

# **Erfaringer med biogassanlegg for behandling av våtorganisk avfall**

Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S

Rapport nr: 04-004  
Prosjekt nr: O-01126

Prosjektleder: Siv.ing. Kjell Terje Nedland  
Medarbeider: Siv.ing. Bjarne Paulsrud

# aquateam RAPPORT

Postboks 6875 Rodeløkka  
0504 Oslo

Telefon: 22 35 81 00  
Telefaks: 22 35 81 10

Rapportnummer: 04-004  
Tilgjengelighet: Åpen

Rapportens tittel	Dato
Erfaringer med biogassanlegg for behandling av våtorganisk avfall	19.03.2004
	Antall sider og bilag
	48
Forfatter(e) sign.	Ansv. sign.
Kjell Terje Nedland	<i>Kjell Terje Nedland</i>
Bjarne Paulsrud	<i>Bjarne Paulsrud</i>
	Prosjektnummer
	O-01126

Oppdragsgiver	Oppdr.givers ref.
ORIO-programmet	Tormod Briseid

Med delfinansiering fra ORIO-programmet er det gjort en sammenstilling av erfaringer med biogassanlegg for behandling av våtorganisk avfall, og med særlig fokus på forbehandlingsløsninger. De to norske biogassanleggene for våtorganisk husholdningsavfall er detaljert gjennomgått. I tillegg er det gjort en litteraturundersøkelse om biogassanlegg for våtorganisk avfall i Europa, med spesiell vekt på svenske og danske anlegg.

Generelt er det andre komponenter enn selve matavfallet (papir- og plast, tekstiler, metallgjenstander, stein og grus) som forårsaker mest problemer på biogassanlegg for våtorganisk avfall. Det har derfor normalt vært store problemer med forbehandlingsanlegget på de fleste slike anlegg, og det har tatt minst ett år å få anleggene i stabil drift. På samme måte som for komposteringsanlegg, kreves det en omfattende forbehandling for å få en biomasse som lett lar seg håndtere i resten av anlegget. Utfordringen er å få tatt ut gjenstander som ikke lar seg utrånne, samtidig som man ikke tar ut for mye av det våtorganiske avfallet.

Det oppstår av og til luktproblemer på alle biogassanlegg for våtorganisk avfall. Det er først og fremst mottaksanlegget og eventuelle etterkomposteringsanlegg som skaper luktproblemer, men også ved rengjøring av råtnetanker kan det oppstå slike problemer. Det er derfor viktig å lokalisere anleggene slik at naboer ikke blir unødig sjenert, og i størst mulig grad bygge inn mottaksanleggene og installere avgassrensing.

## Stikkord - norsk

## Stikkord - engelsk

Biogassanlegg	Biogas plants
Våtorganisk avfall	Organic household waste
Forbehandling	Pretreatment
Erfaringer	Experiences
Driftsdata	Operation data

## Innholdsfortegnelse

Sammendrag og konklusjoner.....	4
1. Innledning.....	7
1.1. Generelt om biogassanlegg for behandling av kildesortert våtorganisk avfall (KVA)	7
1.2. Europeiske biogassanlegg som mottar kildesortert våtorganisk avfall .....	7
2. Erfaringer fra norske biogassanlegg for våtorganisk avfall .....	9
2.1. Mjøsanlegget, Lillehammer.....	9
2.1.1. Innledning .....	9
2.1.2. Beskrivelse av anlegget.....	9
2.1.3. Driftsdata fra anlegget .....	10
2.1.4. Driftserfaringer .....	16
2.2. Sellikdalen renseanlegg, Kongsberg .....	17
2.2.1. Innledning .....	17
2.2.2. Beskrivelse av anlegget.....	17
2.2.3. Driftsdata fra anlegget .....	21
2.2.4. Driftserfaringer .....	23
3. Erfaringer fra svenske og danske biogassanlegg for våtorganisk avfall .....	25
3.1. Svenske og danske biogassanlegg som mottar kildesortert husholdningsavfall .....	25
3.2. Fågemyra, Borlänge.....	26
3.2.1. Prosessbeskrivelse.....	26
3.2.2. Driftserfaringer .....	27
3.3. Sobacken, Borås.....	27
3.3.1. Prosessbeskrivelse.....	27
3.3.2. Driftserfaringer .....	29
3.4. Kil biogassanlegg.....	29
3.4.1. Prosessbeskrivelse.....	29
3.4.2. Driftserfaringer .....	30
3.5. Kristianstad biogassanlegg, Karpalund.....	31
3.5.1. Prosessbeskrivelse.....	31
3.5.2. Driftserfaringer .....	32
3.6. Studsgård biogassanlegg, Herning.....	32
3.6.1. Prosessbeskrivelse.....	32
3.6.2. Driftserfaringer .....	33
3.7. Grindsted renseanlegg.....	34
3.7.1. Prosessbeskrivelse.....	34
3.7.2. Driftserfaringer .....	34
3.8. Vaarst-Fjellerad Biogassanlegg, Aalborg.....	36
3.8.1. Prosessbeskrivelse.....	36
3.8.2. Driftserfaringer .....	37
3.9. Århus Nord, Spørring.....	37
3.9.1. Prosessbeskrivelse.....	37
3.9.2. Driftserfaringer .....	38
4. Erfaringer fra andre europeiske biogassanlegg for våtorganisk avfall .....	39
4.1. Generelt .....	39
4.2. Brecht I og II, Belgia.....	39
4.3. Münster, Tyskland.....	41
4.4. Kirchstockach, Brunthal, Tyskland.....	42
4.5. Tilburg, Nederland .....	43
4.6. Bachenbülach, Sveits .....	44
4.7. Ortelfingen, Sveits.....	46
5. Referanser .....	48

## Sammendrag og konklusjoner

Med delfinansiering fra ORIO-programmet er det gjort en sammenstilling av erfaringer med biogassanlegg for behandling av våtorganisk avfall, og med særlig fokus på forbehandlingsløsninger. De to norske biogassanleggene for våtorganisk avfall (Mjøsanlegget og Sellikdalen renseanlegg) er gjennomgått i detalj. I tillegg er det gjort en litteraturundersøkelse om biogassanlegg for våtorganisk avfall i Europa, med spesiell vekt på svenske og danske anlegg.

Generelt er det andre komponenter enn selve matavfallet (papir- og plast, tekstiler, metallgjenstander, stein og grus) som forårsaker mest problemer på biogassanlegg for våtorganisk avfall. Det har derfor normalt vært store problemer med forbehandlingsanlegget på de fleste slike anlegg, og det har tatt minst ett år å få anleggene i stabil drift. På samme måte som for komposteringsanlegg kreves det en omfattende forbehandling for å få en biomasse som lett lar seg håndtere i resten av anlegget. Utfordringen er å få tatt ut gjenstander som ikke lar seg utrånne, samtidig som man ikke tar ut for mye av det våtorganiske avfallet.

I år 2000 var det 77 europeiske biogassanlegg hvor kildesortert våtorganisk husholdningsavfall (KVHA) utgjorde en stor del av biomassen. Det var omtrent like mange anlegg med "våt" prosess (TS <15 %) som med "tørr" prosess (TS >25 %), og bare noen ganske få anlegg med en halvtørr prosess. I begynnelsen ble de fleste anleggene drevet mesofilt (35-40 °C), men etter hvert har det blitt like mange termofile (50-55 °C) som mesofile anlegg. Nitti prosent av de europeiske biogassanlegg som mottar KVHA, er enstegs, dvs. at både hydrolyse, syredannelse og metandannelse skjer i samme tank.

I "våte" enstegs anlegg blir avfallet normalt tilsatt rentvann eller resirkulert vann fra prosessen i en pulper (blandetank) med god omrøring. Ofte vil det dannes tre sjikt i en våt prosess: et lag med tungt materiale i bunnen, som vil kunne gjøre skade på omrørere, et midtsjikt med biomasse, og et flyteslamsjikt med plast og papir, ofte flere meter tykt, som vil kunne hindre god omrøring. Det er derfor vanlig å ha en gravitasjonsseparator der bunnsjiktet og flytesjiktet fjernes, enten i kombinasjon med pulperen, eller som en egen tank før råtnetanken.

I "tørre" enstegs anlegg blir avfallet ikke tilsatt vann. På slike anlegg blandes det normalt inn 50-80 % hageavfall. Utfordringene i denne type anlegg er mer knyttet til å få transportert, pumpet og blandet massen enn å få et høyt gassutbytte. Massen forflyttes ved transportbånd, skruer eller spesialkonstruerte pumper. Den eneste forbehandling som er nødvendig i en slik prosess, er å fjerne harde gjenstander over ca. 40 mm. På grunn av høy viskositet får man en stempelstrøms bevegelse gjennom tankene, slik at man unngår kortslutningsstrømmer.

Det oppstår av og til luktproblemer på alle biogassanlegg for våtorganisk avfall. Det er først og fremst mottaksanlegget og eventuelle etterkomposteringsanlegg som skaper luktproblemer, men også ved rengjøring av råtnetanker kan det oppstå slike problemer. Det er derfor viktig å lokalisere anleggene slik at naboer ikke blir unødig sjenert, og i størst mulig grad bygge inn mottaksanleggene og installere avgassrensing.

### Erfaringer fra norske anlegg

Mjøsanlegget ved Lillehammer er dimensjonert for 14.000 tonn KVHA pr. år. Fra ca. 60 % av abonnentene kommer det bleier med i det våtorganiske avfallet, og det er også en stor andel av plastposer. Anlegget er levert av Cambi AS og består av forbehandling, termisk hydrolyse, utrånning og avvanning. Den avvannede råtneresten blir deretter rankekompostert med knust hageavfall på det gamle komposteringsanlegget. Et midlertidig forbehandlingsanlegg bestående av en 80 mm trommelsikt med kniver har vært nødvendig å installere i ettertid for å redusere driftsproblemene ved hovedanlegget. Trommelsikten tar ut bleier, plast, papir og tekstiler og fjerner ca. 10 % av det leverte materialet.

Råtnetanken har et effektivt volum på 2.000 m<sup>3</sup>, og var høsten 2003 belastet med 2,7 kg FTS (3,8 kg KOF) pr m<sup>3</sup> og døgn, tilsvarende en oppholdstid på 27 døgn. Nedbrytningsgraden gjennom råtnetanken var så høy som 63 % med hensyn på flyktig tørrstoff (FTS) (58 % for KOF), og dette viser at den termiske hydrolysen har en svært positiv effekt på nedbrytningsgraden i råtnetanken. Gassproduksjonen var også høy: 0,67 Nm<sup>3</sup>/kg tilført FTS, og 1,07 Nm<sup>3</sup>/kg nedbrutt FTS. Metaninnholdet i gassen var imidlertid lavt (61-62 %), men rent energimessig oppveies dette av den høye gassproduksjonen. Gassen blir brukt til å produsere strøm.

Råtneresten avvannes til ca. 25-30 % TS uten tilsetning av polymer, og blandes med ca. 60-70 volumprosent kvernet hageavfall og kvist. Blandingen legges ut i ranker på en plate og vendes ca. 3 ganger pr. uke i 4 uker. Deretter legges komposten opp i hauger for ettermodning. Produktet overholder stort sett kvalitetsklasse I i Gjødselevareforskriften.

På grunn av problemer med urenheter i biomassen har det vært nødvendig å installere omrører og endre bunnskraperen i mellomlageret. Kapasiteten på rundpumpesystemer er øket, og det tilsettes ny biomasse til råtnetanken daglig for å unngå tiltetting av rør og bend.

Sellikdalen renseanlegg i Kongsberg har bygd en ny råtnetank og behandler inntil 10 tonn KVHA/dag i tillegg til avløpsslam fra 18.000 pe i biogassanlegget. Det er Hifo Tech AS som har stått for ombyggingen, og anlegget drives termofilt med to råtnetanker i serie, og resirkulering av ca. 10 ganger innkommende mengde fra utløpet av råtnetank 2 til innløpet av råtnetank 1. Råtnetank 2 er bygd uten omrørere eller oppvarming. Matavfallet passerer en grovkvern og en oppløsertank, hvor det blir blandet med utrånnet biomasse til et tørrstoffinnhold på ca. 10 %. Bunnfallet i oppløsertanken blir fjernet manuelt etter at avfallet er pumpet ut gjennom en "lobe"-pumpe og en Strainpress, som fjerner plast og større partikler. Det er ingen utjevning av matavfallet inn på råtnetank 1, og dette fører til svært ujevn gassproduksjon. Gassen blir brukt til å lage strøm. Råtneresten blir avvannet til ca. 40 % TS i en sentrifuge, og blir brukt til overdekking på en kommunal fyllplass. Det er ingen sjenerende lukt av råtneresten.

Det foreligger svært lite data fra anlegget, men oppholdstiden i råtnetankene ligger på ca. 18 døgn, og gassproduksjonen er anslått til ca. 0,5 kg Nm<sup>3</sup>/kg tilført organisk stoff, ca. 0,9 kg Nm<sup>3</sup>/kg nedbrutt organisk stoff.

Det leverte anlegget for forbehandling av våtorganisk avfall hadde ikke motorer som var sterke nok, slik at man måtte bytte dem og sette inn frekvensomformere. Plastseparatoren er også byttet, og den nye Strainpressen fjerner all plast, men også en del av matavfallet. Det har også vært problemer med å holde temperaturen i råtnetankene på 55 °C, hvilket er en av årsakene til at det tidvis har vært for mye bakterier i sluttproduktet.

### **Danske og svenske erfaringer**

I Sverige var det i 2001 fire biogassanlegg og i Danmark tre "biogassfællesanlæg" og ett biogassanlegg for avløpsslam som mottar KVHA. Fem av de åtte anleggene drives termofilt, og alle unntatt Sobacken er våte, enstegs biogassprosesser. Alle er bygget i siste halvdel av 1990-årene. De tre "biogassfællesanleggene" i Danmark, og Kristianstad biogassanlegg i Sverige, leverer tilbake flytende gjødsel til bøndene som leverer husdyrgjødsel til anleggene. Fra de svenske anleggene og anlegget for avløpsslam og KVHA i Danmark leveres en avvannet råtnerest til jordforbedring. På de fleste anleggene blir råtneresten etterkompostert.

Driftserfaringer fra anleggene tilsier at det er store problemer med å få frasortert papir, plast, tekstiler, metaller og sand fra våtorganisk avfall, uten at mye av det våtorganiske også blir frasortert. Det har også vært problemer med omrøring i råtnetankene på noen anlegg.

**Erfaringer fra andre europeiske anlegg**

Det er også tatt med beskrivelse av sju europeiske biogassanlegg. Seks av disse anleggene behandler KVHA sammen med hageavfall, mens det siste anlegget behandler ren KVHA. Fem av anleggene har tørre prosesser, og fem har termofil utråtning. Seks av anleggene er enstegs anlegg. Anleggene leverer avvannet råtnerevst til etterkompostering eller til direkte bruk i jordbruket eller som toppdekke på fyllplasser. Noe blir også blandet inn i kompostprodukter.

Generelt kan erfaringene fra anleggene sammenfattes med at det finnes velfungerende biogassanlegg som behandler husholdningsavfall i Europa. Erfaringene fra disse anleggene er imidlertid ofte vanskelige å overføre til nordiske forhold, fordi rammebetingelsene er så forskjellige. Kun få anlegg drives kun med KVHA, og i anlegg med "tørr" prosess blir det vanligvis tilsatt store mengder hageavfall, typisk 50-80 %.

Generelle tendenser for velfungerende anlegg synes å være at det ikke inngår plast i innsamlingen av avfallet, verken i husholdningene eller i innsamlingssystemet. Der det ikke anvendes plast, kan forbehandlingen av avfallet være svært enkel. Ofte består den bare av kverning, magnetseparering og eventuell sikting. Mengde rejevt er også mye mindre fra slike anlegg. Skjer innsamlingen i plastposer, er det behov for vesentlig mer kompliserte forbehandlingsteknikker, samtidig som rejevtmengden øker kraftig.

## 1. Innledning

### 1.1. Generelt om biogassanlegg for behandling av kildesortert våtorganisk avfall (KVA)

KVA består ikke kun av matavfall, men også av papir- og plastposer, plastkapsler, tekstiler, metallgjenstander, stein og grus. Disse komponentene bør fjernes fra avfallet tidligst mulig i prosessen for å unngå problemer med slitasje og havari på utstyr, og tiltetting og hyppig rengjøring av utstyr og bassenger. Det kreves derfor en omfattende forbehandling før utråtningen, for eksempel bestående av poseåpnere, sikter, pulpere, kverner, presser, magnet- og gravitasjonsseparatorer (våte prosesser). Ofte medfører disse prosessene at det fraskilles opptil 30 vektprosent av avfallet, med et tilsvarende tap i organisk stoff på fra 15 til 25% (Lissens et al., 2001). Hvilke gjenstander som finnes i avfallet, avhenger av mange faktorer, bl.a. hvilke typer avfall som tillates i KVA, hva slags poser og oppsamlingsutstyr som brukes, og hvor flinke husholdningene er til å sortere (avhenger i stor grad av informasjonen som gis).

Generelle tendenser for velfungerende anlegg synes å være at det i innsamlingssystemet ikke inngår plastposer, verken i husholdningene eller oppsamlingssystemet (la Cour Jansen & Svärd, 2002).

Det er mange forskjellige typer prosesser å velge mellom for utråtning av KVA. Man kan velge våt (<15 % TS), halvtørr eller tørr (>25 % TS) prosess. Prosessen kan være enstegs eller flerstegs. I enstegs prosesser skjer både hydrolyse, syredannelse og metandannelse i samme tank, mens disse fasene er delt på flere tanker i tostegs eller flerstegs prosesser. Flerstegs prosesser kan ha forskjellig tørrstoffinnhold i de forskjellige delene av prosessen. Prosessen kan enten drives mesofilt (ved temperatur 35-40 °C) eller termofilt (ved temperatur 50 – 55 °C). Det vil normalt også være et hygieniseringstrinn ved anleggene, og dersom det skal lages gjødsel eller jordforbedringsmidler med høyt tørrstoffinnhold, kreves det gjerne også en etterkompostering av råtneresten. I mange anlegg er det husdyrgjødsel og organisk industriavfall som representerer de største avfallsmengdene, og fra disse anleggene utnyttes normalt råtnerest med 3-5 % tørrstoffinnhold som flytende gjødsel.

### 1.2. Europeiske biogassanlegg som mottar kildesortert våtorganisk avfall

I forbindelse med problemene med driften av Nordsjællands Biogasanlæg I/S ble det i 2000 og 2001 gjennomført en undersøkelse av europeiske biogassanlegg som mottar KVA (la Cour Jansen & Svärd, 2002). I begynnelsen av år 2000 fant man 118 europeiske biogassanlegg som tok imot KVA. Av disse var det 77 anlegg hvor våtorganisk avfall fra husholdninger utgjorde en vesentlig del av avfallsmengden. Av disse anleggene lå over halvparten (43) i Tyskland, 9 i Sveits, 6 i Østerrike, 5 i Nederland, 4 hver i Sverige og Danmark, 2 hver i Belgia og Italia og ett hver i Finland og Frankrike. Anleggene var bygd fra 1986 til 1999 i en jevnt stigende kurve frem til 1997, med en noe fallende tendens etter dette. Dimensjonerende belastning på anleggene varierer fra 600 til 130.000 tonn per år, så spredningen i anleggstørrelse er stor.

Biogassanlegg for KVA er bygd av et stort antall leverandører, og det er brukt et bredt spektrum av prosessoppbygginger. Det er derfor ikke noen generelt sterk europeisk leverandør av slike anlegg. Det er omtrent like mange anlegg med "våt" prosess (TS<15 %) som med "tørr" prosess (TS<25 %), og bare noen ganske få anlegg med en halvtørr prosess. I begynnelsen ble de fleste anleggene drevet mesofilt (35-40 °C), men etter hvert har det blitt like mange termofile (50-55 °C) som mesofile anlegg. Nitti prosent av de europeiske biogassanlegg som mottar KVA, er enstegs, dvs. at både hydrolyse, syredannelse og metandannelse skjer i samme tank (Lissens et al., 2001).

I "våte" enstegs anlegg blir avfallet normalt tilsatt rentvann eller resirkulert vann fra prosessen i en pulper (blandetank) med god omrøring. Ofte vil det dannes tre sjikt i en våt prosess: et lag med tungt materiale i bunn, som vil kunne gjøre skade på omrørere, et midtsjikt med biomasse, og et flyteslamsjikt med plast og papir, ofte flere meter tykt, som vil kunne hindre god omrøring (Lissens et al., 2001). Det er derfor vanlig å ha en gravitasjonsseparator der bunnsjiktet og flytesjiktet fjernes, enten i kombinasjon med pulperen, eller som en egen tank før råtnetanken.

