidlig å trekke konklusjoner. Prosjektet er NTNf-finansiert.

### Sverige

Driftserfaringer fra svenske reaktoranlegg er omtalt i VAV P61 /1/.

Problemer med BAV-prosessen kan oppsummeres slik:

- Slitasje og korrosjon på maskinelt utstyr
- Vanskeligheter med å utføre service/vedlikehold
- " " materialhåndteringen
- Alt for ujevn fuktighet (gir anaerobe soner)
- Utfelling av kondens i innmatingssonen
- Kortslutningsstrømmer
- Luktspredning
- Opphoping av vann i bunnen (gjentetting av luftehull)

De fleste av disse problemene er eliminert ved videreutviklingen av prosessen.

Problemer med INKA-prosessen kan oppsummeres slik:

- Stor slitasje på blandeskruene
- Ujevn fordeling av komposten (gir skjev lufting)
- Harde kaker tetter igjen lufterørene
- Bløt eller snørik bark gir dårlig kompostering
- Bark er vanskelig tilgjengelig til akseptabel pris

Også ved disse reaktorene er visse modifikasjoner foretatt.

### Danmark

I Dragør utenfor København er det bygget et anlegg med kompostering av slam tilsatt haveavfall og treflis i lukkede containere.

Anlegget har en kapasitet på 1.700 tonn slam (20 % TS) og 1.700 tonn gren-og haveavfall pr. år.

Anlegget består av:

- Containere m/ bunnlufting 8 stk
- Lagerbeholdere mellomlagring mm. 2 stk
- Hammermølle for produksjon av flis, 1 stk
- Blandemaskin slam/flis, 1 stk

Kostnaden er 6 mill.kr (1990)

Anlegget produserer 2.800 m<sup>3</sup> kompost pr. år.

Prosessen foregår ved at slammet tilsettes 1 del flis og 1/2 del ferdig kompost. Luftingen styres av temperaturen i containeren. Oppholdstiden er 12-14 dager. Det er satt krav til at temperaturen skal være oppe i 72 °C over en 12 timers periode for å oppnå god hygienisering. Deretter ettermodnes komposten i ranker.

### 1.6.5 Fordeler og ulemper ved ulike metoder

I tabell 1.13 nedenfor er fordeler og ulemper ved forannevnte prosesser sammenstilt.

Tabell 1.13. Fordeler/ulemper ulike metoder.

Metode	Fordeler	Ulemper
Friland	Lave inv. kostnader Enkel prosess Lav vedl.holdsbehov God hygienisering (?)	Stort arealbehov Luktspredning Arbeidsmiljø Klimapåvirkning Høye driftskostnader Driftskontroll dårlig?
Luftet plate	Moderat arealbehov God luktkontroll God hygienisering God prosesskontroll (?)	Høye driftskostnader
Reaktor	Moderat arealbehov God luktkontroll God prosesskontroll God hygienisering	Store inv.kostnader Høye driftskostnader Komplisert prosess

## 1.7 UTVIKLINGSTENDENSER

### 1.7.1 Generelt

Utviklingen de siste årene vedrørende de ulike komposteringsprosessene har pågått i utlandet.

Et lyspunkt i Norge finnes imidlertid når det gjelder reaktorsystem.

Strengere krav til slamkvalitet forventes å medføre ny aktualitet for komposteringsprosesser i Norge.

### 1.7.2 Friland

Ser man på utviklingen i andre land så arbeider man med prosesser med ulike former for tilsatsmiddel. Kompostering uten tilsatsmiddel slik det har vært drevet i Norge synes ikke å være fremtidsrettet fordi behandlingstiden blir lang og arealbehovet stort. Videre vil det være vanskelig å oppnå ønsket kvalitet på komposten.

I USA har prosessen gradvis blitt forbedret. Bl.a har en utviklet en 2-trinns prosess som innebærer hurtig opptørking og hygienisering i 1. trinn og endelig hygienisering i 2. trinn. Se forøvrig avsn. 1.6.2.

### 1.7.3 Luftet plate

Utviklingen av denne prosessen synes å gå i retning av mindre arealbehov. Dette oppnås ved å legge ut komposten

i høyere ranker/hauger. (f.eks. "extended high pile"-prosessen).

Videre utvikles stadig bedre utstyr for blanding av slam/tilsatsmiddel, utleggingsutstyr, vendeutstyr og sikting av ferdig kompost.

Kostnaden for tilsatsmiddel vil ofte være høy og resirkulering av mest mulig av dette synes å være veien man går.

#### 1.7.4 Reaktor

Reaktorsystemer utviklet på 60 og 70-tallet har de siste 10 årene blitt suksessivt modifisert pga tildels omfattende driftsproblemer. Nye reaktorer er under utvikling i Norge, Danmark, og Finland.

Utviklingen synes å gå i retning av enklere reaktorer for å få ned investeringskostnadene som har vært et vesentlig ankepunkt mot reaktorkompostering.

Det er fortsatt litt tidlig å si om man lykkes i så måte.

**Referanser**

1. VAV P61/86 "Styrning av slambehandlingsprosesser". H. Holmström.
2. EPA 625/1-79-001 "Process design manual for sludge treatment and disposal".
3. Water Science & Technology Vol.15 nr. 1/83 "Composting - Engineering practices and economic analysis". E. Epstein m.fl.
4. VAV P51/82 "Slamhantering vid kommunala avloppsreningsverk". H. Holmström.
5. Public Works nr. 10/81 "A practical look at composting". M. Gould m.fl.
6. NTNF. Program for VAR-teknikk. Prosjektrapport 63/87. "Hygienisering av slam". B. Paulsrud.
7. IAWPRC. Conference Sludge Management 8.-12.1.90 "Large-scale sewage sludge composting: A case for maintaining a deversified program". W.E. Toffey.
8. IAWPRC. Conference Sludge Management 8.-12.1.90 "Sludge management and disposal practices of the county sanitation Districts of Los Angeles". C.W. Carry, J.F. Stahl, B.E. Hansen, P.L. Friess.
9. SFT-TA573/82 "Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam".
10. Miljøpakke Drammen "Kalkfelt slam som ressurs. Oppsummering av 1989-resultatene". L. Vråle

## 2. KALKBEHANDLING

### 2. Generelt

Kalkbehandling av slam har vært den mest utbredte slambehandlingsmetode i Norge. I tillegg har vi hatt og har flere renseanlegg som benytter kalk som fellings-kjemikalie.

I dette prosjektet er kalkbehandling definert som et samlebegrep for de forskjellige prosessene hvor kalk benyttes enten i vannbehandlingen eller i slambe-handlingen. Kalken er kjent for å ha en rekke gode egenskaper bl.a

- Stabiliserer kjemisk (høy pH)
- Demper lukt
- Bedrer hygieniske forhold
- Øker pH-verdien i jord
- Reduserer tungmetalloptak i planter

Kalken benyttes derfor i renseanlegg for bl.a å oppnå:

- Bedre arbeidsmiljø
- " slamkvalitet

Mange av de renseanleggene som på 70-tallet tilsatte kalk til slammet før fortykning og avvanning, har kuttet ut dette. Årsakene var bl.a:

- Støvproblemer
- Driftsproblemer (gjentetting dos.utstyr etc)
- Høye driftskostnader
- Påvirkning på fellingsprosessen (slamvannsretur med høy pH)
- Problemer med avvanning ved høy pH (over 9)

Av andre ulemper ved kalkbehandling kan nevnes:

- Ammoniakkavdrivning (arbeidsmiljøproblem)
- Tap av gjødselvirking (N-reduksjon)

Kalkbehandling er på ny aktualisert med nye krav til slamkvalitet som er bebudet fra SFT. Nye metoder som f.eks. Orsa-metoden, har også fått innpass enkelte steder.

Formålet med å benytte kalk er å oppnå god slamkvalitet både når det gjelder hygieniske og bruksmessige egenskaper (lukt, spredning, jordforbedring etc) i forhold til den endelige anvendelsen av slammet.

## 2.2 BEHANDLINGSMETODER

### 2.2.1 Generelt

Vi har i denne rapporten valgt å ta med kalkfelling som slambehandlingsmetode fordi kalken i dette tilfellet gir tilnærmet like god slamkvalitet som de øvrige metodene. Følgende metoder er behandlet:

1. Kalkfelling
2. Kalkstabilisering
3. Kalkkondisjonering
4. Orsa-metoden

Tidligere erfaringer tilsier at det bare er sistnevnte metode som gir 100% sikkerhet når det gjelder hygiene. De 3 øvrige metodene er bare regnet for å være stabiliseringsmetoder (midlertidig stabilisering) avhengig av hvor store kalkdoser som benyttes.

Nyere erfaringer i Norge tyder imidlertid på at kalkfelling gir et slam med svært gode hygieniske egenskaper. Det er således grunnlag for å revurdere enkelte av de vedtatte "sannheter". /5/.

### 2.2.2 Kalkfelling

#### Prosess

Vanligvis benyttes lesket kalk ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) i kalkfellingsanlegg. På større anlegg benyttes også ulesket kalk ( $\text{CaO}$ ) som leskes før dosering.

Kalk og sjøvann benyttes på anlegg langs kysten. En slik kombinasjon reduserer nødvendig kalkdose vesentlig. Kalken doseres i oppløst form som slurry med konsentrasjon 5-10%.

Erfaringer i fullskaladrift har vist at doseringsmengden kan reduseres betydelig ved å senke slurrykonsentrasjonen. Imidlertid vil det være en praktisk grense nedad både fordi slurrymengden blir betydelig (økt hydraulisk belastning) og vannbehovet stort (kostbart).