En ulempe med denne prosessstypen er at det kan oppstå kortslutningsstrømmer som gjør at noe av biomassen får en langt kortere oppholdstid enn gjennomsnittet. Hvis det skal oppnås hygienisering i en termofil våt prosess, bør derfor en tilstrekkelig oppholdstid for alle partikler sikres. Dette kan enten gjøres ved kontrollert utpumping/uttapping før innpumping av nytt våtorganisk materiale eller ved å ha en egen tank eller avdelt del av råtnetanken med den nødvendige oppholdstiden. Typiske organiske belastninger på slike systemer med KVA er 5-10 kg FTS/m<sup>3</sup>·d (Lissens et al., 2001). Gassutbyttet ligger i området 80-120 Nm<sup>3</sup>/tonn mottatt avfall, med et metaninnhold i gassen på ca. 65 % (la Cour Jansen & Svärd, 2003).

I "tørre" enstegs anlegg blir avfallet ikke tilsatt vann. På slike anlegg blandes det normalt inn 50-80 % hageavfall (la Cour Jansen & Svärd, 2003). Utfordringene i denne type anlegg er mer knyttet til å få transportert, pumpet og blandet massen enn å få et høyt gassutbytte (Lissens et al., 2001). Massen forflyttes ved transportbånd, skruer eller spesialkonstruerte pumper. Den eneste forbehandling som er nødvendig i en slik prosess, er å fjerne harde gjenstander over ca. 40 mm. På grunn av høy viskositet får man en stempelstrøm bevegelse gjennom tankene, slik at en unngår kortslutningsstrømmer. Minst tre systemer har vist seg å være effektive til å røre om avfall i industriell skala (Lissens et al., 2001):

- Omrøring av en del ferskt avfall med seks deler behandlet avfall fra bunn av reaktoren, og pumpe dette til toppen av reaktoren (Dranco).
- Omrøring på samme måte, men i en horisontal reaktor med sakteroterende skrape-system som skyver massen fremover. Systemet krever et tørrstoffinnhold på ca. 23 % (Kompogas, BRV).
- Omrøring med biogass injeksjon ved høyt trykk slik at massen beveger seg i en horisontal sirkel i en stående sylinder (Valorga).

Organiske belastninger på tørre prosesser er i størrelsesorden 5-15 kg FTS/m<sup>3</sup>·d (Lissens et al., 2001). Gassutbyttet fra tørre prosesser har vist seg å være opptil 10 % høyere enn for våte prosesser. Gassutbyttet varierer imidlertid mye fra anlegg til anlegg, og det er ofte mer avhengig av avfallets innhold enn av prosessstype.

For alle anleggstyper synes det å være regelen mer enn unntaket at innkjøringen av et anlegg tar lang tid, ofte over et år (la Cour Jansen & Svärd, 2003). Gassen fra slike biogassanlegg anvendes som regel til el-produksjon, men dette er ikke alltid like problemfritt.

Det oppstår av og til luktproblemer på alle biogassanlegg for våtorganisk avfall. Det er først og fremst mottaksanlegget og eventuelle etterkomposteringsanlegg som skaper luktproblemer, men også ved rengjøring av råtnetanker kan det oppstå slike problemer. Det er derfor viktig å lokalisere anleggene slik at naboer ikke blir unødig sjenert, og i størst mulig grad bygge inn mottaksanleggene og installere avgassrensing.

## 2. Erfaringer fra norske biogassanlegg for våtorganisk avfall

Det er foreløpig bare to biogassanlegg i Norge som behandler våtorganisk avfall:

- Mjøsanlegget ved Lillehammer
- Sellikdalen renseanlegg i Kongsberg

Mjøsanlegget behandler bare våtorganisk husholdningsavfall, mens anlegget i Kongsberg behandler både avløps slam fra kommunens renseanlegg, hvor biogassanlegget er plassert, og matavfall (våtorganisk) fra kommunen.

Begge anleggene i sin nåværende form ble satt i drift i 2001, og med en igangkjøringsperiode på ½ - 1 år, er det bare ca. 1 års normal drift som man har erfaringer fra ved begge anlegg.

### 2.1. Mjøsanlegget, Lillehammer

#### 2.1.1. Innledning

Mjøsanlegget er bygd i fellesskap av avfallsselskapene GLØR og GLT-Avfall samt VAR-selskapet HIAS og ligger i tilknytning til GLØRs miljøstasjon på Roverudmyra ved Lillehammer. Se figur 1. Anlegget skal ta imot matavfall fra ca. 185.000 personer i Mjøregionen og er dimensjonert for ca. 14.000 tonn avfall pr. år. Det er forskjellig erfaring med kildesortering av mat-avfall hos befolkningen innen de tre samarbeidende selskapene (GLØR har hatt kildesortering siden 1993, mens GLT nettopp har begynt), og dette medfører store variasjoner i sammensetningen av det våtorganiske avfallet. Fra ca. 60 % av abonnentene (GLØR og HIAS) kommer det bleier med i det våtorganiske avfallet, og det er også en stor andel av plastposer.

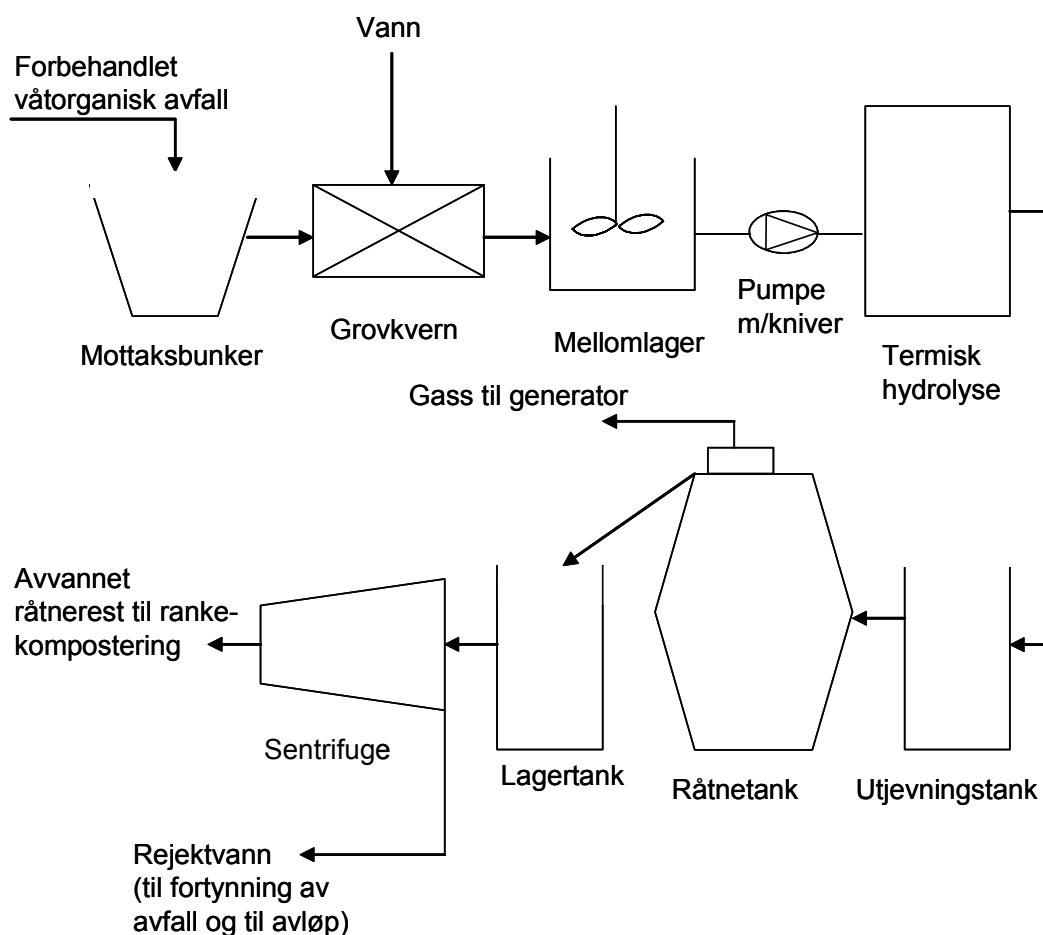


*Figur 1. Oversiktsbilde over biogassanlegget på GLØR.*

#### 2.1.2. Beskrivelse av anlegget

Behandlingsanlegget er dimensjonert og levert av Cambi AS som en totalentreprise. Anlegget består i hovedsak av forbehandling, termisk hydrolyse (Cambi-prosessen), utråtning og

avvanning. Den avvannede råtneresten blir deretter rankekompostert med knust hageavfall på det gamle komposteringsanlegget. Biogassen fra råtnetanken går sammen med deponigassen fra fyllplassen til to gassgeneratorer som produserer strøm til det lokale E-verket. Figur 2 viser et forenklet flytskjema for behandlingsanlegget. Dette flytskjemaet omfatter ikke prosesser som er tatt ut av drift (sentrifuge eller termisk hydrolyse for å produsere karbonkilde til nitrogenfjerningen ved Lillehammer renseanlegg) og heller ikke det midlertidige forbehandlingsanlegget som er etablert i ettetid for å redusere driftsproblemene ved hovedanlegget. Denne forbehandlingen består av en trommelsikt (80mm hull) med kniver som kutter opp poser. Se figur 3. Utstyret driftes intermittent, d.v.s. det våtorganiske avfallet tømmes på en plate rett utenfor miljøstasjonen, og trommelsikten mates med en hjullaster når det er samlet opp 40-50 tonn avfall. Trommelsikten tar ut plast, papir og tekstiler, og fjernet mengde tilsvarende ca. 10 % av levert mengde våtorganisk avfall. Det forbehandlede avfallet transporteres med hjullaster til mottaksbunkereren i Mjøsanlegget.



**Figur 2. Forenklet flytskjema for Mjøsanlegget**

### 2.1.3. Driftsdata fra anlegget

Det finnes hittil relativt lite ordinære driftsdata fra Mjøsanlegget, og derfor ble det laget en søknad til ORIO-programmet om en tilleggsbevilgning som skulle gi grunnlag for å:

1. Beregne hvor mye organisk stoff (flyktig tørrstoff (FTS) og KOF) som brytes ned i råtnetanken ved Mjøsanlegget, og sammenligne dette med tilsvarende anlegg uten termisk hydrolyse (Cambimetoden).

2. Kontrollere og kalibrere biogassmåleren ved anlegget, slik at man kunne beregne produsert mengde biogass i forhold til tilført mengde organisk stoff og omsatt mengde organisk stoff i råtnetanken.



**Figur 3. Trommelsikt med kniver på GLØR-anlegget.**

Søknaden ble innvilget, og høsten 2003 ble tilleggsprosjektet gjennomført i et samarbeid mellom GLØR, Cambi og Aquateam. Det ble først etablert et prøvetakingsopplegg med uttak av stikkprøver fra innløp og utløp av råtnetank 2-3 ganger pr. arbeidsdag. Utløpsprøvene ble tatt fra rundpumpeledningen til råtnetanken, da dette prøvepunktet representerer råtnesteren som fortrenses fra råtnetanken ved hver innpumping av nytt, hydrolysert avfall. Stikkprøvene ble overført til to samlebeholdere (èn for innløpsprøver og èn for utløpsprøver) i et frysenskap, og for hver uke ble blandprøvene sendt til laboratorium for analyse (Lab Nett, Lillehammer). All prøvetaking ble utført av forskjellige operatører ved Mjøsanlegget.

Prøvetakingen ble gjennomført i perioden oktober – desember 2003. Analyseresultatene er sammenstilt i tabell 1, sammen med resultater fra utløpsprøver (stikkprøver) som ble tatt i løpet av sommeren 2003, etter at man hadde tappet ned råtnetanken for reparasjon av gassomrøringsystemet og fylt opp tanken på nytt igjen. Prøvene ble analysert på en del typiske driftsparametre (pH, fettsyrer, alkalitet og ammonium) i tillegg til analysene på organisk stoff (FTS og KOF).

Tabell 1. Oversikt over analyseresultater fra råtnetanken ved Mjøsanlegget

Prøve- periode	INN RÅTNETANK							UT RÅTNETANK						
	pH	TS %	FTS % av TS	KOF mg/l	Fett- syrer mg HAc/l	Al- kalitet mmol/l	Ammo- nium mgN/l	pH	TS %	FTS % av TS	KOF mg/l	Fett- syrer mg HAc/l	Al- kalitet mmol/l	Ammo- nium mgN/l
01.07.03								7,0	3,2	64,5	29600	850	58	432
22.07.03								7,4	2,8	66,5	27900	696	76	188
29.07.03								7,4	3,0	67,5	26800	287	86	193
05.08.03								7,4	2,4	65,0	24500	601	95	216
12.08.03								7,4	2,8	66,7	21600	940	105	698
26.08.03								7,5	2,9	70,0	32300	696	128	884
15.09.03								7,6	3,1	70,0	31100	740	143	1100
Uke 41	5,2	7,7	85,5	84200	7735	66,5	685	7,7	3,2	71,5	34200	981	157	1190
Uke 42	4,5	9,5	86,5	105000	10410	<0,4	792	7,4	3,7	74,0	36800	1800	143	1210
Uke 43	4,4	9,4	86,5	117000	7975	<0,4	817	7,5	3,8	73,0	41700	1380	172	1270
Uke 44	4,6	6,8	85,5	84200	9200	2,1	725	7,5	3,5	71,0	31900	1560	170	1320
Uke 47	5,6	7,9	82,5	87800	10700	82	858	6,9	5,5	69,0	47800	4860	144	1110
Uke 48	4,4	7,4	85,5	89000	14300	<0,4	730	7,9	3,6	72,0	41800	2355	188	1230
Uke 49	4,4	9,9	89,0	136000	8740	<0,4	746	7,7	3,5	70,5	62100	290	200	1220

For ukene 47 og 49 har vi byttet om resultatene for innløps- og utløpsprøvene da det åpenbart hadde skjedd en ombytting eller feilmerking av prøvene før levering til laboratoriet, mens analyseresultatene for ukene 45 og 46 er utelatt fra tabellen, da disse viste helt usannsynlige verdier. Problemene er diskutert med GLØR og med laboratoriet, og en sannsynlig forklaring er at en del av stikkprøvene som ble tatt ut i løpet av de to ukene, er blitt plassert i feil samlebeholder i fryseskapet, slik at disse ukeblandprøvene inneholdt materiale fra både innløp og utløp av råtnetanken.

Analyseresultatene for fettsyrer, alkalitet og ammonium viser at råtnetanken har fungert stabilt gjennom hele høsten 2003, etter at man har hatt en oppbyggingsfase gjennom sommeren med lavere verdier for alle de tre parametrene. Disse driftsanalysene viser normale verdier for utråtning av våtorganisk avfall (Lund Hansen et al., 2001), men råtnetankens innhold av fettsyrer, alkalitet og ammonium er en god del høyere enn det som er vanlig ved utråtning av avløpsslam (Paulsrud & Storhaug, 2003).

#### Belastning på råtnetanken

I tabell 2 har vi beregnet mengde organisk stoff pr. uke inn og ut av råtnetanken, basert på de registrerte mengdene av våtorganisk avfall som er pumpet inn på råtnetanken i forsøksperioden.

Tabell 2. Beregnete mengder av flyktig tørrstoff (FTS) og KOF inn og ut av råtnetanken

Uke	Mengde	TS	FTS	Mengde FTS	KOF	Mengde KOF
2003	(m <sup>3</sup> /uke)	(%)	(% av TS)	(kg/uke)	(mg/l)	(kg/uke)
<b>INN RÅTNETANK</b>						
41	607	7,7	85,5	39 962	84 200	51 109
42	574	9,5	86,5	47 168	105 000	60 270
43	541	9,4	86,5	43 989	117 000	63 297
44	573	6,8	85,5	33 314	84 200	48 247
47	412	7,9	82,5	26 852	87 800	36 174
48	470	7,4	85,5	29 737	89 000	41 830
49	521	9,9	89,0	45 905	136 000	70 856
<b>Middelverdi inn</b>	<b>528</b>	<b>8,4</b>	<b>85,9</b>	<b>38 133</b>	<b>100 457</b>	<b>53 112</b>
<b>UT RÅTNETANK</b>						
41	607	3,2	71,5	13 888	34 200	20 759
42	574	3,7	74,0	15 716	36 800	21 123
43	541	3,8	73,0	15 007	41 700	22 560
44	573	3,5	71,0	14 239	31 900	18 279
47	412	5,5	69,0	15 635	47 800	19 694
48	470	3,6	72,0	12 182	41 800	19 646
49	521	3,5	70,5	12 856	62 100	32 354
<b>Middelverdi ut</b>	<b>528</b>	<b>3,8</b>	<b>71,6</b>	<b>14 218</b>	<b>42 329</b>	<b>22 059</b>

Effektivt volum av råtnetanken er oppgitt til 2000m<sup>3</sup>. For forsøksperioden får vi da følgende gjennomsnittlige belastningstall:

$$\text{Organisk belastning: } \frac{38133}{2000 \cdot 7} = 2,7 \text{ kg FTS/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$\text{Organisk belastning: } \frac{53112}{2000 \cdot 7} = 3,8 \text{ kg KOF/m}^3 \cdot \text{d}$$

$$\text{Oppholdstid: } \frac{2000 \cdot 7}{528} = 27 \text{ døgn}$$

Disse tallene viser at biogassanlegget var relativt lavt belastet i forsøksperioden, men driftsledelsen mener at tilkjørt mengde våtorganisk avfall nå nærmer seg den dimensjonerende mengden på 14000 tonn/år.

#### Reduksjon av organisk stoff gjennom råtnetanken (nedbrytningsgrad)

På grunnlag av tallene i tabell 2 har vi beregnet den gjennomsnittlige reduksjonen av organisk stoff (som FTS og KOF) gjennom råtnetanken for hele prøveperioden. På grunn av de store variasjonene i konsentrasjoner fra uke til uke har det ingen hensikt å beregne reduksjoner i organisk stoff på ukesbasis.

$$\text{Reduksjon av organisk stoff (FTS): } \frac{38133 - 14218}{38133} \cdot 100 = \mathbf{63 \%}$$

$$\text{Reduksjon av organisk stoff (KOF): } \frac{53112 - 22059}{53112} \cdot 100 = \mathbf{58 \%}$$

Beregningene viser at man oppnår en veldig god reduksjon av organisk stoff i råtnetanken, selv om man tar hensyn til at det våtorganiske avfallet har et høyt innhold av organisk stoff (~85 % av TS), og at man har lav organisk belastning og lang oppholdstid i råtnetanken. Det synes derfor åpenbart at den termofile hydrolysen, som forventet, har en positiv effekt på nedbrytningsgraden i råtnetanken, men det er umulig å tallfeste hvor stor denne effekten er, siden det ikke finnes tilsvarende anlegg med samme type våtorganisk avfall uten termisk hydrolyse.

#### Gassproduksjon og kvalitet på biogassen

Gassmåleren på biogassanlegget er en enkel og rimelig type basert på at man måler den temperatursenkningen som oppstår p.g.a. strømmingen i gassrøret fra råtnetanken. Dette genererer et målesignal for gassens hastighet i røret og dermed for mengde gass pr. tidsenhet. Måleren hadde ikke vært kalibrert siden den ble installert, og det var stor usikkerhet omkring nøyaktigheten av den. Det var derfor inkludert i tilleggsprosjektet å gjøre en kontroll av måleren, og dette ble gjort på to forskjellige måter:

1. Gassproduksjonen ble beregnet på grunnlag av el-produksjonen fra gassmotoren og motorens kjente virkningsgrad, etter at man hadde koblet bort gasstilførselen fra deponiet. Det ble kjørt 3 tester av 1-2 timers varighet med denne metoden.
2. Gassproduksjonen ble målt ut fra at gasslageret med kjent volum ble fylt helt opp etter at det var tømt på forhånd. Denne testen ble utført én gang.

Begge testene er beskrevet i detalj i en rapport fra Cambi (Fjordside, 2003), og hovedkonklusjonen er at anleggets gassmåler viste verdier som var 2,8 ganger høyere enn de reelle. I de etterfølgende beregninger har vi derfor korrigert alle registrerte gassmengder med en faktor på 2,8.

Gjennomsnittlig gassproduksjon i ukene 41 – 49 var 25.607 Nm<sup>3</sup>/uke. Basert på tallene for tilført og redusert mengde organisk stoff i tabell 2 kan vi beregne følgende spesifikke gassproduksjonstall:

$$\text{Gassproduksjon pr. mengde organisk stoff tilført: } \frac{25607}{38133} = 0,67 \text{ Nm}^3 / \text{kg FTS}_{\text{tilført}}$$

$$\text{Gassproduksjon pr. mengde organisk stoff redusert: } \frac{25607}{23915} = 1,07 \text{ Nm}^3 / \text{kg FTS}_{\text{redusert}}$$

Disse spesifikke gassproduksjonstallene er høye, sammenlignet med tall fra andre biogassanlegg for våtorganisk avfall (Lund Hansen et al., 2001), og dette tyder på at man har en svært effektiv omdanning av organisk materiale i råtnetanken. En gassproduksjon på 1,07 Nm<sup>3</sup>/kg FTS<sub>redusert</sub> ligger nært opptil den antatt teoretiske verdien på 1,1 Nm<sup>3</sup>/kg FTS<sub>redusert</sub> for anaerob omsetning av organisk materiale i avløps slam, basert på et metaninnhold på ca. 70% i biogassen (Paulsrud & Storhaug, 2003).