Man har også erfaringer med at doseringsmengden kan reduseres betydelig ved å resirkulere rensset avløpsvann.

Erfaringer fra Muusøya Ra i Drammen tilsier at kalkdosen kan reduseres til ca. 200-250 g/m<sup>3</sup> (Ca(OH)<sub>2</sub>) ved å iverksette ovennevnte tiltak.

Doser i denne størrelsesorden gir pH-verdier i råslammet på 10-11 ./5/.

Et annet viktig moment ved kalkfelling er valg av rett doseringspunkt. God utnyttelse av kalken betinger god innblanding. Erfaringer tyder på at kalken bør tilsettes så tidlig som mulig i prosessen f.eks. på innløp foran sandfang.

Videre er det viktig med rett omrøringsintensitet i flokkuleringsbassengene. Ved kalkfelling bør omrøringsintensiteten være vesentlig høyere enn ved andre fellingskjemikalier. På denne måten reduseres også problemet med sedimentering av kalken i flokkuleringsbassengene.

Doseringsmengden styres med basis i innkommende vannmengde og overstyring på pH eller ledningsevne. En aktuell prosessløsning er vist i fig.2.1

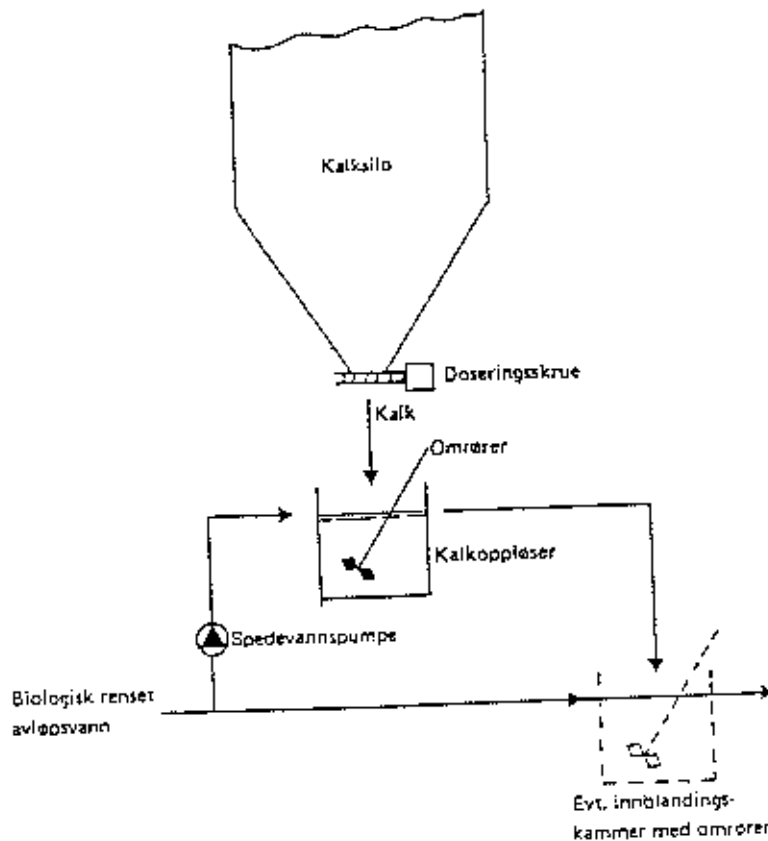


Fig. 2.1 Kalkfelling

### 2.2.3 Kalkstabilisering

Kalkstabilisering er benevnelsen på en prosess hvor kalken tilsettes råslammet før fortykking med sikte på å oppnå en tidsbegrenset stabilisering av slammet ved høy pH (>11,0) etter lagring i minst 14 dager ved 20 °C. Kalken tørrdoserer eller våtdoserer (slurry). Sistnevnte er mest vanlig og gir best utnyttelse av kalken. I tillegg er det enklere å unngå støvproblemer og gjentetting. Sistnevnte prosessløsning er vist i fig.2.2.

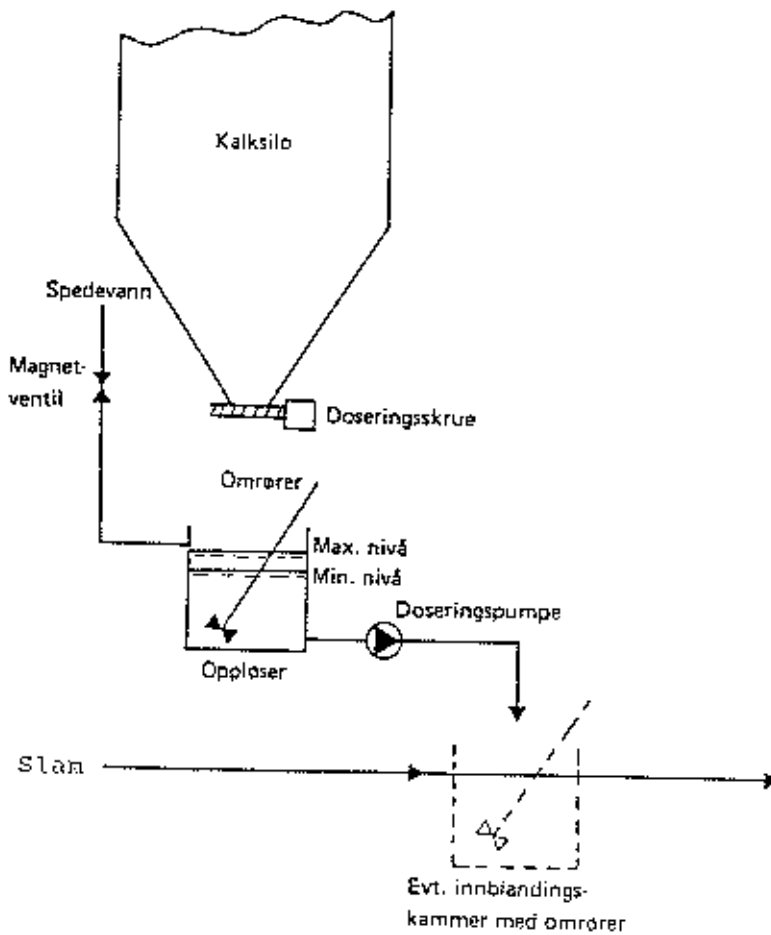


Fig. 2.2 Kalkstabilisering

Følgende faktorer er med på å bestemme om stabiliseringen skal fungere etter sin hensikt

- Slamtype
- Doseringsmengde
- Innblanding
- Lagringstid
- Lagringstemperatur

Slamtype, doseringsmengde

Slam med høyt innhold av organisk stoff vil gå lettere i forråtnelse enn et slam med lavt innhold f.eks. kjemslam fra sekundærfelling og etterfelling.

Dette innebærer at nødvendig kalkdose vil variere betydelig. Retningslinjene for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg /10/ antyder følgende doseringsmengder:

Tabell 2.1 Kalkstabilisering. Nødvendige doseringsmengder /10/.

- Mekanisk slam /	100 - 200 g Ca(OH) <sub>2</sub> /TS
- Mekanisk-kjemisk slam(Al,Fe)	250 - 400 "
- Bioslam	300 - 500 "
- Biologisk-kjemisk slam	300 - 500 "
- Septikslam	100 - 300 "

Innblanding

Innblanding av kalken i slammet gjøres prinsippielt på følgende måter:

- Tørrdosering i slambasseng (lager, fortykker)
- " i blandekammer
- Våtdosering i slambasseng
- " i blandekammer

Den beste effekten oppnås ved våtdosering i blandekammer med hurtigomrøring. Denne metoden gir maksimal utnyttelse av kalken og minst driftsproblemer. Omrøringshastigheten bør være minst 300 rpm. og oppholdstiden i kammeret minst 3 min. (slam + slurry).

Lagringstid, -temperatur

Kravet til stabilisering er som tidligere nevnt pH >11 i minst 14 dager ved 20°C. Ved lengre lagringstid før sluttanvendelse og/eller høyere temperatur vil således nødvendig doseringsmengde være større. Dette betyr også at nødvendig doseringsmengde vil variere med årstiden. I vinterhalvåret vil nødvendig doseringsmengde være lavere og i sommerhalvåret høyere. Dette vil imidlertid kunne oppveies helt eller delvis av at lagringstiden er større i vinterhalvåret. Det finnes etter det vi har bragt i erfaring ikke systematiske undersøkelser som viser nødvendige doseringsmengder som funksjon av årstiden. Det er derfor rimelig å anta at nødvendig doseringsmengde ved 14 dagers lagring v/20°C er representativ for forholdene på årsbasis.

På tross av dette bør imidlertid klimatiske forhold vurderes fra tilfelle til tilfelle slik at en oppnår optimal dimensjonering av anleggene.

Kravet til denne prosessen i de tyske retningslinjene /12/ for å oppnå tilfredsstillende hygienisering er:

Lagringstid minst 3 måneder før anvendelse  
med pH  $\geq 12,5 \pm 0,3$

Dette kravet innebærer at kalkdosene må økes vesentlig i forhold til tabell 2.1.

En økning på opptil 100% må påregnes.

#### 2.2.4 Kalkkondisjonering

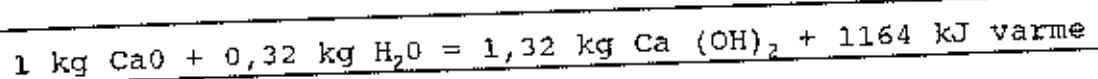
Hovedformålet med denne prosessen er å kondisjonere slammet før avvanning i filterpresser ofte i kombinasjon med jernklorid. Normalt er imidlertid nødvendig doseringsmengde så høy at en samtidig oppnår stabilisering i tillegg. Doseringsmengder på 250-400 g  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pr. tonn tørrstoff er ikke uvanlig. Ønske om et mer stabilt slam vil kunne medføre høyere doseringsmengder.