I forbindelse med testingen av gassmåleren ble det tatt ut to prøver av biogassen for analyse på laboratorium (analysemetode: GC/TCD). Resultatene er vist i tabell 3. Et metaninnhold på 61-62 % ligger i det lavere området av det som er rapportert fra andre biogassanlegg for våtorganisk avfall (Lund Hansen et al., 2001; Svård & la Cour Jansen, 2001), men siden gassmengden er stor, vil energiproduksjonen likevel være høy for dette anlegget.

**Tabell 3. Analyseresultater for biogass fra Mjøsanlegget**

Parameter	Enhet	Prøve 1	Prøve 2
Metan, CH <sub>4</sub>	Volum %	61,0	62,1
Karbondioksid, CO <sub>2</sub>	Volum %	36,3	36,4
Oksygen, O <sub>2</sub>	Volum %	0,3	0,2
Nitrogen, N <sub>2</sub>	Volum %	1,4	0,4
Øvre brennverdi <sup>1)</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	23,2	23,6
Nedre brennverdi <sup>1)</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	20,9	21,3
Wobbeindeks <sup>1)</sup>	MJ/m <sup>3</sup>	21,9	22,3

<sup>1)</sup> Beregnet på grunnlag av den relative volumprosent av metan ved 15 °C.

### Kompostkvalitet

Sommeren 2003 ble det tatt ut i alt 8 prøver av ferdig kompost som var produsert av avvan-  
net råtnere (ca. 25% TS) blandet med 60-70 volumprosent kvernet hageavfall og kvist.  
Blandingen legges ut i ranker på en plate og vendes ca. 3 ganger pr. uke i 4 uker. Deretter  
legges komposten opp i hauger for ettermodning. Tabell 4 viser resultatene fra prøvene som  
er analysert ved Lab Nett Lillehammer.

**Tabell 4. Kvalitet på kompost fra Mjøsanlegget.**

Para- meter	Enhet	Prøveuttak: 03.06.2003				Prøveuttak: 13.06.2003				Grenseverdier i Gjødselvare- forskriften		
		PRØVENUMMER								KI. 0	KI. I	KI. II
		1	2	3	4	5	6	7	8			
pH	-	7,7	8,3	8,7	7,7	8,4	7,8	7,7	7,7	-	-	-
Totalt tørrestoff	%	52,5	44,5	50,5	45,0	45,5	49,5	39,5	40,5	-	-	-
Kadmium	mg/kg/TS	0,5	0,5	2,1	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,4	0,8	2
Kvikksølv	mg/kg TS	0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	3
Bly	mg/kg/TS	26	23	52	27	25	21	28	34	40	60	80
Nikkel	mg/kg TS	11	13	10	12	15	8	18	11	20	30	50
Krom	mg/kg/TS	13	11	15	18	20	13	19	20	50	60	100
Sink	mg/kg TS	255	263	219	278	250	167	231	253	150	400	800
Kobber	mg/kg/TS	43	41	42	56	55	33	48	48	50	150	650
Kalsium	% av TS	2,9	2,3	2,1	2,9	4,0	2,1	2,9	3,2	-	-	-
Termotol. koliforme bakt.	antall pr. gram TS	<1	1	175	10	4180	540	19	441	2500		
<i>Salmonella</i> bakterier <sup>1)</sup>	påvist/ikke påvist i 50g	i.p.	i.p.	i.p.	i.p.	påvist	i.p.	påvist	i.p.	Skal ikke kunne påvises		

<sup>1)</sup> i.p. = ikke påvist i 50 gram prøve

Tabell 4 viser at de uttatte kompostprøvene har relativt store variasjoner i pH og tørrestoffinn-  
hold, mens tungmetallinnholdet og innholdet av kalsium er relativt stabilt, med unntak av  
prøve 3 som har et svært høyt kadmiuminnhold (burde vært reanalysert?) og noe forhøyet  
innhold av bly. Alle prøvene unntatt prøve 3 tilfredsstiller Gjødselvareforskriftens krav til  
tungmetallinnhold i produkter av klasse I.

De bakteriologiske analysene viser noe overraskende at det i to av prøvene (prøve 5 og 7) er  
påvist *Salmonella*-bakterier, og at innholdet av termotolerante koliforme bakterier også er  
høyere enn tillatt i prøve 5. Siden det våtorganiske avfallet har passert en termisk hydrolyse  
og er blitt hygienisert før komposteringsprosessen, må bakteriepåvisningene i disse kom-  
postprøvene enten skyldes rekontaminering av bakterier i den ferdige komposten p.g.a.

f.eks. bruk av felles utstyr (hjullaster etc.) for håndtering av ubehandlet våtorganisk avfall og kompost, eller det kan ha skjedd en kontaminering av prøvene ved selve prøvetakingen.

#### 2.1.4. Driftserfaringer

Driftserfaringene tilsier at svakheter i forbehandlingen av det våtorganiske avfallet har skapt de største utfordringene for driften av Mjøsanlegget så langt. For å redusere problemene blir avfallet nå først kjørt gjennom en trommelsikt med kniver (se kap. 2.1.2). Denne skjærer opp plastposer og sorterer ut en god del plast, papir og tekstiler før avfallet tømmes i mottaksbunkeren. En slik forbehandling (eller tilsvarende) vil være en helt nødvendig del av et biogassanlegg for våtorganisk avfall i Norge.

På grunn av plast, tekstilfibre og mineralske partikler som følger med avfallet gjennom forbehandlingen, har det vært nødvendig å gjøre en del modifikasjoner i ulike prosessstrinn:

- Det er installert omrører i mellomlageret etter grovkverna for å unngå at sjiktning i denne tanken skaper problemer med å pumpe avfallet videre til hydrolyseanlegget
- Bunnskraperen i mellomlageret (for å ta ut sedimentert materiale) har ikke fungert tilfredsstillende, og dette systemet blir endret
- Kapasiteten på rundpumpesystemer er økt og det er installert nye rundpumpesløyfer for å unngå at uønsket materiale akkumuleres i rør og bend. Dette har også medført at man har gått over til å pumpe inn avfall på råtnetanken 7 dager pr. uke i stedet for 5 dager som planlagt

Råtnetanken ble tømt fullstendig i begynnelsen av juni 2003 for å reparere gassomrørings-systemet, og det ble da tatt ut mer enn 200m<sup>3</sup> med sedimentert avfall fra bunnen av råtnetanken. For øvrig har selve prosessen i råtnetanken fungert veldig bra ved en temperatur på 38-39 °C, og de driftsdataene som er presentert i kap. 2.1.3, underbygger dette.

Sentrifugen for avvanning av råtneresten har også fungert bra, og det oppnås et TS-innhold på 25-30 % uten at det tilsettes polymer og uten noen form for optimalisering. En del av rejektivannet, som har et høyt ammoniuminnhold (se tabell 1), blir resirkulert som fortynningsvann til avfallet og resten blir ført til kommunalt avløpsnett. Graden av resirkulering bestemmes ut fra at ammoniuminnholdet i råtnetanken må ligge under 2500-3000 mg/l.

Sentrifugen som er plassert mellom hydrolysetrinnet og råtnetanken, for å produsere et rejektivann som skulle brukes som karbonkilde ved nitrogenfjerningen på Lillehammer renseanlegg, er ikke tatt i bruk. Dette skyldes at renseanlegget allikevel ikke ønsket å bruke denne karbonkilden, og sentrifugen blir nå bygget om for å kunne være et supplement til den eksisterende sentrifugen for avvanning av råtnerest.

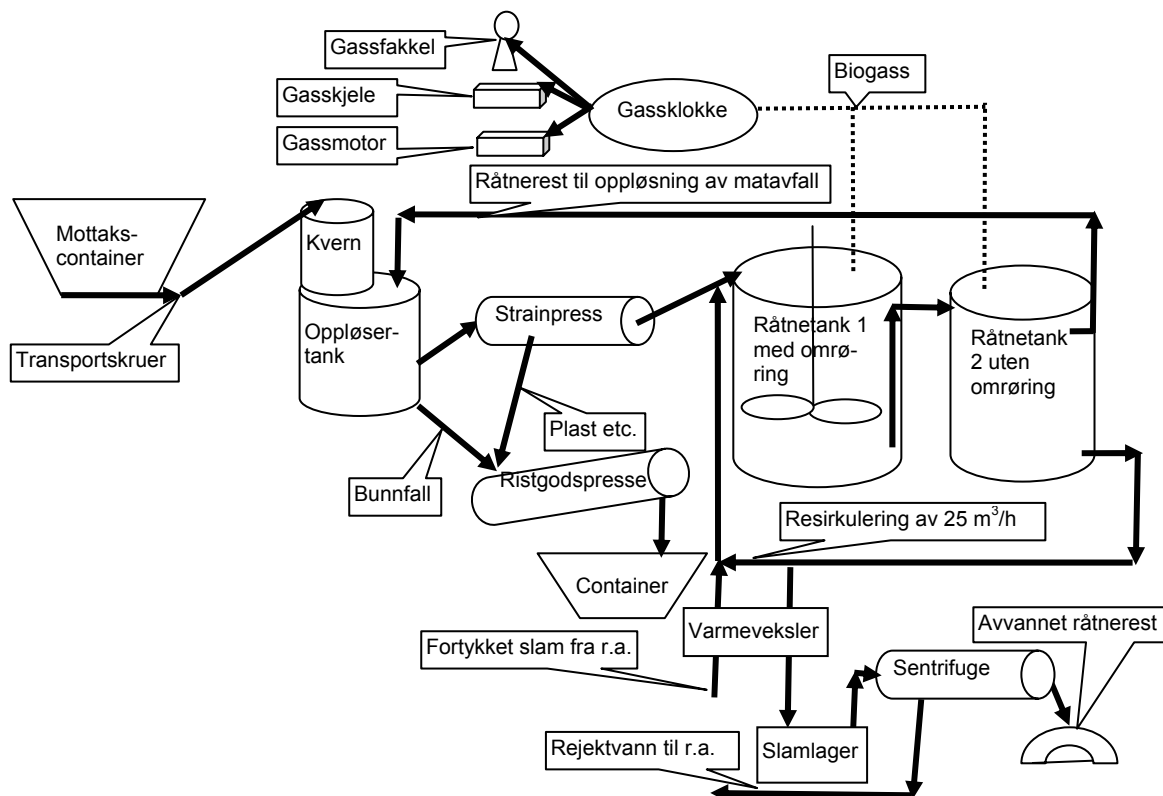
## 2.2. Sellikdalen renseanlegg, Kongsberg

### 2.2.1. Innledning

Sellikdalen renseanlegg er hovedrenseanlegget for Kongsberg. Anlegget er mekanisk-kjemisk med jernfelling. Det er tilknyttet ca. 18.000 PE. Slambehandlingen var inntil 2001 aerob termofil forbehandling og anaerob stabilisering i en stor råtnetank med etterfølgende avvanning i sentrifuge.

### 2.2.2. Beskrivelse av anlegget

I 2001 ble slambehandlingsanlegget bygget om av Hifo Tech AS for også å kunne ta imot våtorganisk avfall. Den aerobe forbehandling ble satt ut av drift, og man bygde en ekstra 400 m<sup>3</sup> råtnetank i tillegg til den 640 m<sup>3</sup> tanken man allerede hadde. Tankene ble drevet i serie med den gamle tanken som første trinn. Utråtningen foregår nå termofilt ved ca. 55-56 °C, og det resirkuleres en slammengde på ca. 25 m<sup>3</sup>/h fra utløpet av tank 2 til innløpet av tank 1, tilsvarende 10 ganger tilført slammengde. Råtnetank 2 er bygd uten omrørere eller oppvarming og fungerer som en stempelstrøms reaktor (se figur 4).



**Figur 4. Flytskjema for behandling av slam og matavfall på Sellikdalen renseanlegg.**

Det ble også bygd et mottaksanlegg for 10,4 tonn matavfall pr. døgn på anlegget. Matavfallet er kildesortert våtorganisk husholdningsavfall (KVHA) fra Kongsberg kommune, samt organisk avfall fra storhusholdninger og matbutikker i kommunen. KVHA blir samlet opp i maisposer på kjøkkenet i husholdningene. Det hentes hver uke om sommeren og hver fjortende dag ellers. Avfallet kommer inn med delte søppelbiler som tømmer det i en 20 m<sup>3</sup> container med trappegulv. Ett billass våtorganisk avfall inneholder 1 – 1,5 m<sup>3</sup> matavfall. Over containeren er det en hydraulisk styrt luke som åpnes og lukkes av sjåføren på tømmebilen, slik at det ikke skal lukte rundt anlegget (se figur 5).



**Figur 5. Mottak av matavfall på Sellikdalen renseanlegg.**

På vanlig dagtid startes forbehandlingsanlegget av en driftsoperatør. Avfallet skyves av trappegulvet til en akselløs skruer i den ene enden. Denne skruen skrur avfallet videre til en ny skråstilt skruer som skrur avfallet opp på toppen av oppløsertanken (se figur 6). På toppen av denne sitter en grovkvern som maler opp avfallet. Kvernen består av en horisontal sylinder med knaster som maler avfallet i stykker før det faller ned i oppløsertanken. Det er ingen sil i kvernen, så alt avfallet faller ned i oppløsertanken (se figur 7).

Det blir tilsatt mellom 300 og 800 kg matavfall til oppløsertanken pr. porsjon, avhengig av konsistensen på avfallet. Tørrestoffinnholdet i matavfallet ligger rundt 30 %. Det blir så tilført råtnere fra toppen av råtnetank 2, til oppløsertanken er full (1,5 m<sup>3</sup>). En hurtigroterende omrører med sagblad i enden sørger for at matavfallet og råtnere blir blandet godt. Det er montert et skjørt over sagbladet med spyling nedenfra for å hindre at det setter seg matavfall fast i dette. Matavfallet varmes på denne måten opp og blir utspedd til ca. 10 % TS. Omrøringen tar ca. 20-30 minutter.

Utløpsrøret fra oppløsertanken står et stykke over bunnen av tanken. Ved hjelp av en "lobe"-pumpe pumpes avfallet gjennom en Strainpress som fjerner plast, partikler og filler fra matavfallet (se figur 8). Deretter pumpes avfallet med en eksenterskruepumpe inn på toppen av råtnetank 1. Syklusen for oppløsning, pumping og tømning av 1,5 m<sup>3</sup> utspedd matavfall tar 45 til 60 minutter. Det som blir liggende igjen i bunnen av oppløsertanken blir spylt ut manuelt og går sammen med det som blir tatt ut i Strainpressen gjennom en ristgodspress med returstrøm til slambehandlingen på renseanlegget. Oppløsertanken må tømmes og rengjøres fullstendig hver dag. Det behandles normalt 2,5 – 3 tonn matavfall pr. dag i anlegget fra mandag til fredag. Anlegget kan imidlertid kjøres automatisk utover vanlig arbeidstid. Med den tiden det tar å få spedd ut og pumpet ut avfallet, vil maksimal kapasitet på anlegget ligge rundt 10 tonn matavfall pr. dag. Det er imidlertid mulig å kjøre kortere sykluser og få økt kapasiteten ytterligere.

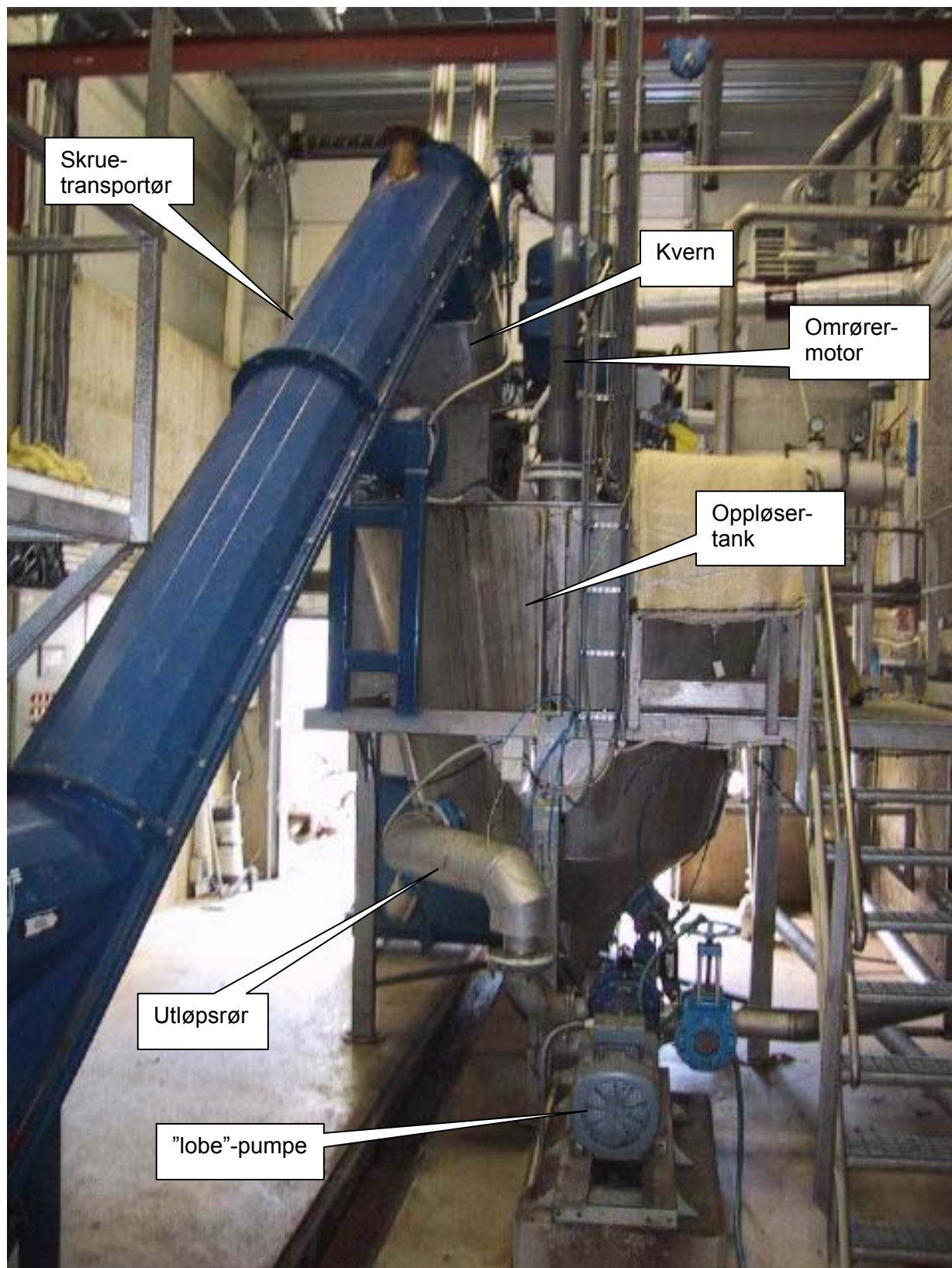


**Figur 6. Mottakscontainer med skruetransportør.**

Avtrekksluften fra matavfallscontaineren, skruetransportøren og oppløsertanken blir renset i et kompostfilter. Det har ikke vært luktproblemer utenfor renseanlegget.

Det er ingen utjevning av matavfallstilførselen til råtnetank 1, da kommunen ønsket å bygge anlegget så billig som mulig. Fra renseanlegget pumpes det ca. 55 m<sup>3</sup>/d fortykket slam med ca. 3 % TS jevnt fordelt over døgnet. Slam, matavfall og returslam fra råtnetank 2 pumpes inn på toppen av råtnetank 1, og tilsvarende mengde fortrenses fra bunn av denne tanken (gjennom et svanerør) til toppen av tank 2. Returslam og overskuddsslam pumpes fra bunn av tank 2. På denne måten forsøker man å unngå kortslutningsstrømmer i tankene. Likevel har det vært tilfeller med for høyt innhold av termotolerante koliforme bakterier i råtneresten (i 4 av 20 månedlige stikkprøver). Dette skyldes til dels for lav temperatur i råtnetankene, samt problemer med at luftstyrte ventiler mellom tankene åpnet ved feil i PLS.

For å varme opp slammet som kommer inn i råtnetank 1, varmeveksles dette med overskuddsslammet ut av råtnetank 2. Gassen samles opp fra begge råtnetankene og går til en gassklokke. Gass fra avfallsdeponiet blir ført direkte til gassgeneratoren. Gassen blir enten brukt i en gasskjele som brukes til å varme opp slammet i råtnetankene og renseanlegget, eller i en gassgenerator som produserer strøm og varme. Gassgeneratoren er av type Enbacher med en elektrisk effekt på 143 kW og en termisk effekt på 256 kW, mens gasskjelen har en termisk effekt på 170 kW.