Kalken doseres normalt i slurryform til fortykket slam i spesielle kondisjoneringstanker (flokkulering) etter tilsats av jernklorid. Fra tankene pumpes slammet inn på pressene. En nærmerer omtale av prosessen finnes i delrapport 3 "Avvanning".

Hygieniske krav vil være tilsvarende som for kalkstabilisering (avsn. 2.2.3.)

#### 2.2.5 Orsa-metoden

Metoden er oppkalt etter det første anlegget som benyttet prosessen, Orsa i Sverige. Prosessen består i å dosere ulesket kalk til avvannet slam. I denne prosessen vil en i tillegg til høy pH få en kraftig temperaturstigning i slammet som skyldes frigjøring av energi når ulesket kalk kommer i kontakt med vann:



Temperaturøkningen vil avhenge av doseringsmengde og tørrstoffinnhold i slammet. Se fig. 2.3.

I denne prosessen vil ammonium gå tapt slik at gjødsel-effekten med hensyn på nitrogen reduseres.

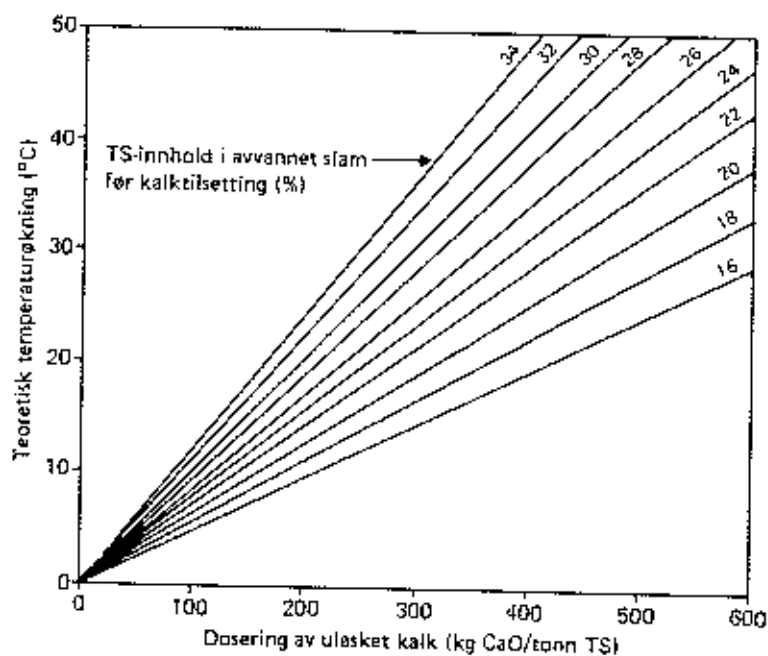


Fig.2.3. Teoretisk temperaturøkning i slam ved tilsetning av ulesket kalk. /11/.

Prosesen gir således muligheter for å oppnå hygienisering av slammet forutsatt at doseringsmengden er tilstrekkelig og at temperaturen kan opprettholdes lenge nok. Kravet til denne prosessen i de tyske retningslinjene /12/ for å oppnå tilfredsstillende hygienisering er

Temperatur  $\geq 55^{\circ}\text{C}$  i minst 2 timer ved  $\text{pH} \geq 12,5 \pm 0,3$

En del av vannet i slammet vil bindes kjemisk til kalken (se ligningen ovenfor) og en del vil fordampe. Dette vil i tillegg til tørrstoffet i kalken, medføre betydelig økning i tørrstoffinnholdet i slammet.

Se fig.2.4. I praksis vil høyere verdier kunne forventes.

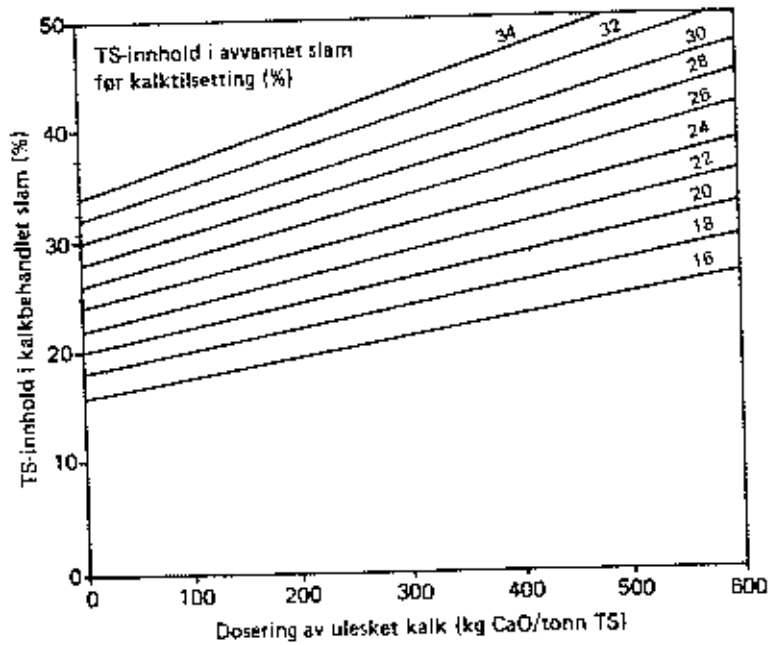


Fig.2.4. Teoretisk TS-innhold i slam etter tilsetting av ulesket kalk /11/.

Prosessen er vist skjematisk i fig.2.5.

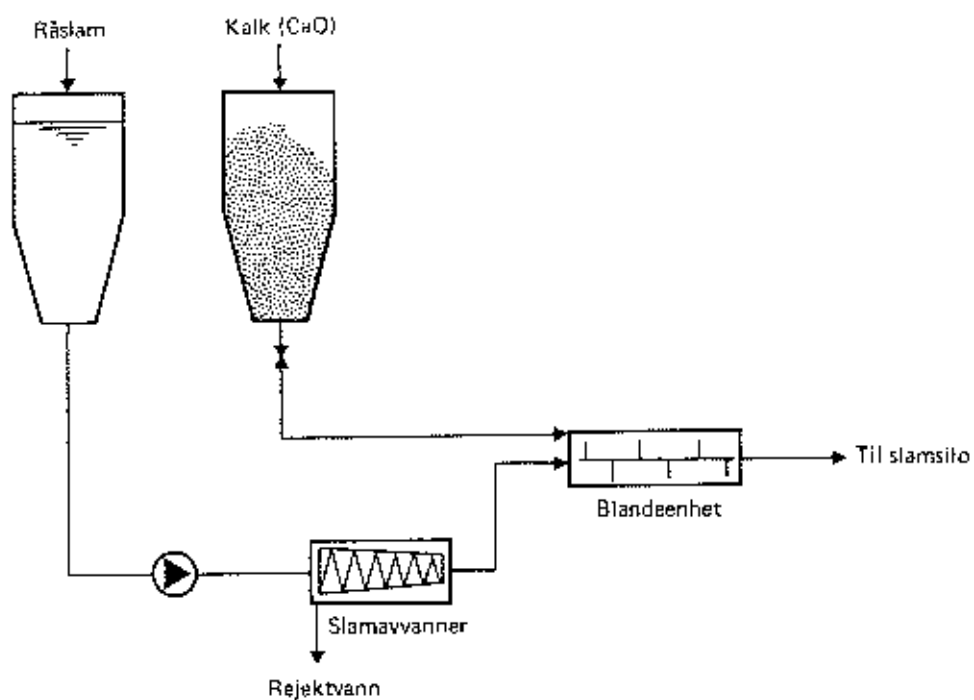


Fig.2.5. Prinsippskisse for prosess med kalking av avvannet slam.

Prosessen er enkel i sin oppbygning men stiller store krav til robust utstyr. Påkjennningene er store både rent mekanisk men også fysisk (høy temperatur og pH). Etter innblanding av kalken må slammet lagres i minst 2 timer i en isolert tank/silo for å kunne tilfredsstille hygienekravet.

## 2.2.6 Utbredelse

I Norge er kalk i bruk på bl.a følgende anlegg:

### Kalkfelling

- Muusøya	Drammen
- Solumstrand (*)	"
- Buskerud sentralsykehus	"
- Korsvikfjorden (*)	Kristiansand
- Bredalsholmen (*)	" "
- Nesbyen	Nes
- Linnes (*)	Lier
- Salen (*)	Bamble
- Fagerstrand (*)	Nesodden
- Innbygda	Trysil
- Fageråsen	"

\*) Kalk-sjøvannsfelling

### Kalkstabilisering

Oversikt over anlegg som fortsatt benytter tradisjonell kalkstabilisering mangler

### Kalkkondisjonering

- VEAS
- Solumstrand (Anlegget er bygget med denne muligheten men drives bare med kalkfelling)

Orsa-metoden

- |           |                                     |
|-----------|-------------------------------------|
| - RA-2    | Strømmen                            |
| - Geilo   | Hol                                 |
| - Rådalen | Bergen (bare slambehandlingsanlegg) |
| - Elstrøm | Skien                               |

I andre land benyttes ofte kalk som kondisjoneringsmiddel i forbindelse med avvanning i kammerfilterpresser.

Det er også en viss utbredelse av anlegg som tilsetter ulesket kalk til avvannet slam (Orsa-metoden).

## 2.3 SLAMKVALITET

### 2.3.1 Generelt

Slamkvalitetsbegrepet omfattes av følgende egenskaper:

- Helsemessige
- Miljømessige
- Bruksmessige

Hvilke slamkvalitetskrav som skal stilles vil avhenge av:

- Disponering
- Myndighetenes krav
- Nærmiljøbelastning
- Arbeidsmiljøbelastning

Disponeringen av slam i Norge er regulert av SFT's "Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam"/6/ og diverse lover og forskrifter bl.a.

- Sunnhetsloven m/forskrifter om
  - . oppbevaring av avfall og om renovasjon
  - . hygieniske forhold i hytteområder o.l.
  - . drikkevann m.m. og vannforsyningsanlegg
- Arbeidsmiljøloven
- Plantesjukdomsloven m/forskrifter om
  - . rådgjerder mot potetcystenematoder
- Forurensningsloven
- Granneloven

Godkjenningsinstans for all slamhåndtering er i dag tillagt helserådene i kommunene eventuelt sektorstyre for helse/sosial der hvor disse ivaretar helserådsfunksjonen.

Retningslinjene /6/ er for tiden under revisjon. I tillegg vil det bli utarbeidet landsdekkende forskrifter av Helsedirektoratet med hjemmel i lovverket. Myndighetenes krav til helsemessig tilfredsstillende slamkvalitet med hensyn til tungmetaller fremgår av tabell 2.2. Antatt nye krav er satt i parentes.

Tabell 2.2. Myndighetenes slamkvalitetskrav /6/

Tungmetaller	Grenseverdi mg/kg TS	
- Kadmium (Cd)	10	(4)
- Bly (Pb)	300	(200)
- Kvikksølv (Hg)	7	(5)
- Nikkel (Ni)	100	(-)
- Sink (Zn)	3000	(1500)
- Kobber (Cu)	1500	(600)
- Krom (Cr)	200	(150)
- Mangan (Mn)	500	(-)
- Kobolt (Co)	20	(-)

Disse grenseverdiene er knyttet opp til en maksimal tillatt slammengde regnet som slamtørrestoff pr. areal-enhet over et gitt tidsrom. Disse grensene fremgår av tabell 2.3.

Det er viktig i denne sammenheng å være klar over at kalken øker tørrestoffinnholdet i behandlet slam dvs at tungmetallkonsentrasjonene reduseres.

Tabell 2.3. Anbefalt spredningsmengde slam /6/.

Type areal	Tillatt mengde (tonn TS/da)	Tidsrom (år)
Jordbruk	1,0	5
"	2,0	10
"	5,0	3)
Parker/grøntanlegg	Som jordbruk	1)
Toppdekke avfallsfylling		2)
Skog	5,0	3)
Hagebruksvekster	Som jordbruk	
Villahager	Ingen	

Anm.

- 1) Bør ikke benyttes på grøntarealer som kan bli benyttet til dyrking av matnyttige vekster. Maks. tykkelse slamlag 10 cm
- 2) Krav som jordbruk dersom arealene skal nyttes til produksjon av jord- eller hagebruksvekster. Maks. tykkelse slamlag 20-50 cm
- 3) Engangsdosering ved bakkeplanering /nydyrking

Videre inneholder også retningslinjene krav til behandling før anvendelse. Det vises forøvrig til retningslinjene /6/ Vi vil imidlertid nevne følgende anvendelsesmuligheter for kalkbehandlet slam:

- Kan anvendes direkte på jordbruksarealer og toppdekke fylling.
- Bør ikke tilsettes i større mengder enn det som svarer til normal kalktilførsel. (avhenger av jordart, pH/kalktilstand og plantevekst)
- Lite egnet som vekstmedium i "ren" tilstand eller i større mengder på grøntarealer og toppdekke fyllinger.

Når det gjelder bruksmessige egenskaper er det viktig å være klar over ulikheter mellom behandlingsmetodene. Dette er nærmere omatlt i etterfølgende avsnitt.

### 2.3.2 Kalkfelling

Ved kalkfelling vil man få en heving av pH til 11,0 - 11,5 i vannfasen. Selv om kjemslammet blandes med mekanisk eller biologisk slam så vil man opprettholde en pH på 11 eller litt lavere ved doseringsmengde på ca 500 g  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pr.  $\text{m}^3$  avløpsvann. Slammet vil være tilstrekkelig stabilt for å unngå luktproblemer.

Analyser av kalkinnholdet i slam fra Muusøya Ra /5/ viser at innholdet ligger på ca. 35% regnet som  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (350 g/kg TS) ved ovennevnte doseringsmengde. Det vil derfor ikke være nødvendig å tilsette ytterligere kalk for å redusere luktproblemet ved lagring.

### Hygiene

I denne prosessen vil det skje en vesentlig reduksjon av patogene organismer. Det har tidligere vært regnet med at dette slammets ikke er hygienisk risikofritt spesielt med hensyn til overlevelse av bakteriesporer og parasittegg.

Undersøkelser på slam fra Muusøya /5/ viser at termostabile E-coli og salmonella ikke er påvist så lenge pH er høyere enn 10,6. Analysedata på parasittegg og sporedannende bakterier foreligger ikke fordi det viste seg vanskelig å få utført. Årsaken er at analysene er kompliserte og det finnes bare 1-2 personer i Norge som kan utføre disse.

Når det gjelder potetål (potetcystenematoder) så vil smittefaren være eliminert når

- Temperaturen er høyere enn 38°C i minst 1 døgn
- pH opprettholdes på 11-12 i minst 3 uker (0°C)

Kalkfelt slam bør derfor kunne benyttes uten fare for smittespredning av potetål dersom ovennevnte kriterier oppfylles. En nærmere undersøkelse på eksisterende kalkfellingsanlegg bør imidlertid gjennomføres før endelige konklusjoner om den hygieniske kvaliteten på dette slammets kan trekkes.

### Bruksmessige forhold

Analyser av kalkfelt slam fra Muusøya Ra 2.6.87 /5/ fremgår av tabell 2.4 nedenfor. (SFT's grenseverdi i parentes)

Tabell 2.4 Kjemiske analyser Muusøya slam /5/

Parameter	Måleenhet	Måleverdi
- Aluminium	‰ av TS	0,88
- Kalsium	"	23,3
- Jern	"	0,45
- Magnesium	mg/kg TS	116
- Kalium	"	516
- Totalfosfor	"	293
- Kadmium	"	5,3 (10)
- Bly	"	100 (300)
- Kvikksølv	"	6,3 (7)
- Nikkel	"	29,3 (100)
- Sink	"	390 (3000)
- Kobber	"	127 (1500)
- Krom	"	38,3 (200)
- Mangan	"	318 (500)
- Kobolt	"	20 (20)

Innhold av organisk stoff har variert i området 30-60% (av TS). Avvanning av kalkfelt slam med sentrifuger / silbåndpresser vil normalt medføre en bløt konsistens som medfører problemer ved disponering (spredning). Valg av avvanningsmetoder som gir høyere tørrstoff i slamkaken vil redusere dette problemet.

### 2.3.3 Kalkstabilisering

Kalkstabilisert slam vil i hovedsak ha samme kvalitet som kalkfelt slam. Se pkt.2.3.2. Innholdet av kalsium i slammet vil imidlertid øke vesentlig dersom pH skal økes til ca.12,5. (tyske retningslinjer /12/). En noe bedre hygienisk kvalitet enn kalkfelt slam bør påregnes pga.

dette, uten at dette kan sies å ha noen praktisk betydning.

I visse områder vil dette høye kalkinnholdet kunne medføre en begrensning i spredningsmengden på jordbruksarealer utover gjeldende retningslinjer.

### 2.3.4 Kalkkondisjonering

Slamkvaliteten vil være tilsvarende som for kalkfelt slam. Se pkt. 2.3.2.

### 2.3.5 Orsa-metoden

Tilsetning av ulesket kalk ( $\text{CaO}$ ) til avvannet slam vil gi et hygienisk betryggende slam pga. temperaturhevingen. Forøvrig vil slamkvaliteten være tilsvarende kalkstabilisert slam. Se pkt. 2.3.3.

Ved kalktilsetningen vil en del av vannet i slammet fordampe og sluttproduktet vil få en grynete, porøs struktur som gjør det enklere å anvende enn forannevnte slamtyper. Kravet til tørrstoff i avvannet slam vil derfor ikke være så vesentlig ved denne prosessen. Rimeligere avvanningsutstyr så som sentrifuger og silbåndpresser kan derfor benyttes.

## 2.4. TEKNISK UTFORMING

### 2.4.1 Generelt

Den tekniske utformingen ved ulike kalkbehandlingsmetoder er kortfattet beskrevet i det følgende.

Ulike anleggsdeler/komponenter går igjen i flere prosesser og er derfor beskrevet uavhengig av prosessene.

Når det gjelder teknisk utforming av prosessene så vises det til litteratur /2, 13/. (kalkfelling, kalkstabilisering) og NORVAR-rapport 20 c (kalkkondisjonering) for nærmere detaljer.

### 2.4.2 Dimensjonering

Dimensjonering av anleggene vil avhenge av:

- Doseringsmetode (tørr, våt)
- Slamproduksjon
- Slamtype
- Tørrstoffkonsentrasjon
- Kapasitet avvanningsutstyr (Orsa-metoden)
- Kapasitet slampumper (kalkstabilisering, kalkkondisjonering)
- Dimensjonerende vannmengde (kalkfelling)
- Betjent/ubetjent drift
- Slamlagringsvolum

Ved ubetjent drift må anleggene ha lagringsvolum for ferdigbehandlet slam enten i silo eller i container.