**Figur 7. Oppløsertank for matavfall.**

Overskuddslammet går til et slamlager og blir avvannet i sentrifuge. Rejektvannet går tilbake til innløpet av renseanlegget. Den avvannede råtnesteren blir lagt opp i hauger utenfor renseanlegget og blir brukt til overdekking på en kommunal fyllplass, ettersom den inneholder

for mye kobber til å kunne brukes i jordbruket. Konsistensen på råtneresten er som kalkbehandlet slam, jordaktig med små klumper. Se figur 9. Midt inne i hauger som har ligget lenge er det mer leiraktige, mørke partier. Det var imidlertid ingen lukt fra haugene ved besøket.

### 2.2.3. Driftsdata fra anlegget

Det foreligger svært få driftsdata fra biogassanlegget ved Sellikdalen renseanlegg. Det er ikke målt tørrstoffinnhold i slammet fra råtnetankene, og det er ikke målt nedbrutt organisk stoff i råtnetankene eller gassproduksjon. Vi har derfor ikke oversikt over oppholdstider og data for utråtningsgrad eller spesifikk gassproduksjon.



**Figur 8. Strainpress fjerner effektivt plast og fiber.**



**Figur 9. Struktur i avvannet råtnerest.**

Det finnes data for slammengder og tørrstoffmengder fra 1997. Slammengden har variert fra 355 tonn TS i 1999 til 391 tonn TS i 2000, med et gjennomsnitt på 378 tonn TS. Det er imidlertid mottatt ca. 49 tonn TS eksterntslam og septikslam på anlegget hvert år. Med ca. 17.000 PE tilknyttet i gjennomsnitt gir dette en spesifikk slammengde fra renseanlegget på 55 g TS/PE·d.

Det er ikke noen data for tørrstoffinnhold i slammet før og etter utråtning. Hvis vi imidlertid regner at 1/3 av tørrstoffet blir omdannet i råtnetankene, blir slamproduksjonen i anlegget før utråtning ca. 83 g TS/PE·d. Dette er en normal slamproduksjon på et mekanisk-kjemisk renseanlegg med ca. 90 % tilføringsgrad.

I 2002 ble det produsert 493 tonn tørrstoff av slam og matavfall. Det ble levert ca. 500 tonn KVHA og ca. 500 tonn matavfall fra storkjøkkenen, med totalt ca. 25 % TS. Dette gir 250 tonn TS før utråtning. Med samme spesifikke slamproduksjon i 2002 som tidligere år, ble det produsert ca. 553 tonn TS slam i renseanlegget, og tilført ca. 36 tonn TS eksternt slam. Til sammen ble det da tilført ca. 839 tonn TS før utråtning, og utgående råtnerest er målt til 493 tonn TS. Dette gir en reduksjon i tørrstoffinnhold i biogassanlegget på 41 %, hvilket er noe høyere enn antatt reduksjon i tørrstoffinnhold før tilsetning av matavfall (33 %). Ut fra disse tallene kan det se ut som om tilføringen av matavfall og økningen i temperatur i råtnetankene har økt nedbrytningen av organisk stoff i tankene. Ettersom det ikke er målt gassproduksjon i anlegget, kan ikke gassmengdene brukes som utgangspunkt for å se på forskjeller før og etter tilsetning av matavfall.

Med utgangspunkt i slam- og matavfallsmengdene for 2002 kan vi beregne midlere oppholdstid i råtnetankene. Det pumpes inn ca. 55 m<sup>3</sup> slam pr. døgn med ca. 3 % TS. I tillegg ble det behandlet 1.000 tonn matavfall med ca. 25 % TS. Dette gir et tørrstoffinnhold i innkommende avfall på 4 %, og på utgående råtnerest på 2,6 %. Midlere oppholdstid i tankene blir ca. 18 døgn, hvilket er tilstrekkelig til å oppnå en stabil råtnerest ved termofil drift.

Gassproduksjonen er anslått til 900 Nm<sup>3</sup>/d, hvilket gir en gassproduksjon på 0,5 Nm<sup>3</sup>/kg tilført organisk stoff og 0,9 Nm<sup>3</sup>/kg nedbrutt organisk stoff (om flyktig tørrstoff settes til 75 % i innkommende avfall). Verdiene er normale, men grunnlagsdataene er svært usikre.

Det er tatt månedlige analyser av tørrstoff, flyktig tørrstoff og næringsstoffer i råtneresten. Dataene fra 2000 (før tilsetning av matavfall) er sammenstilt med dataene fra 2001-03 i tabell 5.

**Tabell 5. Tørrstoff, flyktig tørrstoff og næringsstoffer i råtnerest før og etter behandling av matavfall.**

Periode	TS (%)	Organisk stoff (FTS)	Total Kjeldahl-N	Total fosfor	Kalsium	Kalium
		% av TS				
Bare slam	41,6	50,2	2,0	2,0	0,88	0,07
Slam + matavfall	41,6	50,0	1,9	2,1	1,17	0,10

Som det fremgår av tabellen har tørrstoffinnholdet, innholdet av organisk stoff, nitrogen og fosfor forandret seg lite etter at det ble tilsatt ca. 30 % matavfall på tørrstoffbasis. Tilføringen av matavfall har imidlertid tilført råtneresten en del mer kalsium og kalium.

Det er også tatt månedlige analyser av tungmetaller i råtneresten. Dataene fra 2000 (før tilsetning av matavfall) er sammenstilt med dataene fra 2001-03 i tabell 6.

**Tabell 6. Tungmetaller i råtneresten før og etter behandling av matavfall.**

Periode	Kadmium	Kvikksølv	Bly	Krom	Nikkel	Sink	Kobber
	mg/kg TS						
Bare slam	1,0	1,0	35	10	28	354	483
Slam + matavfall	1,1	1,1	33	14	32	424	662
Grense jordbruk	2,0	3,0	80	100	50	800	650
Grense grøntarealer	5,0	5,0	200	150	80	1500	1000

Tabellen viser at alle tungmetaller bortsett fra bly har økt i råtneresten etter tilsettingen av matavfallet. Vi vet ikke om økningen skyldes matavfallet eller andre forhold. Andre erfaringer tilsier at det ikke skulle være så mye tungmetaller i matavfallet. Råtneresten kan på grunn av høyt kobberinnhold ikke brukes på jordbruksarealer i 1 av 12 prøver før mattilsettingen og i 10 av 28 månedsblandprøver etter mattilsettingen. Grensen for bruk på grøntarealer er imidlertid ikke overskredet i noen månedsprøve.

#### 2.2.4. Driftserfaringer

Det har vært store innkjøringsproblemer med forbehandlingsdelen ved anlegget, men etter hvert har det fungert bra. Ved besøket hadde anlegget stått i 3 uker fordi en av transportskruene hadde havarert. Det er derfor sendt ut forespørsel om leveranse av kraftigere skruer.

Det største problemet på anlegget er at det kommer inn avfall som ikke har noe med matavfall å gjøre. Det har kommet inn sykkeldeler, GT-ratt, en 60 cm lang 3" 6" trebjelke osv., og slike deler klarer ikke anlegget å takle. Dette skyldes at uvedkommende slipper slike gjenstander i containere som står ulåste på bensinstasjoner eller utenfor matbutikker. Containerne vil fra nå av bli låst.

Forbehandlingsutstyret som ble installert opprinnelig, var ikke tilpasset slike forhold, og man har derfor satt inn større motorer på både kvern og omrører i oppløsertank, og satt inn frekvensomformere på diverse utstyr. Man har også skiftet plastseparatoren fra en Reime fiskebensseparator til en Strainpress. Denne fungerer meget godt, men det tas ut mellom 5 og 15 % av innkommende avfall i forbehandlingen (overslag fra driftsleder). Det har vært vurdert å sette inn en ristgodsvasker for å få tilbakeført noe av det organiske materialet i dette ristgodset. Ifølge leverandøren var man i ferd med å tilpasse Reimeseparatoren til å kunne fjerne plast uten for mye ristgods, da HifoTech gikk konkurs. Ved forsøkene med Reimeseparator var ristgodsmengden kun 7 %, mens den er høyere med Strainpress. Ved en modifisert Reimeseparator vil man også kunne unngå pumping gjennom dette trinnet, og spare driftskostnader (se nedenfor).

Det har også vært problemer med at noe matavfall har inneholdt så mye vann (melon) at det ikke lot seg skru opp i kvernen. Skruene bør derfor kunne gå med høyere hastighet ved denne type avfall. Et annet problem var at det på toppen av kvernen ble det liggende igjen matavfall som ikke gikk gjennom kvernen. Man måtte sette hydrauliske "stampere" som trykket avfallet ned i kvernen for å få det gjennom (se figur 10).

Opprinnelig var det meningen at en skru i bunn av oppløsertanken skulle skru ut bunnskrapet (som kan inneholde bestikk, steiner og større gjenstander). Skruen fungerte ikke lenge, og man har siden måttet skrape/spyle bunnfallet ut manuelt. Det er vurdert å suge ut bunnfallet med vakuum.

"Lobe"-pumpen som pumper slam til Strainpressen er den eneste pumpetypen som fungerer til dette formålet, ifølge driftsoperatøren. Pumpens "lobe" har imidlertid måttet skiftes månedlig.



**Figur 10. Hydrauliske "stampere" på topp av kvern for matavfall.**

Strainpressen fungerer utmerket og fjerner all plast. Det har heller ikke vært problemer med å pumpe massen videre til råtnetank 1. I denne råtnetanken kommer matavfallet inn porjonsvis. Dette gir en voldsom økning i gassproduksjonen med dårligere gasskvalitet like etter innpumping. Gassproduksjonen og gasskvaliteten blir dermed svært ujevn. Man har imidlertid klart å få gassgenerator og gasskjele til å fungere selv med ujevn gasskvalitet.

Det har vært problemer med å holde temperaturen i råtnetankene høy nok pga. for liten kapasitet på varmesentralen. Temperaturen har derfor variert en del, og den har vært helt nede i 50 °C. Dette er nå løst ved å utvide kapasiteten på varmesentralen.

Det har ikke vært noen problemer med å avvanne råtneresten i sentrifuge. Polymerforbruket er som før det ble tilsatt matavfall, og tørrstoffinnholdet i avvannet slam er også som før tilsettingen av matavfall. Tilsettingen av matavfall har gjort at råtneresten vil være lettere å blande inn i jordblandinger eller spre med gjødselspreder.

### 3. Erfaringer fra svenske og danske biogassanlegg for våtorganisk avfall

#### 3.1. Svenske og danske biogassanlegg som mottar kildesortert husholdningsavfall

I Sverige er det 4 biogassanlegg som mottar kildesortert våtorganisk husholdningsavfall (KVHA). Disse er vist i tabell 7.

**Tabell 7. Data for svenske "samrøtningssanleggninger" som mottar KVA (Svärd & la Cour Jansen, 2001, Bjurling & Svärd, 1998, la Cour Jansen & Svärd, 2002).**

Anlegg	Eier	Reaktorvolum (m <sup>3</sup> )	Mottatte avfallsmengder (tonn/år)			Startet	Type anlegg
			KVA	Husdyrgjødsel	Industriavf.		
Fågelmåra, Borlänge	Borlänge Energi	430	7.500	0	0	1997	Termofil, enstegs, enfase
Sobacken, Borås	Borås renhållningsverk	950	7.700*	0	0	1995	Mesofil, tostegs, tofase
Kil	Kils avfallshandtering AB	850	1.000**	0	0	1999	Termofil, enstegs, enfase
Kristianstad, Karpalund	Kristianstads Renhållnings AB	4.500	4.000	35.000	27.000	1996	Mesofil, enstegs, enfase

\* Pluss 3.000 tonn parkavfall direkte til etterkompostering

\*\* Kapasiteten er 4.500 t/år

I Danmark var det i 2001 20 såkalte "biogassanlegg" som utratnet husdyrgjødsel iblandet noe annet avfall fra næringsmiddelindustri og storkjøkkener (Tafdrup, 2001). Noen av disse behandler også kildesortert KVHA. Fellesanleggene er i første rekke bygget for å behandle husdyrgjødsel, men for å få en høyere gassproduksjon tilsettes det også ca. 20 volum-% avfall fra næringsmiddelindustri eller annet våtorganisk avfall. Tre av fellesanleggene og ett anlegg for avløpslam mottok kildesortert våtorganisk husholdningsavfall i 2001 (Tou dal, 2001). Data for disse anleggene er vist i tabell 8.

**Tabell 8. Data for danske "biogassanlegg" som mottar KVA (Lund Hansen et al., 2001, Dansk BioEnergi, 2001).**

Anlegg	Eier	Reaktorvolum (m <sup>3</sup> )	Mottatte avfallsmengder (tonn/år)			Startet	Type anlegg
			KVA	Husdyrgjødsel-avløpslam	Industriavf.		
Studsgård	Herning Kommunale Værker	2 x 3.300	3.100	93.000	14.200	1996	Termofil enstegs enfase
Grindsted	Grindsted kommune	2.800	1.300	40.000	1.400	1997	Mesofil enstegs enfase
Vaarst-Fjellerad	Biogasskonsortium	2 x 950	400	37.000	14.400	1997	Termofil enstegs enfase
Århus Nord	Århus Kommunale Værker	10.200 (3.200*)	4.600	112.300	19.600	1994	Termofil enstegs enfase

\* Linjen for KVA

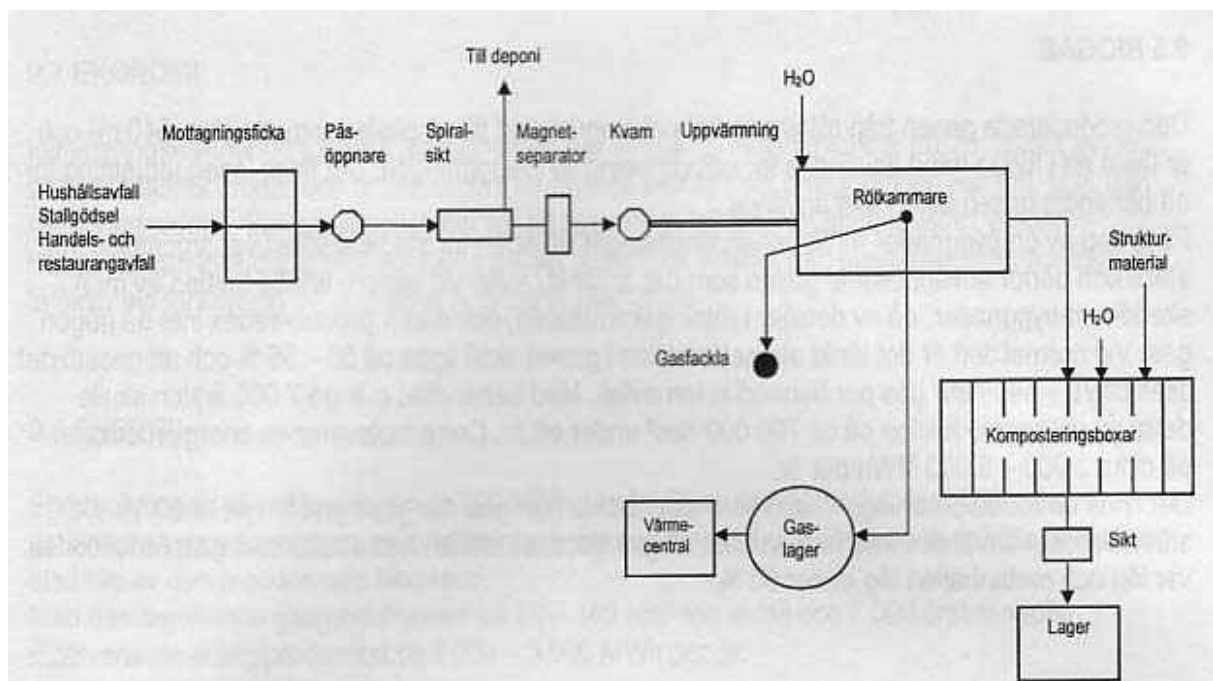
Grindstedanlegget ligger på et kommunalt renseanlegg, og her behandles KVA sammen med avløpslam fra renseanlegget. Det ferdige produktet er avvannet slam, mens de andre anleggene leverer flytende gjødsel til bøndene som leverer husdyrgjødsel til anleggene.

Det har vært gjort forsøk med behandling av KVA på flere biogassanlegg i Danmark: Sinding – Ørre i Herning (forløperen til Studsgård), Vegger (Aalborg) og Nordsjællands biogasanlæg I/S (fullskala fra 1991 til 1996) (Lund Hansen et al., 2001). Det har også blitt mottatt husholdningsavfall på biogassanleggene Fangel, Hashøj og Nysted fra 2001 (Toudal, 2001).

## 3.2. Fågelmyra, Borlänge

### 3.2.1. Prosessbeskrivelse

Anlegget er levert av BKS Nordic. Avfallet mottas i to mottaksbunkere. Se figur 11. Gulvet i bunkerne er forsynt med varmekabler som kan varme opp froset matavfall. Skrapegulv mater avfallet til en akselløs transportskrue. Slike skruer benyttes til transport gjennom hele anlegget. Innmatningen i råtnetanken foregår kontinuerlig når forbehandlingen er i gang (i normal arbeidstid).



Figur 11. Flytskjema for Fågelmyra biogassanlegg, Borlänge.

Avfallet passerer en poseåpner som river i stykker plastposene. Deretter passerer avfallet en spiralsikt med ovale hull på 40 x 80 mm. 25 – 30 % av avfallet siktes fra her og føres til en container som tømmes på et deponi. Deretter passerer avfallet en magnetseparator og en kvern som maler avfallet opp til maks. 20 mm store biter. Matavfallet pumpes til råtnetanken gjennom et dobbeltmantlet rør hvor varmt vann forvarmer avfallet. Det må imidlertid tilsettes 12 – 15 m<sup>3</sup> varmtvann per døgn til råtnetanken for å få temperaturen opp på 55 °C.

Råtnetanken er utformet som en liggende sylinder med mekanisk omrøring med fire trearmede omrørere. Bunnen i reaktoren er flat for at en skrape skal kunne transportere bort sedimentert materiale. Gassen transporteres til en gassklokke og brukes til oppvarming av anlegget (60 – 70 % av gassen). Overskuddsgass fakles.

Råtneresten avvannes og komposteres i 8 komposteringsbokser sammen med strukturmateriale (bark, sagspon, halm, kvist og lignende). Komposten flyttes rundt i boksene ved hjelp av et skrapegulv og transportspiraler som fører avfallet opp på toppen av avfallet i boksen. Det tilsettes 6 m<sup>3</sup> regnvann per boks per uke. Luft tilsettes gjennom perforerte slanger. I prosessen oppnås en temperatur på 70°C, slik at komposten blir hygienisert. Mengde produsert biogjødsel er omtrent den samme som tilført mengde matavfall. Biogjødselen er praktisk talt luktfri, men inneholder rester av små plastbiter som kan siktes bort før anvending. På dette biogassanlegget forbrennes den grove fraksjonen med plast, mens den fine fraksjonen foredles til kompostjord.

Alle anleggets steg er innomhus, og luften renses i et biofiltertårn med diameter 5,5 m og høyde 7 m og med kapasitet 40.000 m<sup>3</sup>/h. I biofilteret finnes det flere lag med perforerte sylinderformede plastruller som mikroorganismene vokser på.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 9.

**Tabell 9. Driftsdata for Fågelmyra biogassanlegg (Svärd & la Cour Jansen, 2001).**

Avfalls- mengde (tonn/år)	TS-innhold (%)			Temp. råtne- tank (°C)	Opp- holds- tid (d)	Gasspro- duksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metan- inn- hold (%)	Etterkompostering		
	Inn	Råtne tank	Ut*					Temp (°C)	Opp- holdstid (d)	Volum (m <sup>3</sup> )
7.500	34- 36	4-5	45 - 55	55	16 - 18	Ca. 1,5	50 - 55	70	25 - 30	1.440

\* Etter avvanning

### 3.2.2. Driftserfaringer

Bjurling & Svärd (1998) rapporterte at det fremdeles var innkjøringsproblemer med anlegget etter et snaut års drift. Det var bl.a. ikke mulig å få høy nok temperatur i råtnetanken om denne skulle drives ved et tørrstoffinnhold på 22 – 24 %, etter tilsetting av 3 m<sup>3</sup> vann per døgn, slik det opprinnelig var tenkt. Dette problemet er siden løst ved å tilsette varmt vann til slammet, slik at en får en våt utråtning der tørrstoffinnholdet ut av råtnetankene kun er 4 – 5 % (Svärd & la Cour Jansen, 2001). Råtneresten må derfor avvannes før etterkomposteringen. Tørrstoffinnholdet i den etterkomposterte råtneresten er 45 – 55 %. Det var også en del problemer med forbehandlingen, men disse var i ferd med å bli løst i 1998 (Bjurling & Svärd, 1998). Det har vært problemer med å få høyt nok metaninnhold i gassen, og denne var fortsatt lav i 2001 (se tabell 9).