Dosering i tørr form gir enkel utforming av anleggene men ofte betydelige driftsproblemer (gjentetting, belegg) og dårlig utnyttelse av kalken.

Det er derfor forutsatt slurrydosering i den videre beskrivelsen (unntatt Orsa-metoden)

Når det gjelder nødvendig doseringsmengde så vil aktiv andel i kalken være avgjørende. Det pågår i øyeblikket forsøk bl.a på Knarrdalsstrand Ra med Orsa-metoden, som tyder på at dosen kan senkes i forhold til det som er oppgitt nedenfor. Dokumentasjon herfra foreligger ennå ikke og en har derfor valgt å basere seg på litteraturdata /3/.

Nedenfor er det vist et eksempel med dimensjonering av 3 ulike anleggsstørrelser med kalkbehandling av avvannet primærfelt slam:

		Anleggsstørrelse (pe)		
		20.000	70.000	300.000
<u>Dimensjoneringsgrunnlag</u>				
-Slamproduksjon	, kgTS/d	2.400	8.400	36.000
-Tørrstoff avv.slam	, %	24	24	24
-Slammengde fort. slam,	m <sup>3</sup> /d	48	168	720
-Slammengde avv. slam	, m <sup>3</sup> /d	10	35	150
-Kalkdosering	, g CaO/kg TS	500	500	500
<u>Ubetjent drift avvanning</u>				
-Driftstid	, h/uke	120	120	120
-Kapasitet avv.	, m <sup>3</sup> /h	2x3	2x10	2x42
"	, kg TS/h	2x150	2x500	2x2100
- " kalk	, kg/h	70	245	2x1050
- Hygieniseringsilo	, m <sup>3</sup>	1,5	2x5	2x21
- Lagersilo	, m <sup>3</sup>	40	2x70	2x300
- Kap. tvangsblender	, m <sup>3</sup> /h	0,7	2x2,5	2x10,5

Betjent drift avvanning

- Driftstid	, h/uke	30	30	30
- Kap. avvanning	, m <sup>3</sup> /h	2x12	2x40	3x84
"	, kg TS/h	2x600	2x2000	3x4200
- " kalk	, kg/h	280	2x1000	2x4200
- " tvangsblender	, m <sup>3</sup> /h	2,8	2x10,0	2x21,0
- Hygieniseringssilo	, m <sup>3</sup>	6	2x20	2x42

Dimensjonering i dette eksemplet er basert på følgende reservekapasiteter(%):

	Anleggsstørrelse (pe)		
	20.000	70.000	300.000
<u>Ubetjent drift</u>			
Avvanning	100	100	100
Kalkbehandling	0	100	100
Lagersilo	0	0	0
<u>Betjent drift</u>			
Avvanning	100	100	50
Kalkbehandling	0	100	100

Følgende dimensjoneringsgrunnlag bør benyttes for de ulike anleggene:

Kalksilo

- Lagringskapasitet , døgn. 30

Slurrybereder

- Slurrykonsentrasjon , % 5 (50 g/l)

- Oppholdstid slurrybereder, min. 3-5

Blandekar kalk/slam

- Oppholdstid , min. 3

- Omrørerhastighet , rpm. 300

Hygieniseringssilo

- |               |   |    |      |
|---------------|---|----|------|
| - Oppholdstid | , | h  | ≥ 2  |
| - Temperatur  | , | °C | ≥ 55 |

Lagersilo slam (ubetjent drift)

- |               |   |   |     |
|---------------|---|---|-----|
| - Oppholdstid | , | d | 3-5 |
|---------------|---|---|-----|

## 2.4.3 Doseringsutstyr

Kalksilo

Kalksiloer må utformes med skråflater i bunnseksjonen med helning større eller lik 60°. Utmatingsflaten bør bære så stor som mulig for å unngå brodannelse (minst 400x700 mm). Doseringsskruene i bunnen bør minst være dobbelte helst firedobbele.

Siloene må utstyres med slegge, vibrator eller pulsator for å hindre brodannelse. Mellom silo og doserer skal det være avstengningsspjeld/ventil.

Doserer bør ha omdreiningsteller for forbrukskontroll.

Slurrybereder

Slurrybereder utformes sirkulær i rustfritt stål.

Berederen må ha følgende utstyr:

- Omrører (100-150 rpm.)
- Støvfjerning m/overrisling
- Vanntilførsel m/reguleringsventil
- Nivåvakter for styring av beredningen

Vann til beredningen bør polariseres for å redusere karbonatutfelling i doseringssystemet.

Doseringssystem

Slurrypumper bør være av fortrengringstypen f.eks. slangepumper, eksenterskruepumper eller loperotorpumper. Doseringsledningene bør være transparente, armerte plastslanger hvor det er enkelt å se og banke løs belegg.

Et sirkulasjonssystem med automatiske reguleringsventiler ved doseringspunktene bør vurderes. I et slikt system kan en opprettholde stor nok hastighet i ledningene til å hindre belegg. Automatisk, tidsstyrt spyling av pumper og doseringsledninger bør installeres.

Følgende innstillingsmuligheter bør benyttes /13/:

- Spyletid 30-60 sek.
- Pausetid 1-24 timer.

#### 2.4.4 Siloutstyr

Hygieniseringssilo

Ved tilsetning av brent kalk til avvannet slam (Orsa-metoden) må slammets temperatur opprettholdes en viss tid.

Dette gjøres enklest ved å ha en separat silo som er isolert. For å garantere hygieniseringseffekt bør denne være adskilt fra lagringssiloen.

Siloene bør ha sideflater med minimum helning 60° . Siloene bør invendig behandles med tjære-epoxy. Siloene må ha separat avtrekk til luktreduksjonsanlegg pga. utvikling av ammoniakk-gass.

Ved å utforme siloenes bunnseksjon pyramideformet eller konisk kan utlasting fra siloene gjøres uten innvendige skruer dersom den er montert slik at slammet kan falle direkte ned i lagersilo eller container.

Ved transport til et høyere nivå bør en velge en løsning med utvendig transportskrue dersom høyden tillater det. Utmatingsåpningene bør utstyres med pneumatisk skyvespjeldventil med diameter på minst 500 mm.

### Lagersilo

Slammet må etter avvanning ha et tilstrekkelig lagringsvolum. Dette løses enten med siloer eller containere. Et automatisk containersystem vil være mer sårbart for driftsproblemer enn siloer fordi det består av mange bevegelige komponenter. Et silosystem vil være mer og mindre sårbart avhengig av om avvannet slam skal pumpes til siloene eller ikke. Et system med sentrifugene på toppen av siloene vil være minst sårbart (selvfall).

### Siloer

Siloene bør ha sideflater med helning min.  $60^\circ$ . Innmatingsåpningen til utlastingsskruen i bunn av siloen bør ha en bredde på minst 1 m for å unngå brodannelse.

Siloene bør innvendig behandles med tjære-epoxy for å hindre korrosjon.

### Utlastingssystem

Utlasting av slam fra siloene bør gjøres med transportskruer med akselløse skruer (spiral) opplagret i motorenden.

Skruene bør utstyres med slitestål i trauet. Utmatingsåpningene fra skruene bør utstyres med en pneumatisk og en motordrevet skyvespjeldventil. Den motordrevne ventilens funksjon er å regulere gjennomstrømningsmengden og bør derfor ha reguleringsspjeld. Den andre ventilens funksjon er start-stopp fylling.

Utlastingsåpningene bør utstyres med teleskoptrakt for å hindre sprut ved fylling. Ofte vil fallhøyden for slammet bli 4-5 m og sprut vil være uunngåelig. På Alvim Ra (SIA) har en erfaring både med og uten teleskop. Erfaringene herfra tilsier at teleskop eller liknende er en forutsetning for å unngå søl. Utlastingssystem som befinner seg utendørs vil være svært utsatt for frostproblemer og er ikke å anbefale selvom man installerer varmekabler og isolasjon.

#### 2.4.5 SRO-anlegg

Styrings-, regulerings- og overvåkningssystem (SRO) for slambehandlingsprosesser er nærmere beskrevet i VAV P61 /4/. Det henvises til denne for nærmere informasjon.

## 2.5. KOSTNADER

### 2.5.1. Generelt

Kostnadsberegningene er gjort for følgende anleggsstørrelser:

- 20.000 pe (alt. I)
- 70.000 " ( " II)
- 300.000 " ( " III)

Kostnadsberegning er bare utført for ORSA-metoden da det i utgangspunktet bare er denne prosessen som ligger innenfor rammen av gruppens arbeid.

I kostnadsberegningene nedenfor er det forutsatt avvanning i sentrifuger. Følgende kapasiteter er forutsatt:

	Alternativ			
	I	II	III	
- Slammengde , m <sup>3</sup> /h	12	40	170	
- " , kg TS/h	600	2000	8400	
- Avvannet slam, m <sup>3</sup> /h	2,4	8,0	33,6	(25%TS)
- Driftstid , h/uke	30	30	30	
- Kalkmengde , kg/tTS	500	500	500	
(CaO) , kg/h	300	1000	4200	
, tonn/år	468	1560	6550	
- Kalklager, m <sup>3</sup>	40	80	120	
(Romvekt: 0,8)	(1x40)	(2x40)	(4x80)	

### 2.5.2. Investeringer

Kostnadene er basert på prisnivå 1990. Det må poengteres at kostnadene må betraktes som en ren orientering om størrelsesorden på investeringene.

Stedlige forhold og varierende forutsetninger vil påvirke kostnadene vesentlig i hvert enkelt tilfelle.