I 2001 rapporteres at det har vært problemer med omrøring i råtnetanken, og med å få til en god innmatning i tanken (Svärd & la Cour Jansen, 2001). Anlegget var ikke i kontinuerlig drift i 2001. Kompostdelen synes også å være snau, slik at man har planer om å utvide denne, eller kjøpe en kompostvender slik at den siste delen av etterkomposteringen kan foregå i ranker.

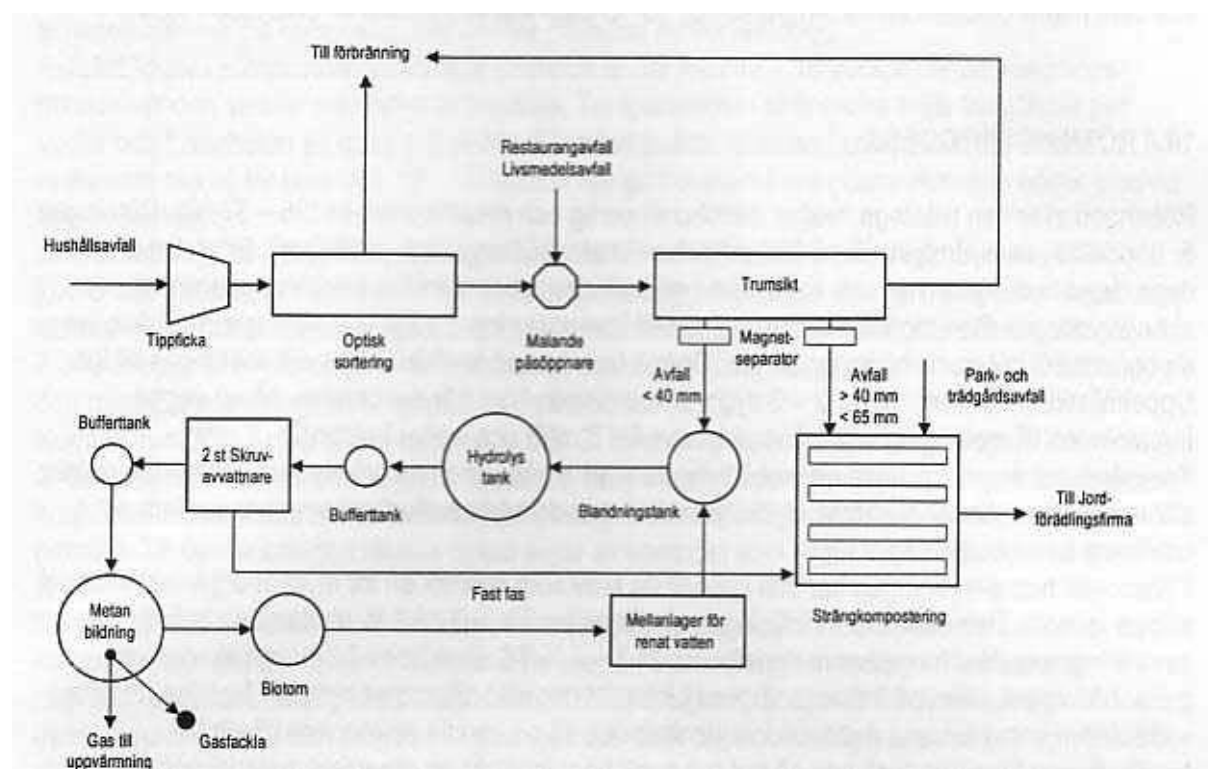
## 3.3. Sobacken, Borås

### 3.3.1. Prosessbeskrivelse

Anlegget ble satt i drift i 1995. Husholdningsavfallet sorteres i svarte plastposer (våtorganisk) og hvite poser (annet avfall). Avfallet sorteres i et optisk sorteringsanlegg med to steg (se figur 12). Tyngre materiale (frittliggende flasker og lignende) blir skilt ut på et transportbånd med kraftig helning. Deretter åpnes posene i en poseåpner, og innholdet går videre til en

trommelsikt hvor avfall opp til 40 mm blir skilt fra i begynnelsen, og mellom 40 og 65 mm i slutten av trommelen. Hver av disse fraksjonene utgjør 2.850 tonn per år. Større materiale (ca. 25 %) går til forbrenning. Avfallet mellom 40 og 65 mm blir kompostert i egne ranker etter å ha passert en magnetseparator. Avfall mindre enn 40 mm passerer også en magnetseparator og deretter en blandingstank der det tilsettes vann til ca. 5 % TS. Tanken er på 200 m<sup>3</sup>, og oppholdstiden ca. ett døgn. I helgen er tanken tom.

Utråtningen på anlegget skjer i en tostegs, tofase, semikontinuerlig og mesofil prosess. Første steg er biologisk hydrolyse i 3–4 døgn i en 650 m<sup>3</sup> tank. Etter en buffertank avvannes materialet i en skruvavvanner, som kjøres på dagtid ved behov. Den tørre delen går direkte til etterkompostering, mens den våte delen går via en buffertank til metantanken (300 m<sup>3</sup>), som har et filter hvor metanbakteriene utvikles. Innmatningen i metantanken er 4-5 m<sup>3</sup>/h på hverdager og 2-3 m<sup>3</sup>/h i helgene. Hydrolysetanken og buffertankene har en mekanisk omrører hver. Det er ca. 3-4 % TS i metantanken. Mye organisk stoff gjør at omdanningen av ammonium til nitrat i et biotårn etter metantanken ikke fungerer tilfredsstillende, og det har derfor vært nødvendig å bygge om biotårnet og tilsette rent vann og mer resirkulert vann til prosessen. Væsken brukes til innblanding i nytt avfall i blandingstanken.



**Figur 12. Flytskjema for Sobacken biogassanlegg, Borås**

Etterkomposteringen av råtneresten sammen med parkavfall skjer ved rankekompostering under tak i 12 – 16 uker. Utsortert materiale mellom 40 og 65 mm komposteres i egne ranker. Rankene vendes og vannes med en vendemaskin og blir deretter plassert i haug. Total behandlingstid er ca. ½ år. Det produseres ca. 6.000 tonn biogjødsel per år. En privat entreprenør lager "Boråskompost" av 20% siktet (10 mm) kompost fra Boråsanlegget, 40 % parkavfall og opptil 40 % stallgjødsel og hønsegjødsel.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 10.

**Tabell 10. Driftsdata for Sobacken biogassanlegg (Svård & la Cour Jansen, 2001).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)			Temp. råtne-tanker (°C)	Oppholds-tid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metan-innhold (%)	Etterkompostering	
	Inn	Metan tank	Ut*					Temp (°C)	Oppholdstid (d)
7.700	35	3-4	35 - 40	35 - 37	7 - 9	1,359	65 - 75	>55	85 - 110

\* Etter avvanning

### 3.3.2. Driftserfaringer

Bjurling & Svård (1998) angir at det kun er en liten del av det kildesorterte våtorganiske husholdningsavfallet som faktisk utråtnes ettersom mye av avfallet sorteres ut i det optiske sorteringsanlegget og i forbehandlingen. Det burde ha vært mulig å få mer avfall inn i biogassanlegget. Det hender også at hvite poser med restavfall kommer inn i biogassanlegget (la Cour Jansen & Svård, 2002).

Avvanningen i skruepressen har ikke gitt en ønsket separering av vannfase og tørrfase. Det er 32-35 % TS i tørrfasen, mens vannfasen har 3-4 % TS mot forventet 1% (la Cour Jansen & Svård, 2002).. Dette gjør at det allerede underdimensjonerte biotårnet ikke klarer å nitrifisere all ammonium i vannet, slik at ikke alt prosessvannet kan resirkuleres. Det må isteden tilsettes ca. 50 % rentvann til avfallet. Det er planlagt en utvidelse av biotårnet for å løse dette problemet.

Det lages en A-kompost av råtneresten med strukturmateriale, og en B-kompost av fraksjonen mellom 40 og 65 mm som ikke blir utråtnet. Kvaliteten på de to kompostene er imidlertid likeverdige i henhold til laboratorieprøver, og det er mye plast i komposten.

Det oppstår lukt fra komposteringsanlegget ved vending av rankene, og vendingen blir derfor ikke foretatt når vinden blåser fra spesielle vindretninger.

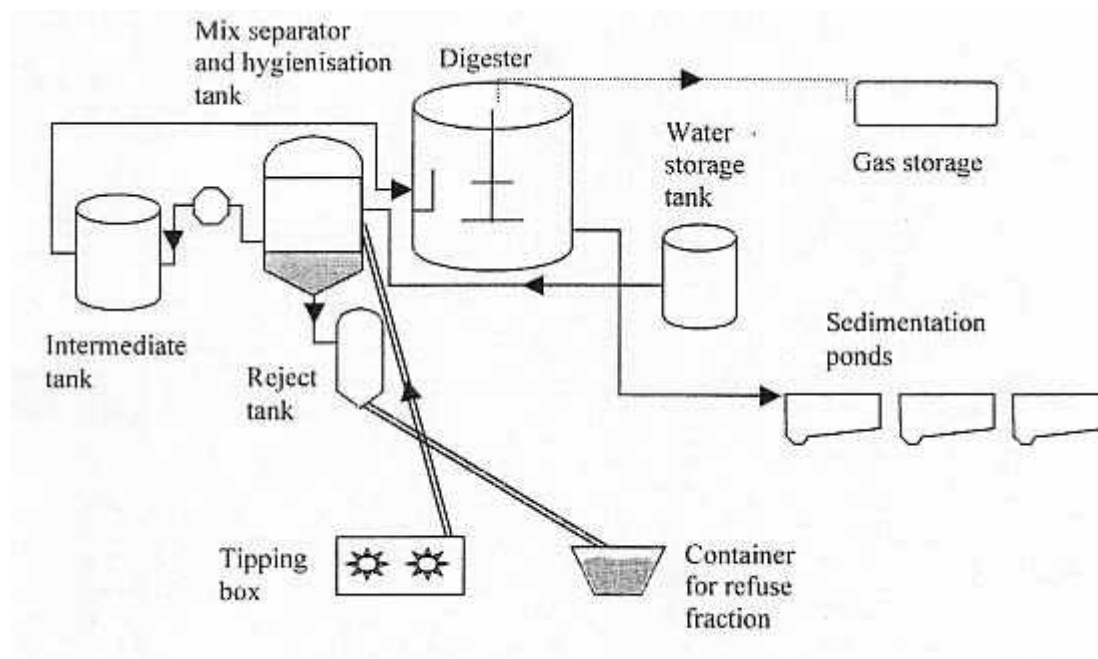
## 3.4. Kil biogassanlegg

### 3.4.1. Prosessbeskrivelse

Kils Avfallshandtering AB eier anlegget som ble startet i 1999. Anlegget er en WAASA kontinuerlig, en stegs, enfase, termofil prosess. Matavfall blir sortert ut i papirposer på kjøkkenet i husholdningene, og matavfallet blir hentet separat hver 14. dag. I 2000 behandlet biogassanlegget kun utsortert våtorganisk husholdningsavfall, men man har planer om å motta avfall fra restauranter, butikker og næringsmiddelindustri.

Avfallet tippes i en innendørs mottaksbunker med plass til 2-3 billass (se figur 13). To motgående skruer maler opp og blander avfallet før det går til en kombinert separerings- og blandetank. Her blandes det inn rentvann og rejektivann til ca. 8 % TS (i 2000 var TS-innholdet kun 3-4 %). Tre skruer sørger for at biomassen blir separert slik at en tyngre del sedimenterer i bunn og en lettere fraksjon flyter opp til overflaten i en separasjonstank. Biomassen mellom disse to fraksjonene blir ført gjennom en kvern til en lagringstank. Fra denne tanken pumpes den inn i en inntakslomme i råtnetanken, hvor det blir tilsatt steam til en temperatur på 55 °C. Oppholdstiden i inntakslommen i råtnetanken er minst 10 timer, slik at biomassen blir hygienisert. Oppholdstiden i råtnetanken er 10-12 døgn ved dimensjonerende kapasitet. Miksing i tanken skjer ved en propellomrører med to propeller.

Utløpet fra rånetanken gikk til sedimenteringsbasseng i 2000, men vil bli avvannet i fremtiden. Rejektvannet vil bli brukt som spede vann til innkommende avfall, mens den avvannede delen er tenkt brukt i jordbruket.



**Figur 13. Flytskjema for Kil biogassanlegg.**

Hele anlegget er overbygget med luktbehandling av avtrekksluften i et kompostfilter.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 11.

**Tabell 11. Driftsdata for Kil biogassanlegg (Svård & la Cour Jansen, 2001).**

Avfalls- mengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. rånetank (°C)	Opp- holdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metan- innhold (%)
	Inn	I rånetank og ut av anlegg				
4.500 (1.000 i år 2000)	30-40	3-4 (i år 2000)	55	10-12 (30 i år 2000)	Ikke kontinuerlig drift (ca. 100 Nm <sup>3</sup> /tonn)	70

### 3.4.2. Driftserfaringer

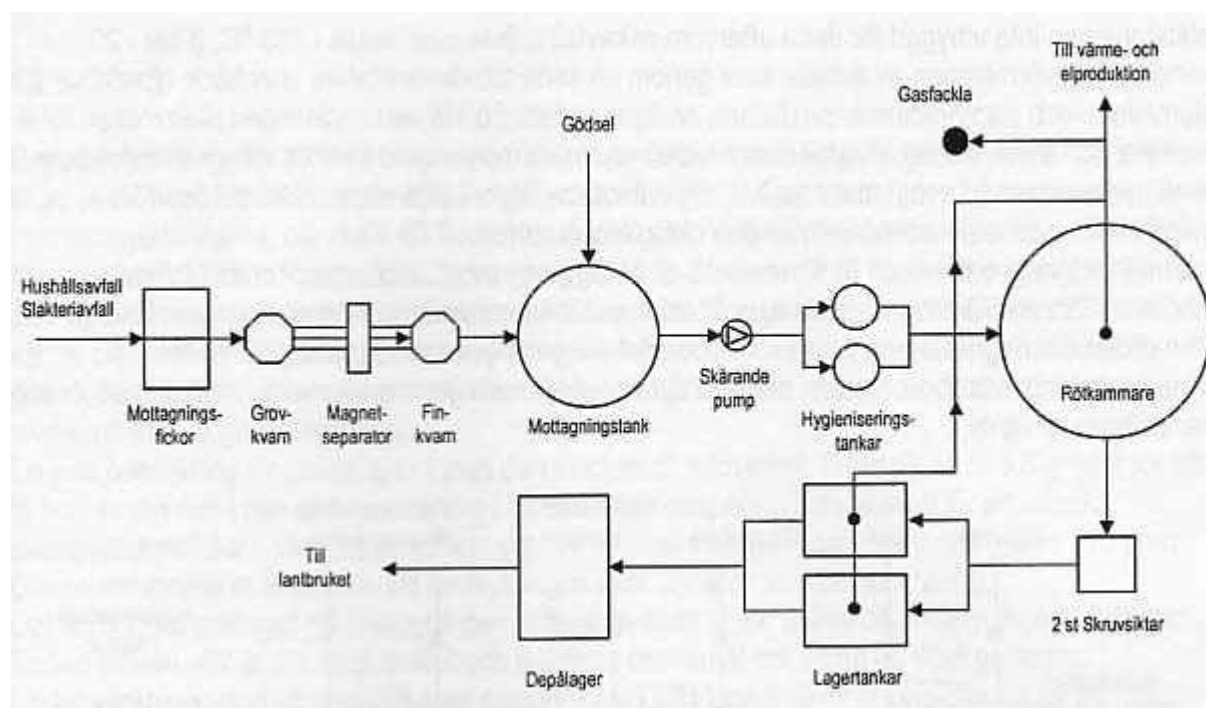
Det forelå lite driftserfaringer da anlegget ble besøkt i år 2000 (la Cour Jansen & Svård, 2002). Det var imidlertid problemer med tekstiler som satte seg fast i kvernen, og derfor har man plassert en horisontal selvrensende sluse i separasjonstanken. Forbehandlingsprosessen på anlegget ble bedømt som mindre bra av Svård & la Cour Jansen (2001), mens utråningen på anlegget var svært bra. Etterbehandling av råneresten var ikke bestemt i 2000, slik at man kun ledet den ut i store sedimenteringsbasseng.

### 3.5. Kristianstad biogassanlegg, Karpalund

#### 3.5.1. Prosessbeskrivelse

Anlegget ble levert av Krüger i 1996, og behandler 65.000 tonn husdyrgjødsel, slakteriavfall og kildesortert våtorganisk husholdningsavfall per år. KVHA utgjør 4.000 tonn/år, hvilket tilsvarer 5 % av avfallsmengden og 15 % av tørrstoffmengden. Anlegget er av type kontinuerlig enstegs, enfase med våt, mesofil utråtning. Våtorganisk husholdningsavfall blir sortert ut i papirposer. Avfallsbeholderne var i utgangspunktet tette, men er nå skiftet med ventilerte beholdere etter luktklager fra husstandene. Beholderne blir tømt hver 14. dag.

Det er to mottak på biogassanlegget, ett for fast avfall og ett for vått avfall (se figur 14). Fast avfall tippes i en av to utendørs bunkere som holdes lukket når det ikke tømmes avfall. En liten vifte transporterer ventilasjonsluften gjennom et aktivt karbonfilter. Et bevegelig gulv med raker drar avfallet inn i en robust kvern som maler avfallet ned til 80 mm størrelse. Et overbygd 30 meter langt transportbånd transporterer massen gjennom en magnetseparator (75 kg/måned blir her skilt fra) til en ny kvern. Denne kverner avfallet i to steg til 11 mm størrelse. Deretter går avfallet til en blandetank hvor også det våte avfallet tømmes. Tankbiler pumper vått avfall inn i tanken og fylles med ferdig utrånet biomasse på 4 minutter.



Figur 14. Flytskjema for Kristianstad biogassanlegg.

Biomassen blir ikke tilsatt vann og har et tørrstoffinnhold på ca. 9%. To propellormørere er installert i blandetanken.

En knivpumpe transporterer biomassen porsjonsvis til en av de to pasteuriseringstankene. Her sørger varmevekslere for å oppvarme slammet til minst 70°C i en time. Ammoniummagnesiumfosfat felles ut i varmevekslerne og må fjernes med saltsyre med jevne mellomrom.

Råtnetanken blir tilført 17 m<sup>3</sup> fra en av pasteuriseringstankene hver annen time, mens en like stor del blir pumpet ut fra råtnetanken gjennom varmevekslere mellom innpumpingene. Råtneresten går gjennom en sil hvor fibre, plast og annet grovt materiale blir skilt ut. Deretter

avvannes biomassen i en skruepresse. Den tørre fraksjonen går til fyllplass, mens den våte går til store lagertanker hvor også gass utvikles, og brukes som gjødsel i jordbruket. Det produseres like mye flytende gjødsel som det kommer inn avfall (66.000 m<sup>3</sup>/år)

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 12.

**Tabell 12. Driftsdata for Kristianstad biogassanlegg (Svärd & la Cour Jansen, 2001).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. råtnetanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	I råtnetank og ut av anlegg				
65.000	9	4-5	ca. 38	22-24	2,2	65-70

### 3.5.2. Driftserfaringer

Ettersom det ikke er noen utjevningstank for tørt avfall, og mesteparten av dette kommer i slutten på uken, er tørrstoffinnholdet i biomassen i blandetanken høyere i slutten av uken, og dette skaper problemer for omrørerne både i denne tanken og i råtnetanken. Omrørerne i blandetanken er derfor blitt skiftet. Råtnetanken er en gammel lav og vid tank fra det tidligere sukkerraffineriet på stedet, og den egner seg dårlig til utråtning. Det har derfor vært problemer med å holde jevn temperatur i tanken, og få god nok omrøring, selv med tre propellomrørere med 2,4 m diameter. Man ser seg derfor om etter andre omrøringsmetoder.

Det er vanskelig å få anlegget til å gå i økonomisk balanse ettersom det er for lite næringsstoffer i den flytende gjødselen til at man får betalt det man forventet (16 kr/m<sup>3</sup>), og anlegget i utgangspunktet ble dyrere enn forventet.