Kostnadene omfatter ikke avvanningsutstyr og slamlagring utover hygieniseringssiloene.

Tabell 2.5 Investeringskostnader (hele tusen)

Anleggs- størrelse (pe)	Investeringskostnader					Sum	
	Bygg	Maskin	El/ instr.	VVS			
					(kk)	(kr/pe)	
20.000	300	600	200	100	1200	60	
70.000	500	1050	300	200	2100	30	
300.000	2000	3400	800	500	6700	22	

I foredrag på VAR-dagene i Trondheim 27.8.90 /14/ ble investeringskostnadene for kalkbehandlingsanlegget ved Geilo Renseanlegg (1985) oppgitt til:

- Maskin/prosess	615.000 kr	(905.000)
- Bygg	100.000 "	(145.000)
	-----	
Sum	715.000 kr	(1.050.000)
- Adm/prosj./oppfølging	100.000 "	(150.000)
	-----	
Sum totalt	815.000 kr	(1.200.000)
	-----	

Prisnivå 1990 er angitt i parantes.

Anlegget har en kapasitet på 6-8 m<sup>3</sup>/h (tvangsblenderen) og kalksilo på 50 m<sup>3</sup>. Normalt ligger avvannet slammengde på 1,1-1,4 m<sup>3</sup>/h. (225-315 kg TS/h) /8/.

Dette tilsvarende slamproduksjonen fra maks. ca. 10.000 pe. (spesifikk slamprod. 110g TS/pe.d, 24t drift pr.uke). Anlegget har således en kapasitet som ligger vesentlig høyere enn dagens slamproduksjon. (opptil 40.000 pe).

Ved Elstrøm Renseanlegg i Skien ble et nytt kalkbehandlingsanlegg satt i drift i 1990.

Anleggskostnadene er oppgitt til 700.000 kr /9/ for et anlegg med kapasitet ca. 6 m<sup>3</sup>/h (tvangsblender) og kalksilo på 50 m<sup>3</sup>.

I begge disse tilfellene er investeringene i bygg beskjeden fordi en ikke har hygieniseringssiloer og utlasting i containere av kalket slam. Ved Elstrøm Ra ble eksisterende bygg benyttet.

I tabell 2.5 er det medregnet kostnader for eget bygg med plass til containersystem.

### 2.5.3 Drift

Driftskostnadene er basert på følgende forutsetninger:

- Lønn	,	, kr/time	120	
- Tilsynsbehov	, alt. I	, h/år	1300	
	, " II	, "	1550	
	, " III	, "	3100	
- El.forbruk	, alt. I	, GWh/år	15,5	(10kW)
	, " II	, "	23,3	(15 ")
	, " III	, "	46,6	(30 ")
	, oppvarming	, kWh/m <sup>2</sup> år	150	
- Tørrstoff avvannet slam		, % TS	25	
- Driftstid		, h/år	1550	
- El. , effektavgift		, kr/kW år	600	
	, energipris	, øre/kWh	25	
- Kalkpris	, alt. I	, kr/tonn	1000	
	, " II	, "	950	
	, " III	, "	900	

- Vedlikehold			
a. Bygg	, %		0,8
b. Tekniske installasjoner	, %		1,5
- Slamtransport	, alt. I	, kr/m <sup>3</sup>	70
	, " II	, "	60
	, " III	, "	50

Drifts-og vedlikeholdskostnadene fremgår av tabell 2.6

Tabell 2.6 Driftskostnader (hele tusen)

Anleggs- størrelse (pe)	Lønn	Ener- gi	Slam- trans- port	Kjemi- kalier (CaO)	Vedl- hold	Sum
						kkr/ kr/pe
20 000	150	15	245	440	15	865 990
70 000	185	25	740	1460	30	2440 795
300 000	370	65	2630	5910	85	9060 690

I NTNf's rapport "Hygienisering av slam"/3/ er det oppgitt kostnadsberegninger fra forprosjekter utarbeidet for 3 norske anlegg i tidsrommet 1984-87.

Tabell 2.7 Kostnadsdata for kalkbehandling

Anlegg	Slam- mengde tTS/år	Kalk- dose kg/tTS	Kalk- pris kr/t	Års- kostnad kkr	Spesifikk kostnad kr/tonn TS
Rambekk (Gjøvik)	1125	500	560	400	(500)
HIAS (Hamar)	2100	400	740	1195	(815)
FOA (Fr.stad)	5000	300	1000	2293	(535)

Anm.

- For Rambekk er det bare beregnet driftskostnader
- Tall i parentes er pris justert til prisnivå 1990

På Geilo Ra /14/ ble totale årskostnader beregnet til 990 kr pr. tonn TS (1990, 180 tTS/år) med en kalkpris på 550 kr pr.tonn.

## 2.6 DRIFTSERFARINGER

### 2.6.1 Generelt

Hovedmålsettingene når det gjelder kalkbehandling av slam sett fra anleggseiernes side er å:

- Stabilisere slammet
  - Hygienisere "
  - Bedre slamstrukturen
  - Bedre arbeidsmiljøet på anleggene
- } — Slamkvalitet

Vi har i det følgende forsøkt å få frem driftserfaringer i relasjon til disse målsettingene.

Driftserfaringene er i hovedsak innhentet fra norske anlegg.

### 2.6.2 Kalkfelling

#### Vannbehandling

Driftserfaringer fra små kalkfellingsanlegg er omtalt i VA-rapport 17/84 (NIVA) /13/.

Erfaringene kan kort oppsummeres slik:

- Få alvorlige driftsproblemer
- Gjentetting av doseringsledninger og silo forekommer i en del tilfeller.
- Returføring av uoppløst kalk fra flokkuleringsbasseng og rensed avløpsvann har vist seg å gi betydelige reduksjoner i kalkforbruket på anlegg der dette er prøvd.
- Hyppig vannspyling av pumper og doseringsledninger motvirker i stor grad igjentetting.
- For å unngå problemer med lagring og dosering av kalk så må det anvendes utstyr spesielt utviklet for formålet.

- Silo eller slurrytank må plasseres så nær doseringspunktet som mulig.
- Spedevann til slurryberedning bør passere magnetiseringsenhet (polarisator) for å motvirke belegg.
- Automatisk spyling bør installeres.

Driftsdata fra endel av de undersøkte anleggene fremgår av tabell 2.4 nedenfor.

Undersøkelsene omfattet ikke vurdering av slambehandling og slamkvalitet.

Tabell 2.8 Driftsdata kalkfellingsanlegg /13/.

Anlegg	Størrelse (pe)	Prosess	Kalktype	Dosering (g/m <sup>3</sup> )	Fellings pH
Fagered S	400	M/K	Ca (OH) <sub>2</sub>	370	11,3
Sibbarp "	200	M/B/K	"	530	11,3
Tvååler "	3000	"	"	450	10 -11
Torup "	2500	"	CaO	300	12
Drangesred "	190	M/K	Ca(OH) <sub>2</sub>	300	11 -12
Hyltebruk "	5000	M/B/K	CaO	210	11,6-11,7
S.Unnaryd "	1000	"	Ca(OH) <sub>2</sub>	200	11,6-11,7
Timmele "	3000	"	"	150	11
Satila "	2000	"	"	500	11,5-12
Salen N	14000	M/K	Slurry,		-
Rindal "	2750	M/B/K	Ca(OH) <sub>2</sub>	300	9
Ostangen "	3800	M/K	Ca(OH) <sub>2</sub>	200	9
			"	-	

Tegnforklaring:

- Pe = Personekvivalenter
- M = Mekanisk rensing
- B = Biologisk "
- K = Kjemisk "

Kommentarer:

- Rindal og Ostangen feller med kalk (Ca(OH)<sub>2</sub>) i kombinasjon med jernsulfat (FeSO<sub>4</sub>)
- Ved Salen ble sjøvann dosert i tillegg.

- Ved Torup resirkuleres avsatt kalk i flokkuleringsbassenget og som gir resultat 20% reduksjon i kalkforbruk
- Timmele resirkulerer 10-15% av rensset avløpsvann og har oppnådd å redusere kalkforbruket fra 250-300 g/m<sup>3</sup> til 150 g/m<sup>3</sup> (40-50%).

Ved Muusøya Ra i Drammen er det imidlertid gjort svært mange undersøkelser bl.a

- Resirkulering av rensset avløpsvann
- Slamkvalitet
- Kompostering kalkfelt slam/flis (bark)
- Erfaringer med bruk av kalkfelt slam i jordbruket

Førstnevnte undersøkelse ga besparelser i kalkforbruk på ca. 25% ved resirkulering av 10% av vannmengden.

#### Slambehandling

Når det gjelder behandling av slammet som produseres ved kalkfellingsanlegg, så vil det normalt ikke være nødvendig med behandling utover fortykning og avvanning. Dersom disponeringsmetoden krever hygienisering så stiller dette seg annerledes. Det vises i denne anledning til kap. 2.2.

De kalkfellingsanlegg som i dag er i drift, behandler ikke slammet ytterligere. Et unntak er Muusøya i Drammen som har utført fullskalaforsøk med kompostering av slam /5/.