## 3.6. Studsgård biogassfællesanlæg, Herning

### 3.6.1. Prosessbeskrivelse

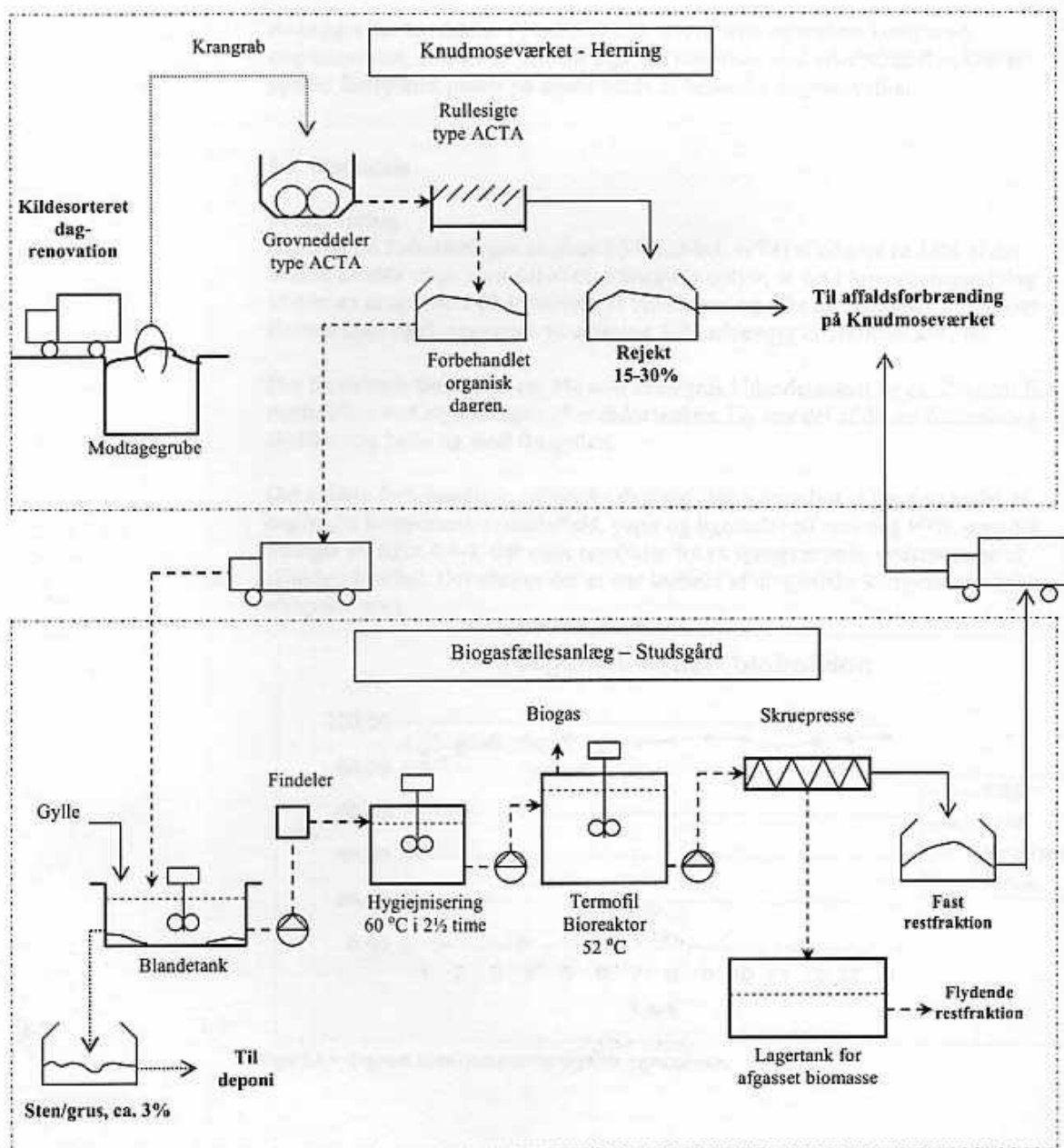
Anlegget ble etablert i 1996 av Herning Kommunale Verker. Det behandler husdyrgjødsel, flytende organisk industriavfall og KVHA. KVHA samles i vanlige plastposer som legges i beholdere eller containere. Det tillates ikke bleier, hygienebind, papir/papp eller dyreekskremeter. KVA kjøres separat til forbrenningsanlegget på Knudmoseværket, hvor det kjøres gjennom en grovkvern av type ACTA og en rullerikt som fjerner 15-30 % av avfallet (se figur 15). Resten kjøres til Studsgård biogassfællesanlæg hvor det blandes med husdyrgjødsel og industriavfall. I 2001 ble det levert ca. 3.100 tonn KVA til Studsgård, etter at 15-30 % av avfallet var siktet ut på rullerikten. Hvor mye som siktes fra, avhenger av avfallets kvalitet og om driften av sikten optimeres for å oppnå minst mulig frasortering eller så rent avfall som mulig.

Studsgård biogassfællesanlæg er et vått, enstegs, enfase, termofilt anlegg. Forbehandlet KVHA blandes med husdyrgjødsel og industriavfall i en blandetank med propellomrører i én av de to linjene på anlegget. I tanken sedimenterer stein og grus (ca. 3 % av biomassen), og dette fjernes og kjøres til deponi. Biomassen passerer en findeler og pumpes til en hygieniseringstank med varmevekslere og propellomrøring, hvor temperaturen heves til 60°C i 2,5 timer, eller 70°C i 1 time. Deretter pumpes biomassen til råtnetanken med propellomrører hvor utråtningen foregår termofilt ved ca. 52 °C. Råtneresten pumpes gjennom en skruepresse hvorfra den faste fraksjonen (ca. 2 %) kjøres til forbrenning, og den flytende fraksjonen går til lagertanker for videre transport til landbruket.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 13.

Tabell 13. Driftsdata for Studsgård biogassfælesanlæg (Lund Hansen et al., 2001, Dansk Bio-Energi, 2001).

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. råtnetanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut				
110.300	<10	35-45 (fast)	52	20	6,6	65



Figur 15. Flytskjema for håndtering av KVHA på Knudmoseværket og Studsgård biogassfælesanlæg.

### 3.6.2. Driftserfaringer

Det største problemet for anlegget har vært den varierende kvaliteten på KVA. De mange feilsorterte uorganiske gjenstander i biomassen har ført til problemer med omrøring, tilstop-

ping av finkvern og varmeveksler, flytelag i råtnetanken osv. Dette er forsøkt løst ved bedre forsortering av avfallet, bedre omrørere og flere parallelle linjer til for eksempel finkverning for å forhindre driftstopper.

### 3.7. Grindsted renseanlegg

#### 3.7.1. Prosessbeskrivelse

Fra 1997 har det vært mulig å utrátne KVHA sammen med avløpsslam på dette renseanlegget. KVA fra 6.200 husholdninger i kommunen legges i papirposer i papirsekker som tømmes separat og kjøres til renseanlegget. Det tillates ikke bleier, hygienebind, potteplanter eller dyreekskrementer. Det har vært lagt betydelig vekt på å informere innbyggerne om avfalls-sorteringen. KVHA har et tørrstoffinnhold på 35-40 %. Det tømmes i en mottakssilo, og passerer en poseoppriver, en magnetseparator og en finkvern før det pumpes til en pulper, hvor overskuddsslam med ca. 1,5 % TS fra det biologisk-kjemiske renseanlegget tilsettes (se figur 16). Ca. 1 vektprosent metall, stein og sand frasorteres i magnetseparatoren og pulperen.

Fra pulperen pumpes biomassen via en finsnitter og en buffertank til en hygieniseringstank hvor organisk industriavfall med ca. 20 % TS tilsettes, og det hele pasteuriseres ved 70 °C i minst en time. Utrátningen foregår ved 38 °C. Etter utrátning passerer råtneresten en separator hvor det skilles fra ca. 1 vektprosent plast, og en silbåndpresse hvor råtneresten avannes til 24 % TS, mens rejektivannet føres tilbake til renseanlegget. Råtneresten brukes i jordbruket etter lagring i et slamlager.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 14.

**Tabell 14. Driftsdata for biogassanlegget ved Grindsted renseanlegg (Lund Hansen et al., 2001, Dansk BioEnergi, 2001).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)			Temp. råtne-tanker (°C)	Oppholds-tid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metan-innhold (%)
	Inn	Råtnet.	Ut*				
42.700	3	2 - 3	24	38	24	490 Nm <sup>3</sup> /tonn tilført FTS	65

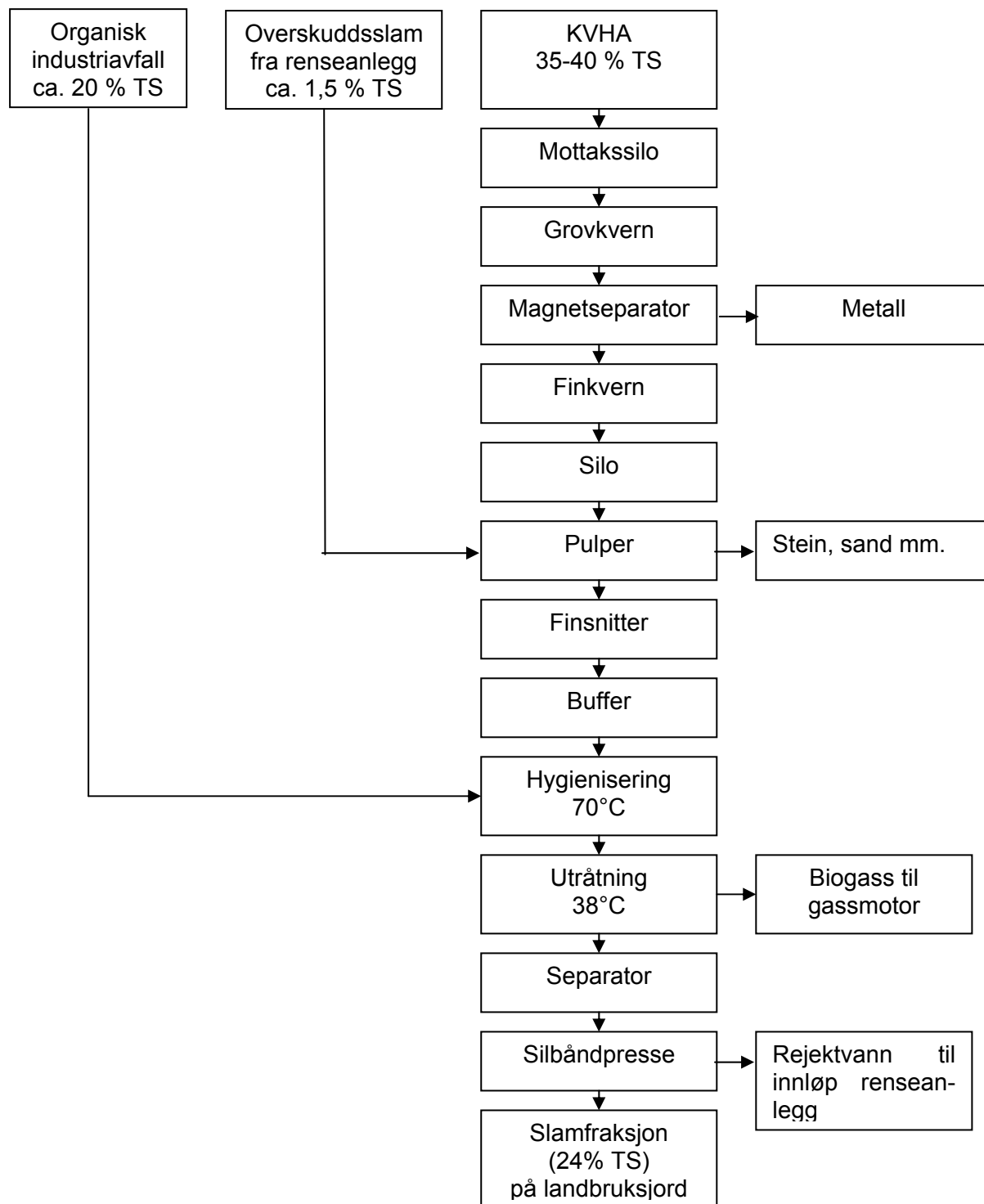
\* Etter avvanning

#### 3.7.2. Driftserfaringer

Innsamlingen og sorteringskriteriene i Grindsted kommune fører til et meget rent produkt. Det har vært noen få problemer med anlegget (Lund Hansen et al., 2001):

- Pumper som ikke kan tåle den høye temperaturen etter hygieniseringen
- Tilstopping av kvern
- For liten kapasitet på varmeveksleren
- Vanskeligheter med å oppnå høyt TS i råtnetanken

Generelt konkluderes det med at sambehandling av slam, organisk industriavfall og KVHA i råtnetank er praktisk mulig.



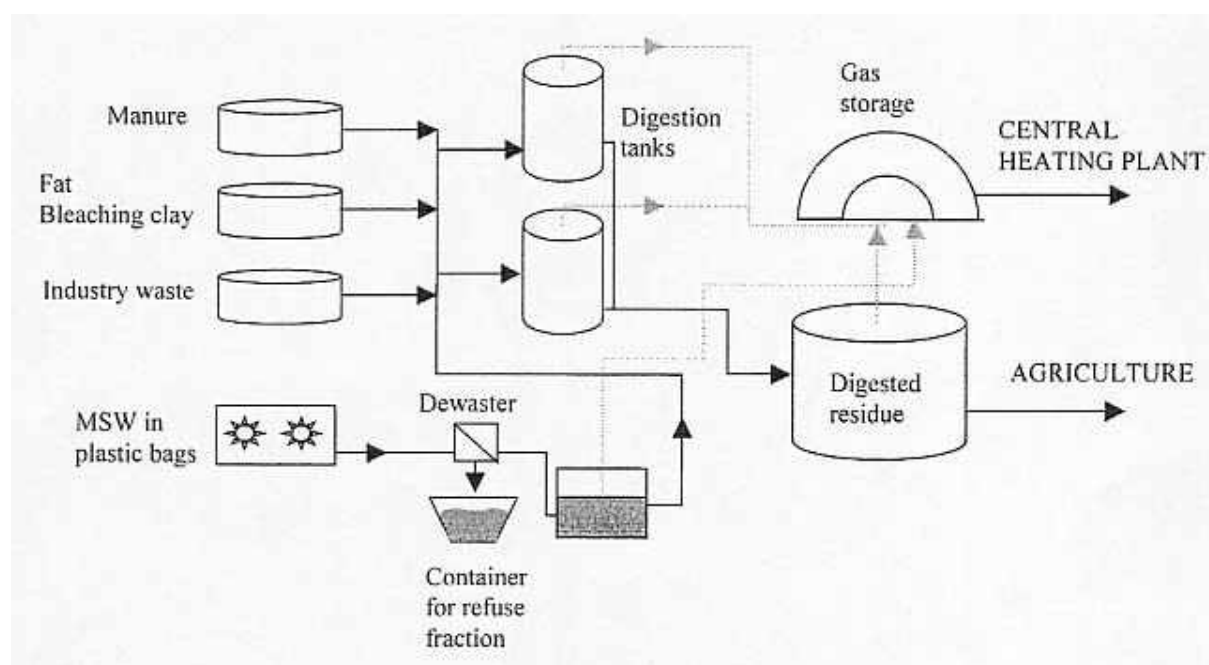
Figur 16. Flytskjema for Grindsted renseanlegg.

### 3.8. Vaarst-Fjellerad Biogassfællesanlæg, Aalborg

#### 3.8.1. Prosessbeskrivelse

Anlegget har vært i drift siden 1997, og noe KVHA fra Helsingør og Aalborg er mottatt på anlegget siden man i 1998 etablerte et separat råtnetankanlegg for KVHA. Anlegget eies av et biogasskonsortium, og det utrâtnes for det meste husdyrgjødsel, fett, blekeleire og annet organisk industriavfall. I Aalborg kommune er det en frivillig ordning for innsamling av KVHA hvor 2.300 husstander deltar. Det tillates ikke bleier, hygienebind eller dyreekskrementer i avfallet. KVHA samles inn i utleverte plastposer som legges i 80 liter spann.

På biogassanlegget gjennomgår KVA en forbehandling i en mottakssilo med to motgående skruer, som river opp poser, maler og blander avfallet i 2 timer, og en DeWaster (se figur 17). Denne består av en konisk skruepresse, hvor biofraksjonen presses ut gjennom smale spalter, mens plastposer, papir og andre større gjenstander blir med til enden av DeWaster'en. Den siste fraksjonen, som utgjør ca. 25 % av KVHA, blir vasket og samlet i containere som tømmeres på fyllplass. Biofraksjonen går til en lagertank og blir derfra pumpet inn på anleggets to råtnetanker sammen med det andre avfallet.



**Figur 17. Flytskjema for Vaarst-Fjellerad Biogassfællesanlæg.**

Utrâtningsprosessen er en tradisjonell dansk våt, enstegs, enfase, termofil prosess hvor hygieniseringen skjer ved 53 °C i 8 timer i råtnetanken. Husdyrgjødsel pumpes inn på råtnetankene med 4-6 timers intervaller, mens organisk industriavfall blir pumpet inn med 2-4 timers intervaller. Reversible skruepumper brukes. Utrâtnet biomasse blir pumpet ut fra tanken til lagertanker etter innpumpingen. Det er også oppsamling av gass ved at lagertankene er dekket med en membran. Râtneresten blir hentet av de samme bilene som kjører husdyrgjødsel til anlegget, og blir brukt til gjødsel i jordbruket.

Luft fra mottakssilo og bygning går gjennom et kompostfilter for å redusere lukt.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 15.

**Tabell 15. Driftsdata for Vaarst-Fjellerad Biogasfællesanlæg (Lund Hansen et. al., 2001, Dansk BioEnergi, 2001).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innh (%)		Temp. råtnetanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut				
53.800	<10	3,5	53	16-18	3,6	60

### 3.8.2. Driftserfaringer

Det har vært problemer med omrøring i råtnetankene i innkjøringsfasen, og man måtte flytte omrørerne og legge inn et flytende dekke. Det har også vært problemer med å få komprimert gassen i en kompressor slik at man kunne bruke gassgeneratoren. Det har kun vært luktklager fra nærmeste nabo som bor 30 meter fra anlegget.

Ved forsøkskjøring med DeWaster'en i 1998 ble ca. 40 % av avfallet frasortert. Også denne fraksjonen inneholdt fra 55 til 74 % organisk stoff (Lund Hansen et al., 2001). Av denne grunn blir fraksjonen vasket før deponering.

## 3.9. Århus Nord, Spørring

### 3.9.1. Prosessbeskrivelse

I Århus kommune skal innbyggerne frasortere papir og glass og deretter oppdele avfallet i KVHA og restavfall (Tønning, 2003). KVHA skal legges i utdelte grønne plastposer, mens restavfallet legges i utdelte svarte eller andre plastposer. Posene skal lukkes med knute.

Avfallet blir transportert samlet til Forbrændingsanlæg Århus Nord i Lisbjerg, hvor sorteringsanlegget ligger. Her blir de grønne posene optisk sortert fra de svarte i et 2 linjers Optibaganlegg. De grønne posene passerer poseåpnere, sikter og en magnetseparator før de kjøres til Biogasfællesanlæg Århus Nord i Spørring. Restavfallet forbrennes på forbrenningsanlegget. Optibaganlegget skal sørge for at 98 % av de grønne posene går til bioavfallet, og at maksimalt 1 vektprosent av bioavfallet er plast. Det optiske sorteringsanlegget har kostet 60,1 mill. DKK.

Biogasfællesanlæg Århus Nord var ved etableringen i 1994 forberedt til å ta imot ca. 3.800 tonn KVA per år. Dette måtte utvides til 17.000 tonn KVHA per år ved innføring av kildesortering i alle husholdningene. Det var opprinnelig to linjer på biogassanlegget, hvorav den ene var mesofil for husdyravfall og organisk industriavfall, mens den andre var termofil for husdyrgjødsel blandet med KVHA. Den mesofile linjen ble i 2001 bygd om til termofil slik at KVA kan behandles på begge linjene. Samtidig ble hygieniseringstrinnet ombygd fra hygienisering av den tilførte KVHA til hygienisering av all utråtnet biomasse ved 70 °C i en time. Anlegget vil ha total kapasitet på 155.000 tonn avfall per år. Det er lagt opp til at en linje skal kunne behandle ca. 17.000 tonn KVHA og ca. 51.000 tonn husdyrgjødsel. Reaktorkapasiteten for denne linjen er økt fra 1.500 m<sup>3</sup> til 3.200 m<sup>3</sup> ved å bygge en ny råtnetank på 1.700 m<sup>3</sup>. I tillegg er det råtnetanker med volum på 7.000 m<sup>3</sup> i linjen for husdyrgjødsel og organisk industriavfall.

I mottaksanlegget for KVA blandes dette i en pulper med fortrinnsvis grisemøkk i forholdet ca. 1:3. Derfra pumpes biomassen til en gravitasjonsseperator som fjerner all plast og andre fremmedlegemer som måtte være igjen i biomassen. Deretter pumpes biomassen til en bufertank hvorfra den pumpes vekselvis inn på de to råtnetankene. Oppholdstiden i råtnetankene er ca. 18 døgn ved en temperatur på 53-55°C. Gassen renses for svovel og brukes i en gassgenerator til å produsere strøm og fjernvarme.