Erfaringene fra disse forsøkene som ble utført i perioden 1989-90, kan kort oppsummeres slik:

- Slam blandet med sagflis eller bark i forhold 1:1 komposterer villig.
- Temperaturen har i den gunstigste periode vært 50-65°C (maks. 86°C)

- Jordaktig struktur på komposten
- Ingen ubehagelig lukt ved vending
- Slam uten tilsats komposterte antageligvis ikke pga. for tett struktur. I en av disse haugene som ikke ble vendt var det noe luktutvikling etter 4 måneder.
- Tørrstoffinnholdet har øket fra 25 til ca.50% TS i løpet av 5 måneder.
- Betydelig vekt-og volumreduksjon (50%)
- Hygieniske forhold er bra både når det gjelder råslam og kompost.
- Temperaturen har gitt et hygienisk betryggende slam bl.a m.h.p. parasittegg.
- Komposten har vakt betydelig interesse bl.a hos bøndene.

De kjemiske analysene av det kalkfelte råslammet fremgår av tabell 2.4

De hygieniske forholdene i slammet var også gode men det er ikke foretatt analyser av parasittegg slik at slammet ikke kan sies å være hygienisk risikofritt. Se forøvrig avsn. 2.3.2.

### 2.6.3 Kalkstabilisering

Driftserfaringer fra kalkstabiliseringsanlegg i Norge er dokumentert i Prosjektrapport 6/77 NTNf's utvalg for drift av renseanlegg /2/.

Rapporten var imidlertid lite innrettet mot slammets hygieniske beskaffenhet men i første rekke rettet mot driftsproblemer med utstyr.

Konklusjonene i rapporten kan oppsummeres slik:

#### Prosess

- Ingen av anleggene ble drevet som kalkstabiliseringsanlegg
- Kalk ble tilsatt for å dempe lukt.

- Slam med pH over 9 ga driftsproblemer med avvanningen (lav gjenvinningsgrad) og vannbehandlingen (slamvannsretur med høy pH og alkalitet uten utjevning).
- Liten kunnskap blant driftsoperatørene om hensikten med kalkstabilisering.

### Drift

- Problemer med avleiringer i doseringsskruer. Disse ble i stor grad eliminert ved hyppig rengjøring.
- Store støvproblemer på anlegg hvor kalkdoseringen ikke foregikk i lukket system.
- Påfylling og lagring av kalk representerte ikke noe stort problem.

Resultatene av langtidslagring av slam på de anleggene som tilsatte kalk slik at pH var høyere enn 11-12 fremgår av fig. 2.6. nedenfor.

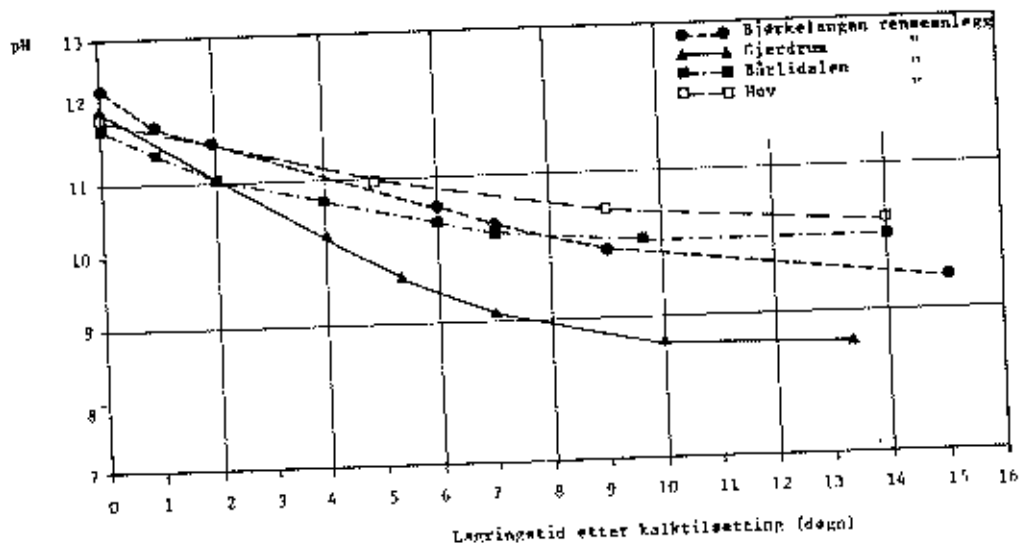


Fig. 2.6. Forløpet av pH i slam tilsatt kalk /2/

Av disse anleggene var det bare på Hov man hadde muligheten til å regne ut kalkdoseringen i forhold til tørrstoffmengden. Mengdene på Hov var ca. 270 kg  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  pr. tonn tørrstoff. Dette var også det anlegget som opprettholdt høyest pH under lagringen.

## 2.6.4 Kalkkondisjonering

### Norge

I Norge finnes det i dag bare et anlegg som kondisjonierer slammet med kalk før avvanning, nemlig VEAS, Norges største renseanlegg.

I likhet med Muusøya så har også slammet fra VEAS gode hygieniske egenskaper. Når det gjelder slamkvaliteten på slammet fra VEAS så fremgår denne av tabell 2.9.

Tabell 2.9. Slamkvalitet VEAS /15/

Parameter	Enhet	Verdi	SPT's grenseverdi
<u>Tungmetaller</u>			
- Bly	mg/kg TS	66	300
- Kadmium	"	2,4	10
- Kobolt	"	5	20
- Kopper	"	310	1500
- Krom	"	54	200
- Kvikksølv	"	1,4	7
- Mangan	"	180	500
- Nikkel	"	20	100
- Sink	"	320	3000
<u>Mikro-biologiske analyser</u>			
- Salmonella	stk/gram	0	
- Fekale streptokokker	"	<10	
- Termostabile koli	"	<10	

Det er såvidt vi vet heller ikke her foretatt analyser på parasittegg. Slammet fra VEAS disponeres i dag på følgende måter:

- Kompostering (Isi)
- Mellomlagring før anvendelse i jordbruket (Isi)
- Direkte til jordbruket

Når det gjelder komposteringen vises det til kapittel 1 "Kompostering".

Erfaringene med anvendelsen av slammet i jordbruket er overveiende positive. Det vises i denne forbindelse til slamseminar på Ål i april 1990 /15/.

#### Sverige

Driftserfaringer i Sverige fremgår bl.a. av SNV-rapport PM 1743/17/

Resultatene fra denne undersøkelsen kan sammenfattes slik:

- Av 5 undersøkte anlegg i Sverige med kammerfilterpresser eller kalkbehandling (Orsa-metoden) med høy dose (>400 kg CaO/tonnTS), så ga samtlige en meget høy bakteriereduksjon.
- For 7 andre anlegg med lavere dosering varierte resultatene fra markant reduksjon til ingen eller ubetydelig reduksjon (2 anlegg).
- På alle anleggene var det god korrelasjon mellom slammets pH-verdi etter lagring (eller innblanding av kalk) og avdødingseffekten.
- Ved drift av kammerfilterpresser tilsettes generelt mer kalk enn hva som trengs for å oppnå god hygienisk effekt.

- Etterfelling med kalk gir normalt bare en begrenset hygienisering av det aktuelle renseanleggets slam. Enkle driftstekniske tiltak bør dog kunne gi bedre bakteriereduksjon.
- Med kalkbehandling (Orsa-metoden) og kalkstabilisering, så kan dosen reguleres slik at ønsket hygieniseringeffekt oppnås.

## 2.6.5. Orsa-metoden

### Norge

Erfaringer fra denne metoden i Norge finnes på følgende anlegg:

- RA-2
- Geilo
- Elstrøm
- Rådalen

Erfaringene er bl.a. dokumentert i /3//8//9/ og /14/. Et resyme fra foreliggende dokumentasjon fremgår av tabell 2.10.

Tabell 2.10. Driftserfaringer norske anlegg.

Anlegg	Størr-else (pe)	Prosess	Kalk-dose (kg/tTS)	TS kalket slam (%)	Temp. kalket slam (°C)	pH i kalket slam
RA-2	70000	M/K	250-375	30-35	50-60	12-12,4
Geilo	8000	M/B/K	430-650	35-40	50-70	>12 (?)
Elstrøm	24000	M/K	500	35-40	55-70	12,5-14
Rådalen	-	-	450	35	>50 (%)	>11

Tegnforklaring:

- Pe = Personekvivalenter (hydraulisk)
- M = Mekanisk rensing

- K = Kjemisk rensing
- B = Biologisk "
- TS = Tørrstoff

Kommentarer til tabellen:

- Rådalen er et rent slambehandlingsanlegg som behandler septikslam og avvannet slam fra høygradige renseanlegg bl.a. Knappen.
- Geilo er til tider (høysesong) belastet med opptil 11.000 pe. Slam som er lagret i opptil 1 år lukter ikke. Når det gjelder slammets hygieniske egenskaper foreligger det få analysedata.

Analysen av slamprøve fra Elstrøm Ra 29.8.90 viste at innholdet av fekale streptokokker var mindre enn 10 pr. gram slam /9/.

#### Sverige

Se avsnitt 2.6.4

#### 2.6.6 Slamvannsretur

Problemer med slamvannsretur på anlegg med kalkstabilisering er dokumentert i NTNFProsjektrapport 6/77 /2/.

Se avsnitt 2.6.3.

#### 2.6.7 Fordeler og ulemper ved ulike metoder

Med basis i foreliggende dokumentasjon om driftserfaringer er fordeler og ulemper ved de ulike kalkbehandlingsmetodene listet opp i tabell 2.11.