Råtneresten pumpes til etterpasteuriseringsstanker hvor temperaturen er 70 °C og oppholdstiden en time. I løpet av 2003 vil det også bli installert en skruepresse for råtneresten, slik at mesteparten av tørrstoffet i biomassen kan tas ut og kjøres til forbrenning, mens den våte fraksjonen kan brukes som våtgjødsel i jordbruket.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 16.

**Tabell 16. Driftsdata for Århus Nord-anlegget (Tønning, 2003).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. råtne-tanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut				
136.200	7	4,5	53-55	ca. 18	3,4*	72-75

\*Forventet gassproduksjon, da det mangler data for virkelig produksjon.

### 3.9.2. Driftserfaringer

En undersøkelse av avfallet viste at sorteringskriteriene for avfallet ble overholdt av husstandene som sorterer, men at noen få grønne poser inneholdt restavfall eller avfall som ikke var sortert i det hele tatt. Stort sett alle posene var lukket med knute, som foreskrevet. KVHA utgjorde mellom 24 og 37 % av den samlede mengden innsamlet avfall. Etter sortering i et optisk sorteringsanlegg med poseåpnere og sikter var det kun 11 % av det samlede avfall som ble ført videre til utråtning. For å unngå at posene går i stykker under transporten, har kommunen foreskrevet at man i komprimeringsbilene som samler inn avfallet, ikke komprimerer det til mer enn 400 kg/m<sup>3</sup>.

På det optiske sorteringsanlegget volder uemballert avfall så store problemer at man har valgt å sortere ut dette manuelt på anlegget. Ved en nøyere undersøkelse på sorteringsanlegget viste det seg at halvparten av de grønne posene var gått i stykker ved ankomsten, og at 25 % var så ødelagte av avfallet hang ut av dem. Ca. 70 % av bioavfallet ble sortert ut riktig i sorteringsanlegget. Kun halvparten av bioavfallet som ankom sorteringsanlegget, ble funnet igjen i bioavfallslinjen etter sortering, poseoppriving og sikting. Ca. 25 % av de grønne posene ble gjenfunnet på båndet til restavfallet. Etter dette har man tatt i bruk poser med større slitestyrke.

Det var i utgangspunktet meningen at det optiske sorteringsanlegget skulle sørge for et rent avfall til biogassanlegget. Avfallet hadde imidlertid ikke den forventede kvalitet, og man måtte derfor midlertidig installere en gravitasjonsseparator på biogassanlegget etter blanding med grisemøkk. Pulperen på anlegget må derfor rengjøres månedlig samtidig som det må returneres ca. 14-15 vektprosent (herav ca. 9 % plast mv. til forbrenning og 5 % bunnfelt slam til deponi). Det er undersøkt om man kunne installere en avfallspresse som kunne fjerne fremmedlegemer og plast fra biomassen etter det optiske sorteringsanlegget. Det finnes imidlertid kun prototyper av slike maskiner på markedet i dag. Det brukes derfor mye ressurser på utsortering av fremmedlegemer fra det kildesorterte våtorganiske husholdningsavfallet.

## 4. Erfaringer fra andre europeiske biogassanlegg for våtorganisk avfall

### 4.1. Generelt

I la Cour Jansen & Svärd (2002) er 7 europeiske anlegg utenfor Norden besøkt: Brecht I og II, Münster, Kirchstockach, Tilburg, Bachenbulach og Otelfingen. Nedenfor vil disse anleggene bli kort beskrevet. Utvelgelsen av anlegg ble gjort ut fra en vurdering av hvor interessante anleggene var i forhold til problemene på Nordsjællands Biogasanlæg I/S. Det vil si at de mest interessante anleggene var:

- Fullskalaanlegg med mer enn 3 års driftserfaringer
- 100 % KVHA med plast i innsamlingen
- rullesikter eller trommelsikter
- våt, termofil enstegs prosess
- elproduksjon med utnyttelse av overskuddsvarmen
- Jordbruksanvendelse både av faste og flytende restprodukter med intern resirkulering av fortynningsvann

Det ble gitt opptil 3 poeng for hver av disse egenskapene, og anleggene med flest poeng ble valgt å besøke. Det er dermed flest våte, termofile, enstegs prosesser med i denne oversikten.

Generelt kan erfaringene fra anleggene sammenfattes med at det finnes velfungerende biogassanlegg som behandler husholdningsavfall i Europa. Erfaringene fra disse anleggene er imidlertid ofte vanskelige å overføre til nordiske forhold, fordi rammebetingelsene er så forskjellige. Kun få anlegg drives kun med KVHA, og i anlegg med "tørr" prosess blir det vanligvis tilsatt store mengder hageavfall, typisk 50-80 %.

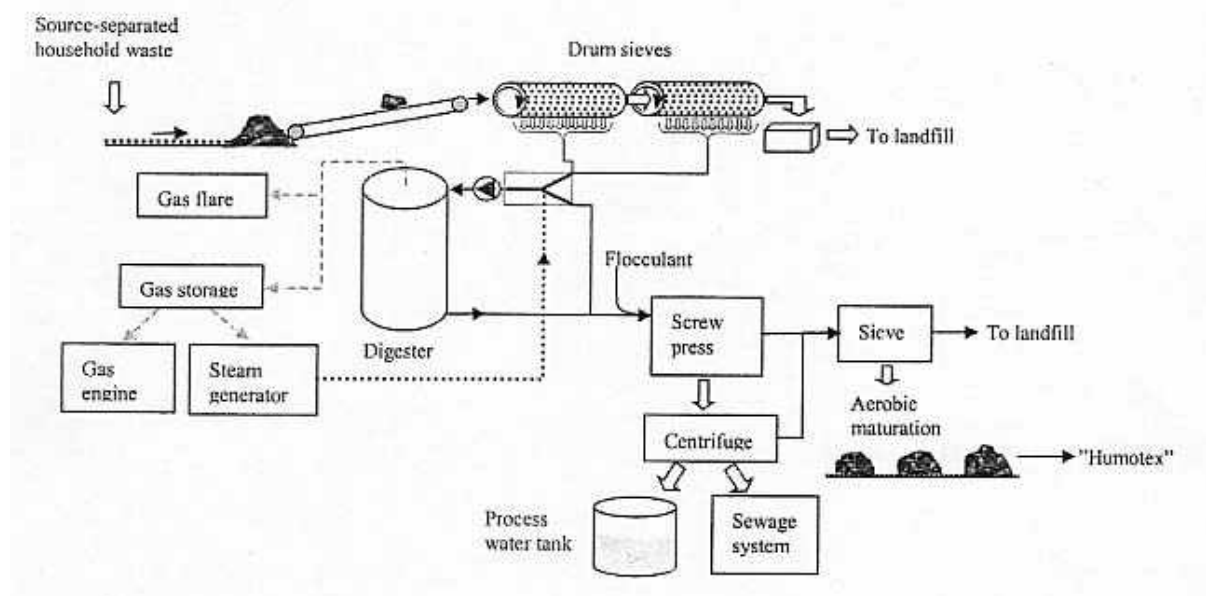
Generelle tendenser for velfungerende anlegg synes å være at det ikke inngår plast i innsamlingen av avfallet, verken i husholdningene eller i innsamlingssystemet. Der det ikke anvendes plast, kan forbehandlingen av avfallet være svært enkel. Ofte består den bare av kverning, magnetseparering og eventuell sikting. Mengde rejeekt er også mye mindre fra slike anlegg. Skjer innsamlingen i plastposer, er det behov for vesentlig mer kompliserte forbehandlingsteknikker, samtidig som rejeektmengden øker kraftig.

Det er snarere regelen enn unntaket at innkjøring av anleggene tar lang tid – ofte lenger enn ett år. Fra de europeiske biogassanleggene for KVHA leveres kun faste restprodukter til forbrukerne/jordbruket. Flytende restprodukter blir behandlet i avløpsrensaneanlegg. De fleste biogassanlegg har opplevd luktproblemer. Dette er enkelte steder løst ved innbygging og luktrensing gjennom barkfiltre eller biofiltre. Aktive kullfiltre er også brukt.

### 4.2. Brecht I og II, Belgia

Disse Dranco-anleggene ble startet i 1992 og 1999 og er svært like. Det andre anlegget er mye større, men prosessen er den samme. Prosessen er tørr, termofil, enstegs, enfase med kontinuerlig stempelstrømming. Prosessen er vist i figur 18. KVHA (15 %) og hageavfall (75 %) innsamlet hver annen uke fra husholdningene i distriktet blir behandlet på anleggene. Også ikke-resirkulert papir inkl. bleier (10 %) er med i avfallet. Det brukes noe bioposer og noe plastposer til husholdningsavfallet, og dette blir plassert i plastdunker sammen med hageavfallet. Tørrstoffinnholdet i avfallet varierer fra 35 til 40 %.

Avfallet blir tømt i en mottakshall med bevegelig gulv som bringer avfallet til et transportbånd (se figur 16). Hurtigroterende trommelsikter med 40 mm lysåpninger bearbeider avfallet i 3 timer. Ca. 10 % av avfallet går ikke gjennom sikten, og dette blir kjørt til fyllplass. Materialet som går gjennom siktene, blir veid i en buffertank før det blir matet inn på råtnetanken. Avfallet blir mikset med en stor del av råtneresten, og det blir tilsatt steam for å få temperaturen opp i 55 °C. Forbehandlingen blir utført på ett (Brecht I) til to (Brecht II) skift på vanlige uke-dager. Begge anleggene har en sylindrisk, vertikal råtnetank i stål. Råtnetanken på det nyeste anlegget er fire ganger større enn på det eldste, og bunnen er konet. Tankene blir matet kontinuerlig i toppen, og råtnerest tatt ut kontinuerlig i bunn, hvilken gir en stempelstrøm gjennom tanken.



**Figur 18. Flytskjema for Brecht-anleggene.**

Biogassen blir midlertidig lagret ved anleggene, før den blir brukt til å produsere damp eller til el-produksjon. Ca. 1/3 av energien brukes internt, resten blir solgt til elektrisitetsnettet.

Noe av råtneresten blir resirkulert og noe blir avvannet i skruerpresser fra 30-32 % TS til 50 % TS. Det tilsettes polymer til avvanningen. Etter avvanning passerer råtneresten en vibrerende sikt hvor partikler større enn 10 mm blir skilt fra og kjørt til fyllplass. Den siktede råtneresten gjennomgår en 14 dagers etterkompostering med tvungen lufting innendørs. Det blir produsert ca. 8.000 tonn ferdig kompost per år på det gamle anlegget. Ferdig kompost blir solgt til et firma som markedsfører det som Humotex. Det blir stort sett brukt i private hager, på grøntområder eller i treplantasjer. Rejektvannet fra skruerpressen blir avvannet i en sentrifuge og deretter behandlet i avløpseanlegget på stedet.

Det gamle anlegget har ikke behandling av ventilasjonsluften, men hele anlegget bortsett fra råtnetanken er innendørs. Det lukter atskillig i anlegget. I det nye anlegget er det ventilasjon av alle kritiske punkter, og ventilasjonsluften blir behandlet i et biofilter. Lukten i dette anlegget er mindre. Det er ingen luktproblemer hos de nærmeste naboene som bor ca. 200 m fra anleggene.

Driftsdata for anleggene er vist i tabell 17.

Tabell 17. Driftsdata for Brecht-anleggene (la Cour Jansen &amp; Svärd, 2002).

Avfalls- mengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Råtnetanker		Opp- holds- tid (d)	Gasspro- duksjon (Nm <sup>3</sup> /tonn avfall)	Metan- inn- hold (%)	Etterkompostering	
	Inn	Ut**	Volum (m <sup>3</sup> )	Temp (°C)				Temp (°C)	Oppholds- tid (d)
25.000 (I) 43.000* (II)	35-40	55	800 (I) 3.200 (II)	55	Ca. 21	90-120	50-60	<65	14

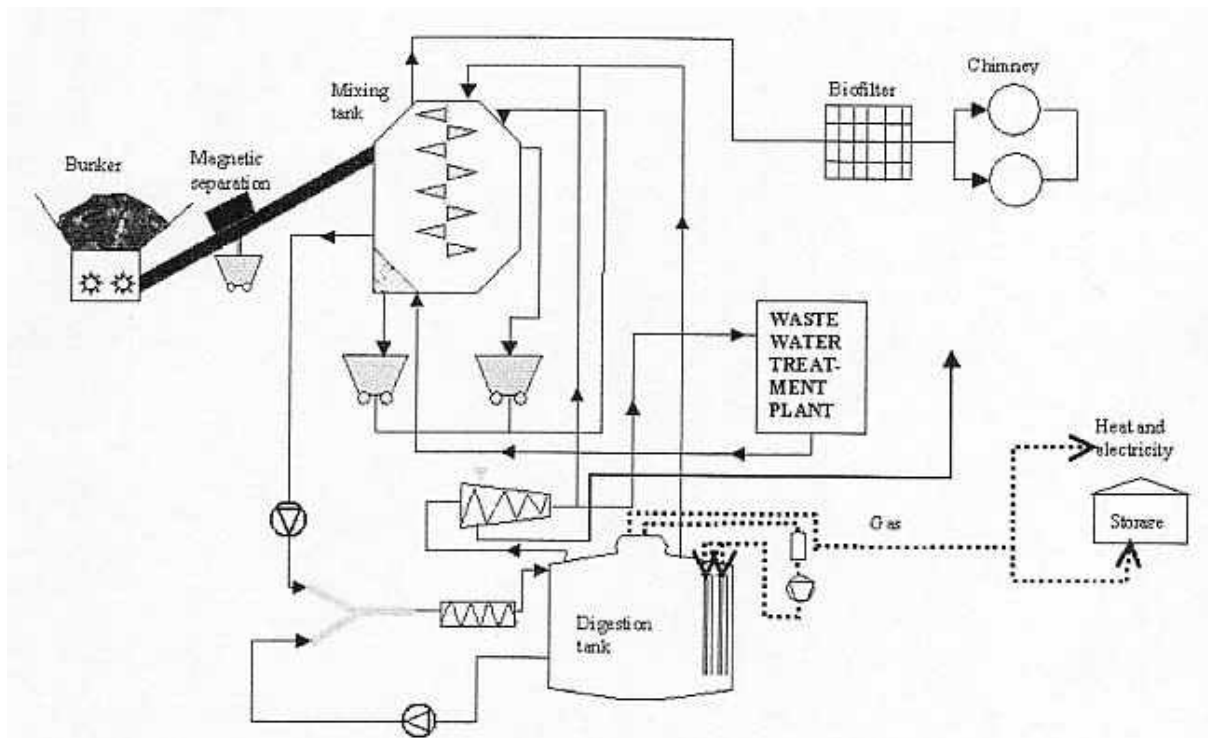
\*Kapasitet på anlegget. Anlegget var under innkjøring ved besøket.

\*\* Etter avvanning

### 4.3. Münster, Tyskland

Anlegget ble bygd i 1996 av Roediger og har en kapasitet på 16.500 tonn per år. Anlegget behandler 10-15.000 tonn KVHA i en våt, termofil, enstegs, enfase prosess. Avfallet samles opp i plastdunker uten noen innpakning.

Det er to separate linjer innendørs på anlegget fra inntaksbunker til og med miksetankene. Se figur 19. I bunn av mottaksbunkerne er skruer som skrur avfallet til transportbånd. En magnetseparator passerer før miksetankene (2 x 20 m<sup>3</sup>). Her blir det tilsatt vann (60 % fra avløpsreanlegget og 40 % resirkulert prosessvann) slik at tørrstoffinnholdet blir 9-10 %. Homogenisering av avfallet skjer ved en hurtigmikser (200 rpm) som slår i stykker biomassen. En flytefraksjon av plast og papir tas bort fra toppen av tanken med to "gaffelarm" som raker plast og papir av. I bunn er det en sluse som fjerner sand, glass og metall som sedimenterer i tanken. Ventilasjonsluften fra miksetankene og forbehandlingsbygget går gjennom et kompostfilter og ut via en høy pipe.



Figur 19. Flytskjema for Münster biogassanlegg.

Utråtingen skjer i en tank på 1.500 m<sup>3</sup>, men kapasiteten var i ferd med å bli økt med to 1.000 m<sup>3</sup> tanker i tillegg. Temperaturen i tanken er 60 °C, men oppholdstiden på 14-20 døgn er ikke tilstrekkelig til å oppnå hygienisering pga. kortslutningsstrømmer. Med de to nye tankene vil hygienisering kunne oppnås. Det produseres ca. 90 Nm<sup>3</sup> biogass per tonn inkom-

mende avfall, med et metaninnhold på 45-65 %. Sammen med gass fra fyllplassen og fra utråtning av slam på avløpsrensaneanlegget på stedet, går gassen til gassgeneratorer som produserer elektrisitet og varme.

Råtneresten blir avvannet i en sentrifuge. Rejektvannet går til rensaneanlegget for behandling der, mens den avvannede råtneresten med 45 % TS går til deponi ettersom den ikke overholder de tyske hygienekravene for bruk i jordbruket. Byen Münster vil bruke det ferdige produktet når anlegget er blitt utvidet slik at produktet blir hygienisert.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 18.

**Tabell 18. Driftsdata for Münster biogassanlegg (la Cour Jansen & Svärd, 2002).**

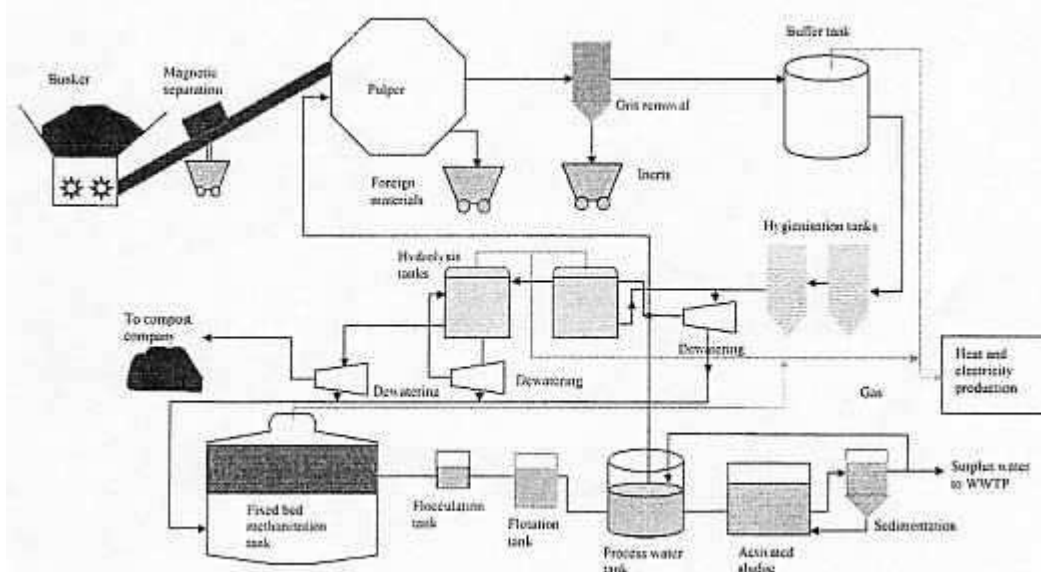
Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. råtne-tanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut*				
10-15.000	9-10	45	60	14-20	1,8	45-65

\* Etter avvanning

#### 4.4. Kirchstockach, Brunnthäl, Tyskland

Dette anlegget ble startet i 1997, og behandler 20-25.000 tonn KVA per år. Anlegget er en våt, mesofil, tostegs, tofase prosess. Kjøkkenavfall og hageavfall samles opp i plastdunker uten noen innpakning. Avfallet hentes hver 14. dag (om sommeren hver uke).

Avfallet tømmes i en mottaksbunker med en skru presse som maler opp avfallet (se figur 20). Deretter transporteres det via et transportbånd over en magnetseparator til en av to pulpere. Her tilsettes resirkulert prosessvann under omrøring slik at tørrstoffinnholdet i tanken blir ca. 9 %. En lettere fraksjon med plast og tekstiler blir tatt ut på toppen av pulperen, mens en tung fraksjon kan tas ut i bunn av tanken og/eller i et sandfang som biomassen passerer etter pulperen. Det tas ut mindre enn 1 % jern, men det mangler opplysninger om hvor mye plast og tekstiler som fjernes. Biomassen pumpes til en buffertank og videre via varmevekslere til to hygieniseringstanker i serie, hver med oppholdstid en time, og temperatur i biomassen på 70 °C.



**Figur 20. Flytskjema for Kirchstockach biogassanlegg.**

Etter hygieniseringen avvannes biomassen i en sentrifuge. Rejektvannet går utenom hydrolysesteget direkte til det mesofile metanfilteret. Den avvannede biomassen går til to mesofile (37 °C) hydrolysetanker i serie. Tankene omrøres med mekaniske omrørere, rundpumping og med gassomrøring. Fra den siste tanken avvannes biomassen igjen, og det avvannede produktet går til et kompostfirma (6.700 tonn per år med ca. 35 % TS), mens rejevtvannet enten blir resirkulert til den siste hydrolysetanken, eller går til metanfilteret. Oppholdstiden er ca. 7-8 dager totalt i den tostegs utråtningen, men størrelsen på tankene er ikke oppgitt. Biogass blir samlet fra buffertanken, hydrolysetankene og metanfilteret. Gassen brukes i en kombinert elektrisitets- og varmesentral.

Råtneresten blir blandet med annet materiale hos kompostfirmaet og solgt som kompost. Vannet ut av metanfilteret blir behandlet ved flokkulering og flotasjon, og det rensede vannet blir lagret i en prosessvannstank. Vannet blir enten brukt som prosessvann i pulperne eller renses biologisk med nitrogenfjerning før resirkulering til pulperne eller behandling på et avløpsrensaneanlegg.

Ventilasjonsluften fra hele anlegget luktrenses i kompostfiltre og slippes ut via en høy pipe.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 19.

**Tabell 19. Driftsdata for Kirchstockach biogassanlegg (la Cour Jansen & Svärd, 2002).**

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innhold (%)		Temp. råtne-tanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut*				
20.000	ca. 9	ca. 35	37	7-8	1,2-2	ca. 65

\* Etter avvanning

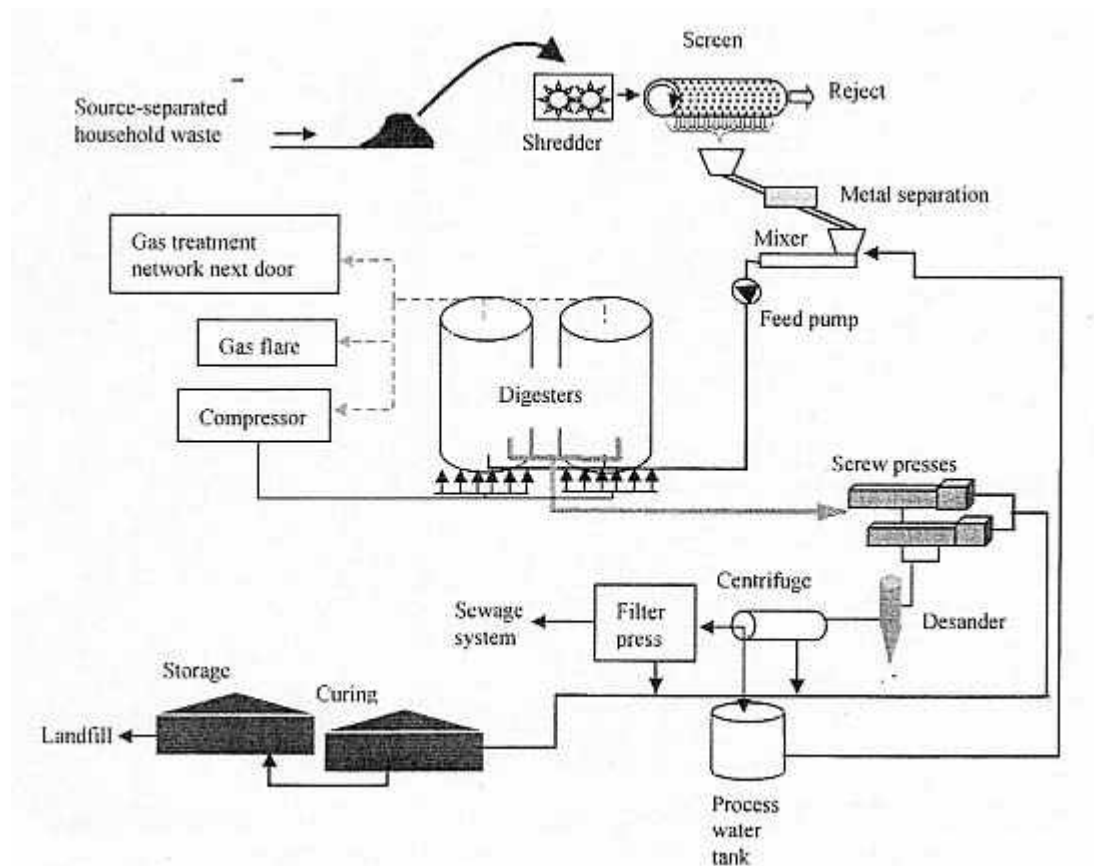
#### 4.5. Tilburg, Nederland

Dette Valorga-anlegget har vært i drift siden 1995, og behandler 40.000 tonn KVHA og hageavfall (ca. 60 % hageavfall). Avfallet samles inn ukentlig, og det brukes ikke innpakning av kjøkkenavfallet. Prosessen er tørr, mesofil, enstegs stempelstrøms utråtning med etterfølgende kompostering.

Avfallet tømmes under tak og mates inn i en skruemøll med hullastere og videre til en trommelsikt med 60 mm hull (se figur 21). Omtrent 3 % av avfallet blir sortert ut i sikten. Magnetisk materiale blir sortert ut i en magnetseparator. Tidligere var det manuell utsortering av feilsorterte materialer, men dette er nå nedlagt. Det blir tilsatt noe prosessvann i en blandetank for å få tørrstoffinnholdet til ca. 30 %. Det er ikke hygienisering ved anlegget. Utråtningen foregår ved ca. 38 °C i to parallelle stående, sylindriske tanker. Oppvarmingen foregår med damp. Komprimert biogass sørger for en omrøring og gradvis forskyvning av biomassen rundt en vertikal skillevegg midt i tanken. Sand og grus sedimenterer i tanken og må fjernes med jevne mellomrom. Oppholdstiden er ca. 20 dager. Biogassen inneholder kun 55 % metan, og CO<sub>2</sub> og svovel fjernes med en skrubber og jernoksid av det lokale energiverket.

Råtneresten blir avvannet i skruerpresser. Rejektvannet går gjennom en hydrosyklon som fjerner sand, og en sentrifuge som avvanner det. Mesteparten av rejevtvannet fra sentrifugen brukes til utspeding av innkommende avfall. Overskuddsvannet blir behandlet i en filterpresse og deretter sendt til avløpsrensaneanlegget på stedet. Den tørre fraksjonen fra skruerpresser, sentrifuge og filterpresse blir kompostert innendørs i 7 dager og deretter oppbevart på lager før det brukes til dekke av en fyllplass. Det produseres ca. 22.000 tonn kompost med ca. 40 % TS per år. Det er planer om å lage en kompost som kan brukes til andre formål, men da må anlegget bygges noe om. Ventilasjonsluften blir behandlet i en svovelsyre-

ammonium skrubber og i et kompostfilter før utslipp. Anlegget ligger på en fyllplass, og det har ikke vært klager på lukt fra naboene som bor minst 1,5 km fra anlegget.



Figur 21. Flytskjema for Tilburg biogassanlegg.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 20.

Tabell 20. Driftsdata for Tilburg biogassanlegg (la Cour Jansen & Svård, 2002).

Avfallsmengde (tonn/år)	TS-innh (%)		Temp. rånetanker (°C)	Oppholdstid (d)	Gassproduksjon (mill. Nm <sup>3</sup> /år)	Metaninnhold (%)
	Inn	Ut*				
40.000	30	ca. 40	38	20	Ca. 3,2	ca. 55

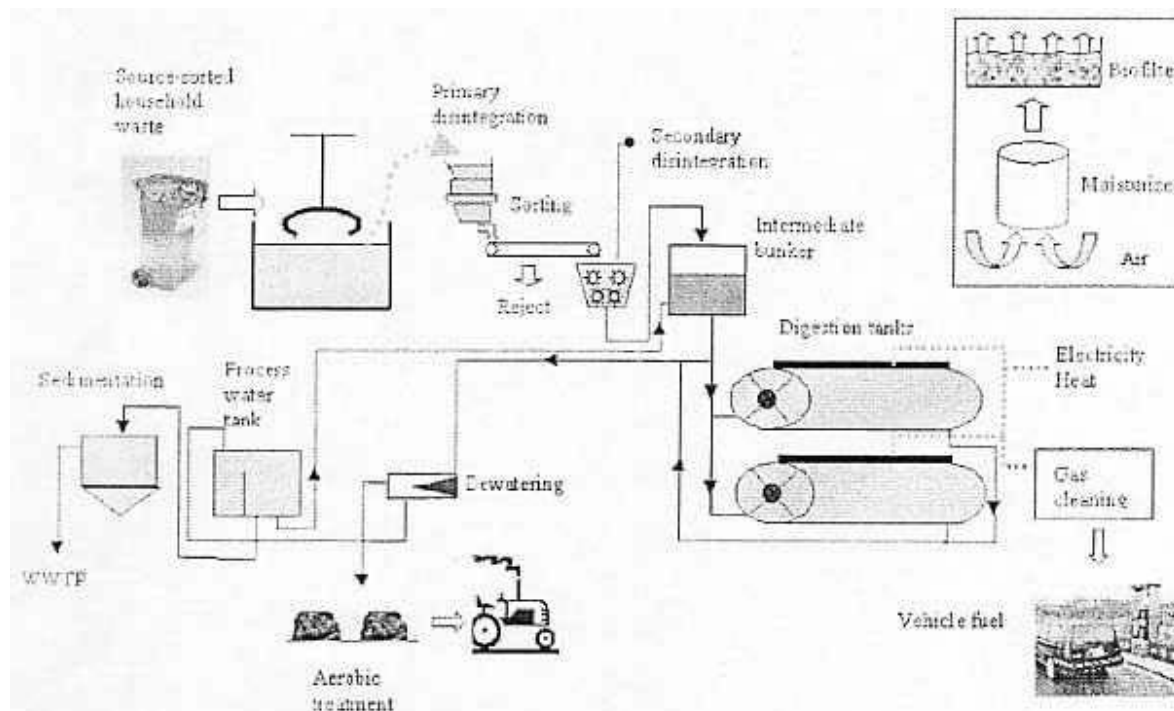
\*Etter avvanning

#### 4.6. Bachenbülach, Sveits

Anlegget er av type Kompogas og har vært i drift siden 1994. Det håndterer 10.000 tonn kildesortert våtorganisk husholdningsavfall, sammen med ca. 50 % hageavfall om vinteren og mer om sommeren. Hageavfallet er nødvendig for å få god struktur i avfallet. Avfallet samles inn i Zürich-området i plastspann og containere uten anvendelse av poser. Husstandene betaler kun for restavfallet, ikke for bioavfallet. Hvis bioavfallet er feilsortert, blir det satt igjen av renholdsarbeiderne.

Prosessen på anlegget er tørr, enstegs, enfase med etterkompostering av den avvannede rånetneresten (se figur 22). Avfallet blir tømt i en tømmeluke til en mottaksbunker. Forbehandlingen foregår i en ventilert bygning, hvor en kran flytter avfallet porsjonsvis til en kvern med

langsomtgående skruer. Det kvernede avfallet går derfra på et transportbånd til en magnetseparator og til manuell frasortering av feilsortert avfall. Bare 2 % av avfallet blir frasortert, men den manuelle sorteringen står for 40 % av driftskostnadene på anlegget. Etter den manuelle sorteringen blir avfallet kvernet ytterligere til 10-20 mm størrelse i en kvern med roterende skjærekuttere. Deretter tilsettes prosessvann (av og til også rentvann) til et tørrstoffinnhold på ca. 25 % i en lagertank.



**Figur 22. Flytskjema for Bachenbülach biogassanlegg.**

Utråtingen foregår i to parallelle, liggende, isolerte stålsylindere med 28 m lengde. Avfallet oppvarmes til 55 °C og mates inn i reaktorene. Kontinuerlig stempelstrøm gjennom reaktorene sørger for at all biomasse får en oppholdstid på 15-20 dager ved en temperatur på 55 °C. Prosessen er godkjent som tilstrekkelig hygienisering både i Sveits og Tyskland. Noe av råtneresten blir resirkulert til innløpet av utråningskammerne. Roterende stenger sentralt i sylindrene sørger for at gassen blir frigjort fra avfallet. Bevegelsen gjennom ståltanken skjer ved at nytt avfall presser avfallet i tanken mot utløpsenden. Innkommende avfallsmengde, temperatur og gassproduksjon blir målt online. Det blir tatt prøver av avfallet hver dag langs sylindren, og prøvene blir analysert hver tiende dag for å se utviklingen av prosessen.

Tre gassmotorer lager elektrisitet og varme fra litt over halvparten av gassen. Resten blir renset for CO<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>S til et metaninnhold på 96-98 %. Dette blir brukt til drivstoff til Kompogas' egne biler og en del andre kjøretøyer.

Råtneresten blir avannet i skruerpresser til et tørrstoffinnhold på ca. 45 %. Rejektvannet blir lagret i en tank og brukt til utspeding av innkommende avfall. Noe blir avannet i en sentrifuge, og rejektvannet fra denne behandlet på et avløpsrensingsanlegg.

Den avvannede råtneresten blir behandlet ved reaktorkompostering med luftinnblåsing og omrøring i 2-3 dager. Deretter blir det lagret under tak og hentet gratis av bønder eller hageeiere. Det er ikke noen betalingsvillighet for kompost i Zürich-regionen. Det produseres ca. 2.500 tonn kompost pr. år.

Det er rensing av ventilasjonsluften fra forbehandlingen i scrubbere og kompostfilter, og det er ikke luktproblemer rundt anlegget. Inne i anlegget er det imidlertid lukt fra forbehandlingen.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 21.

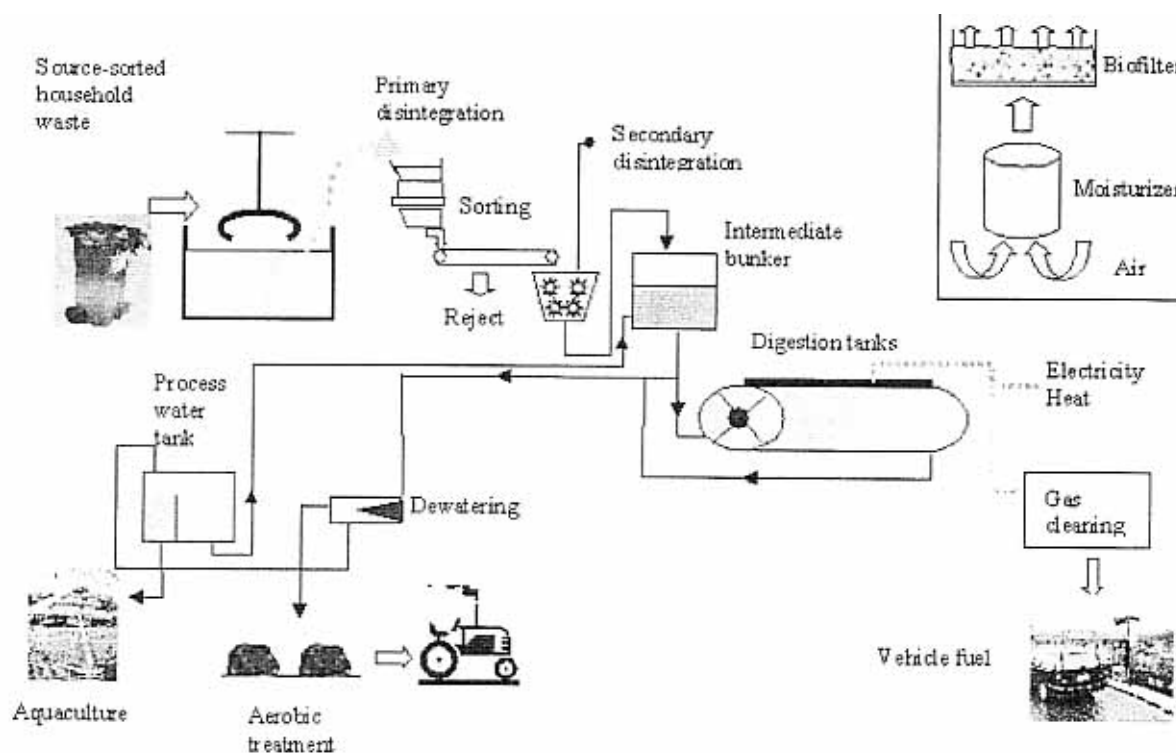
**Tabell 21. Driftsdata for Bachenbülach biogassanlegg (la Cour Jansen & Svärd, 2002).**

Avfalls- mengde (tonn/år)	TS-innh (%)		Råtnetanker		Opp- holds- tid (d)	Gasspro- duksjon (Nm <sup>3</sup> /tonn avfall)	Metan- innh. (%)	Etterkompostering	
	Inn	Ut*	Volum (m <sup>3</sup> )	Temp (°C)				Temp (°C)	Oppholds- tid (d)
10.000	25-35	45-55	2 x 350	50-60	15-20	100-120	60-65	?	2-3

\*Etter avvanning

#### 4.7. Ortelfingen, Sveits

Dette er et Kompogasanlegg av samme type som i Bachenbülach, og som behandler samme avfallstype fra Zürich-området. Forbehandlingen er helt lik forbehandlingen på Bachenbülach (se figur 23). Det er imidlertid kun én råtnetank av betong, og denne har kapasitet på 10.000 tonn avfall pr. år, men behandler 13.000 tonn avfall pr. år. Gassutbyttet fra prosessen er noe lavere enn på Bachenbülach, ca. 80 Nm<sup>3</sup>/tonn avfall. Også her blir råtneresten avvannet i skruepresser som gir 45 % TS.



**Figur 23. Flytskjema for Ortelfingen biogassanlegg.**

Ca. halvparten av rejektvannet (5 m<sup>3</sup>/d) blir brukt til utvanning av biomassen, resten blir brukt gratis som gjødsel i et akvakulturanlegg med planter som tåler høyt ammoniuminnhold i vannet. Plantene blir høstet (2 tonn/mnd) og brukt som mat for kyllinger og kaniner. Det behandlede avløpsvannet blir brukt til irrigasjon av salat og vannmelon. Noe blir også behandlet i et avløpsrensaneanlegg.

Den avvannede råtneresten blir kompostert i 3-4 uker i et innendørs rankekomposteringsanlegg med vending med hullaster en gang i uken. Det produseres 2.500 - 4.000 tonn kompost

med 45-55 % TS pr. år. Komposten lagres under tak og hentes gratis av bønder og hageeiere.

Ventilasjonsluften fra anlegget blir behandlet i scrubbere og kompostfilter før det blir sluppet ut over tak. Det er ingen luktproblemer rundt anlegget.

Driftsdata for anlegget er vist i tabell 22.

**Tabell 22. Driftsdata for Ortelfingen biogassanlegg (la Cour Jansen & Svärd, 2002).**

Avfalls- mengde (tonn/år)	TS-innh (%)		Rånetanker		Opp- holds- tid (d)	Gasspro- duksjon (Nm <sup>3</sup> /tonn avfall)	Metan- innh. (%)	Etterkompostering	
	Inn	Ut*	Volum (m <sup>3</sup> )	Temp (°C)				Temp (°C)	Oppholds- tid (d)
13.000	25-35	45-55	700 (?)	50-60	15-20	Ca. 80	60-65	?	21-28

\*Etter avvanning

## 5. Referanser

Bjurling, K. & Å. Svärd (1998): Samrötning av organiskt avfall – En studie av svenska biogasanläggningar. Examensarbete på Avdelningen för VA-teknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Dansk BioEnergi (2001): Bio-Statistik for biogasfællesanlæg, Dansk BioEnergi nr. 1 – 12.

la Cour Jansen, J. & Å. Svärd (2002): Kortlægning af driftserfaringer fra europæiske biogasanlæg til behandling af husholdningsaffald. Avdelningen för VA-teknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Lissens, G, P. Vandevivere, L. de la Beer, E. M. Biey & W. Verstraete (2001): Solid waste digestors: process performance and practice for municipal solid waste digestion. Water Science and Technology, Vol. 44, No 8, pp 91-102. IWA Publishing, UK.

Lund Hansen, T., H. W. Rasmussen, J. la Cour Jansen, J. T. Kirkeby & T. H. Christensen (2001): Basisdokumentation for biogaspotentialiet i organisk dagrenovation. Bilag 2: Sammenstilling af danske basisdata for bioforgasning af organisk dagrenovation. Miljøprojekt nr. 802, 2001. Miljøstyrelsen, København.

Pualsrud, B. og R. Storhaug (2003): Kurskompendium for drift av råtnetanker, Aquateam, Oslo.

Svärd, Å & J. la Cour Jansen (2001): Svenska Biogasanläggningar – Erfarenhetssammenstilling och Rapporteringssystem. Avdelningen for VA-teknik, Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Tafdrup, S. (2001): Nyt om biogasfællesanlæg. Dansk BioEnergi nr. 60, desember 2001.

Toudal, J.K. (2001): Basisdokumentation for biogaspotentialiet i organisk dagrenovation. Bilag 1: Status for indsamlede mængder kildesorteret organisk dagrenovation medio 2001. Miljøprojekt nr. 802, 2001. Miljøstyrelsen, København.

Tønning, K. (2003): Erfaringer med indsamling og behandling af bioaffald i Århus Kommune. Miljøprosjekt nr. 820 2003, Miljøstyrelsen, København.