Tabell 2.11. Fordeler/ulempes ved ulike metoder

Metode	Fordeler	Ulemper
Kalkfelling	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Slamvannsretur</li> <li>- God slamkvalitet m.h.p lukt (stabilitet)</li> <li>- Lite lukt i anlegget</li> <li>- Lav investering slambehandling</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hygienisk usikker</li> <li>- Krever kostbar avvanning for å oppnå tilfredsstillende struktur</li> </ul>
Kalkkondisjonering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- God slamkvalitet m.h.p lukt og brukervennlighet (spredning)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avvanning kostbar Sentrifuger/silbåndpresser lite aktuelle</li> <li>- Hygienisk usikker</li> <li>- Høyt kalkforbruk</li> </ul>
Kalkstabilisering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- God slamkvalitet m.h.p lukt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utjevning slamvannsretur nødvendig</li> <li>- Ujevn innblanding</li> <li>- Høyt kalkforbruk</li> <li>- Forøvrig som kalkfelling</li> </ul>
Orsa-metoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>- God slamkvalitet m.h.p lukt og hygiene</li> <li>- Relativt rimelig avvanning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Høyt kalkforbruk</li> <li>- Lukt fra prosessen (ammoniakk-gass)</li> </ul>

Kommentarer til tabellen:

- Tilsetting av kalk til vann- eller slambehandlingsprosessene før avvanning vil normalt gi problemer med avvanning i sentrifuger og silbåndpresser. Ved kalkfellingsanlegg er imidlertid erfaringene delte.

- Slam fra kalkfelling, kalkstabilisering og kalkkondisjonering kan anses som hygienisk akseptabel m.h.p salmonella, termostabile koli og streptokokker men ikke hva parasittegg og sporedannende bakterier angår. Eliminering av smittefare for potetål vil kreve en lagringstid på 1 år for disse prosessene.
- Slam fra Orsa-metoden vil være hygienisk tilfredsstillende forutsatt at kravene i avsn.2.2.5 oppfylles.
- Kalkkondisjonering er en prosess som ikke er beregnet på å bedre slammets kvalitet
- Ved kalkstabilisering vil faren for ujevn innblanding av kalk være stor og det vil være vanskelig å garantere riktig dosering.

## 2.7 UTVIKLINGSTENDENSER

### 2.7.1 Generelt

Kalk har pga. driftsproblemer på anlegg bygget på 70-tallet, kommet i vanry. Det er derfor bygget få anlegg de senere år med en eller annen form for kalkbehandling. Høye kjemikaliekostnader har også vært en medvirkende faktor.

Økte krav til slamkvalitet fra myndighetenes side har imidlertid medført at en har begynt å vurdere kalk som et slamkvalitetsforbedrende middel i mye større omfang enn tidligere.

### 2.7.2 Utviklingstendenser

#### Orsa-metoden

De siste 10 årene er det bygget en håndfull anlegg med Orsa-metoden. Denne prosessen ser ut til å aktualiseres ved små og mellomstore anlegg opptil 20.000 pe.

Ingen av de anleggene som er bygget, er utformet slik at de sikrer 100% hygienisering. Det forventes derfor at de nye anleggene som vil bli bygget etter denne prosessen vil få krav om en separat hygieniseringsreaktor/silo etter kalktilsetting.

Den utviklingen som til nå har foregått med denne prosessen, har i stor grad dreid seg om kvalitetsforbedring av prosessutstyret. Denne vil nok fortsette selv om en pr. i dag har tilgjengelig svært robust og driftssikkert utstyr.

Kalkstabilisering

Denne prosessen synes lite aktuell for fremtiden spesielt pga. høyt forbruk av kalk og usikkerheten knyttet til doseringsmengder.

Kalkfelling

Kalkfelt slam som komposteres vil være en aktuell prosessløsning i årene fremover. Denne løsningen vil imidlertid gi så vidt høye behandlingskostnader totalt sett at den av den grunn vil bli uaktuell i de fleste tilfeller.

### 3. VIDERE ARBEID

#### 3.1 Kompostering

Frilandskompostering med spesialbygde vendemaskiner er ikke forsøkt i Norge. En slik prosess etter amerikansk modell med intensiv vending av komposten (opptil 2 ganger pr. døgn), bør forsøkes gjennomført på et norsk anlegg.

Et slikt prosjekt bør gjennomføres som et pilotprosjekt. Prosjektet må ta sikte på å danne grunnlaget for retningslinjer/anbefalinger bl.a. når det gjelder dimensjonering, bygging og drift av slike anlegg.

Utviklingen av et norsk reaktorsystem må følges opp nærmere enn hva som har vært tilfelle så langt. Et samspill her mellom oppfinner, anleggseiere, konsulenter og offentlige fagmiljøer (bl.a. NLH, NTH) vil kunne resultere i en prosess som er tilpasset norske forhold. Utprøving av reaktorsystemet foregår allerede med slam fra Sellikdalen Renseanlegg på Kongsberg.

Utvikling av stadig bedre prosesser basert på prinsippet med luftet plate pågår i andre land. Prosessene blir stadig mer arealgjerrige, noe som gir reduserte investeringskostnader. I første omgang er det viktig å skaffe seg oversikt over de prosessene som er utviklet, og dernest skaffe seg mest mulig informasjon om de forskjellige prosessene. Disse opplysningene kan benyttes til videre utvikling av eksisterende norske anlegg og etablering av nye anlegg.

Kompostering i haller innendørs for bl.a å unngå luktspredning og holde bedre prosesskontroll er en løsning som bør vurderes.

Samkompostering med andre typer avfall er en aktuell problemstilling som bør tas opp til nærmere vurdering.

En samlet oversikt over alle de komposteringsprosessene som finnes rundt om i verden, bør ha første prioritet i det videre arbeid. Målsettingen må være å tilpasse og videreutvikle for norske forhold de prosessene man i dag har gode erfaringer med.

En hovedmålsetting for det videre arbeidet må være å utvikle kompetansenivået i fagmiljøet slik at prosessene kan videreutvikles både i retning av mer arealgjerrige prosesser og bedre komposteringskvalitet.

Arbeidsgruppene foreslår videre at det igangsettes et prosjekt vedrørende oppfølging av eksisterende komposteringsanlegg både med sikte på en kartlegging og optimalisering av prosessene.

## 4.2 Kalkbehandling

I det videre arbeid med kalkbehandlingsprosesser synes det riktig å konsentrere seg om kalking av avvannet slam (Orsa-metoden) og kalkfelling i kombinasjon med kompostering.

Hygieniske forhold i kalkfelt slam bør undersøkes nærmere spesielt m.h.p. sporedannende bakterier og parasittegg.

Ingen av de norske anleggene som er bygget etter Orsa-metoden er utformet slik at de sikrer 100% hygienisering. En bør derfor skaffe seg oversikt over hvordan anlegg som oppnår dette bygges i andre land, bl.a. Tyskland hvor kravene er strenge.

Det bør igangsettes et forskningsprosjekt på kompostering av kalkfelt eller kalket slam. Prosjektet bør omfatte alternative driftsmåter med sikte på å redusere behandlingstidene. Videre må prosjektet også innebære en tett oppfølging av prosessforløpet, (bl.a. m.h.p. analyser), tungmetallinnhold, opptak av tungmetaller i vekster og pH-nivå i jordsmonn ved bruk av denne komposttypen.

## Referanser

1. NTNF's utvalg for drift av renseanlegg. Sluttrapport 1984.
2. NTNF's utvalg for drift av renseanlegg. Prosjektrapport 6/77 " Driftserfaringer fra kalkstabiliseringsanlegg". C. Harr, S. Mundal.
3. NTNF. Program for VAR-teknikk. Prosjektrapport 63/87, " Hygienisering av slam ". B. Paulsrud.
4. VAV P61/86 " Styrning av slambehandlingsprosesser ". H. Holmstrøm.
5. Miljøpakke Drammen. " Kalkfelt slam som ressurs. Oppsummering av 1989-resultatene". L. Vråle.
6. SFT-TA 573/82 " Retningslinjer for lagring og disponering av kloakkslam ".
7. Norsk Veterinærtidsskrift 1981. "Forekomst av parasittegg i avvatna råslam frå kloakkrenseanlegg og septikktankar i Noreg". K. Bergstrøm
8. Driftsassistansen i Buskerud. Slamseminar Ål 24. -.25.4. 1990. "Driftserfaringer m/hygienisering av slam med ulesket kalk på Geilo Ra i Hol kommune". B. Lauvvang, Hol kommune.
9. Skien kommune. Intern rapport "Hygienisering av kloakkslam. Rapport om drift og foreløbige resultater ved tilsetting av brent kalk ved Elstrøm Ra". J. Elstrøm
10. SFT-TA 525/85 "Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg"
11. " Using Quicklime-Hygienization and Solidification of sewage sludge", H. Roediger (1987)
12. Korrespondenz Abwasser 1/88 ATV/VKS-AG 3.2.2 Entseuchung von Klärschlamm. 2. arbeitsbericht. Utarbeidelse av faglige kriterier for oppfyllelse av "Verordnung über das Aufbringen von Klärschlamm-Klärschlammverordnung" (AbfKlärV), Bundesgesetzblatt 1982.

13. NIVA. Rapport 17/84 "Kalkfelling på små renseanlegg".  
R. Storhaug.
14. VAR-dagene'90. "Erfaringer med kalkbehandling av slam ved Geilo Renseanlegg", M.R. Sæther, Driftsassistansen i Buskerud.
15. VAR-dagene'90 "Utviklingen av slambehandlingen ved VEAS som et resultat av kommende utslippskrav". P. Sagberg, VEAS.
16. Driftsassistansen i B. Slamseminar Ål 24.-25.4.1990.  
"Brukererfaringer med kalkbehandlet slam i Nedre Buskerud" B. Grøstad, Fylkeslandbrukskontoret i Buskerud.
17. SNV. PM 1743/84 "Kalkning av slam-hygieniska effekter"  
H. Hedin, H. Holmstrøm.