

Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall

Bilaga 1a: Teknisk utvärdering rötningsanläggningar

RVF Utveckling

2005:06

En rapport från BUS-projektet

BUS-projektet – uppföljning och utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall

Delprojekt 1: Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall (RVF Utveckling rapport nr 2005:06)

Delprojekt 2: Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas (RVF Utveckling rapport nr 2005:07)

Delprojekt 3: Driftdatainsamling via webben (ingen rapport)

Delprojekt 4: Innsamling av bioavfall från flerbildningshus – lösningar og virkemidler for store fellesløsninger (RVF Utveckling rapport nr 2005:08)

Delprojekt 5: Tips och råd med kvalitetsarbetet vid insamling av källsorterat bioavfall (RVF Utveckling rapport nr 2005:09)

Delprojekt 6: Användning av biogödsel (RVF Utveckling rapport nr 2005:10)

Delprojekt 7: Smittspridning via kompost och biogödsel från behandling av organiskt avfall – litteratursammanställning och riskhantering (RVF Utveckling rapport nr 2005:11)

Delprojekt 8: Organiske forurensninger i kompost og biorest (RVF Utveckling rapport nr 2005:12)

Delprojekt 9: Emissioner fra kompostering (RVF Utveckling rapport nr 2005:13)

Delprojekt 10: Biologisk avfallsbehandling i Sverige och Norge: Vad fungerar bra och vad kan fungera bättre? En syntesstudie av de nio delprojekten (RVF Utveckling rapport nr 2005:14)

Projektet är finansierat av:

- RVF – Svenska Renhållningsverksförbundet
- Naturvårdsverket
- Energimyndigheten
- NRF – Norsk renholdsverksforening
- VA-Forsk
- Reforsk



RVF Utveckling2005:06
©RVF Service AB

Förord

Betydande investeringar i system för biologisk avfallsbehandling har gjorts under senare år. Samtidigt är tekniken som används vid anläggningarna ny och befinner sig i en utvecklingsfas. Det finns därför starka skäl för att utvärdera befintliga anläggningar. Genom att samla drifterfarenheter och göra dem tillgängliga, kan nya system konstrueras och byggas på ett säkrare och mer tillförlitligt sätt. Detta är huvudmotivet för den serie av utvärderingar som samlats under arbetsnamnet BUS. I dess första etapp har erfarenheter och driftdata från alla delar i kedjan avfallsinsamling, process och produktanvändning dokumenterats på ett enhetligt sätt i ett *utvärderingsprogram*. Föreliggande rapport utgör en delrapport i projektserien. Samtliga delrapporter finns tillgängliga i elektronisk form. Hela ramprogrammet har sammanfattats i en avslutande syntesrapport. Projektserien har genomförts och finansierats i ett samarbete mellan Energimyndigheten, Norsk renholdsverksforening (NRF), Naturvårdsverket, RVF Utveckling, Stiftelsen Reforsk samt VA-Forsk.

April 2005

Håkan Rylander

Ordf. RVFs Utvecklingskommitté

Weine Wqvist

VD RVF

Innehåll

Innehåll	3
1 Metodik och genomförande	4
2 Anläggningsbeskrivning rötning	6
2.1 Befintliga anläggningar	7
2.1.1 Borlänge (Fågelmyra)	7
2.1.2 Borås (Sobacken)	8
2.1.3 Helsingborg (Filborna)	13
2.1.4 Kalmar biogasanläggning	19
2.1.5 Kil	22
2.1.6 Kristianstad (Karpalunds biogasanläggning)	23
2.1.7 Laholm	28
2.1.8 Linköping (Åby biogasanläggning)	32
2.1.9 Uppsala (biogasanläggningen vid Kungsängens gård)	33
2.1.10 Vänersborg (Heljestorp avfallsanläggning)	38
2.1.11 Älmhult	44
2.1.12 Falköping (Hulesjön)	48
2.2 Planerade anläggningar	51
2.2.1 Jönköping	51
2.2.2 Skellefteå	52
2.2.3 Västerås (Gryta)	53
2.2.4 Växjö	55
2.3 Resultat och diskussion	56
2.3.1 Urval av anläggningar och driftstatus	56
2.3.2 Anläggningstyper och inkommande avfall	58
2.3.3 Drift- och processtabilitet	64
2.3.4 Prestanda och nyckeltal	76
2.3.5 Kostnader	83
2.3.6 Miljöpåverkan	86

1 Metodik och genomförande

Vid utvärderingen har data och information inhämtats med hjälp av enkäter, driftdatainsamling, intervjuer och besök vid anläggningarna.

Inledningsvis hölls en workshop dit anläggningsägare blev inbjudna för att få information om studiens syfte och ge synpunkter på enkätmaterial och lämpliga parametrar för driftdatainsamling. Parametrarna som valts ut för driftdatainsamling var de gängse parametrar som krävs för att kunna bedöma en anläggnings effektivitet ur, dvs processutformning, förbrukning av el- och värmeenergi, kemikalier, processparametrar såsom produktion av biogas, nedbrytningsgrad, andel internt använd energi m fl. Framtaget enkätmaterial reviderades i enlighet med de önskemål som framkom vid workshopen, varefter utskick skedde. Anläggningarna besöktes därefter och tillsammans med drift- eller anläggningsansvarig skedde en genomgång av respektive anläggning.

Utvärderingen har genomförts med utgångspunkt i de förhållanden som råder i nuläget. Historik, processförändringar och olika turer under genomförandet av anläggningen noteras endast som bakgrund. Därmed relateras driftdata och övrig information till anläggningen huvudsakligen såsom den är utformad idag. Eftersom ombyggnationer, intrimning och utveckling sker kontinuerligt kan vissa förändringar ha hunnit utföras på anläggningarna efter det att enkätsvar och driftdata samlats in.

Material och uppgifter från anläggningarna varierar kraftigt. Ett fåtal har inkommit med relativt fullständiga uppgifter, andra har svarat på vissa av frågorna. En av anläggningarna har hänvisat till publicerat material och flera har endast velat eller kunnat ge övergripande svar. Två av anläggningarna har avböjt helt att delta i studien. Underlaget i form av driftdata till denna studie har därför haft alltför stora luckor för att genomföra en *fullständig*, kvantitativ jämförelse av olika system, t ex med avseende på kostnadseffektivitet. Det har ändå varit möjligt att dra en mängd slutsatser av undersökningen ur rent teknisk synvinkel.

Där det varit nödvändigt har brister i data hanterats på olika sätt: i vissa fall har information sökts på annat håll, bland annat via tidigare publicerade undersökningar och andra uppgiftslämnare som haft god kännedom om anläggningen, i andra fall har bedömningar gjorts; ibland genom att någon eller några anläggningar med tillförlitliga uppgifter fått representera en viss anläggningstyp.

Den tekniska utvärderingen för rötningsanläggningar inkluderar huvudsakligen följande:

- a) Anläggning
 - Anläggningsutformning och flexibilitet
 - Driftdata (mätbara parametrar)
 - Drifterfarenheter
- b) Nyttjande av biogas
- c) Nyttjande av rötrest

Utgångspunkten för utvärderingen har varit att få fram en helhetsbild av rötningsssystem för avfall och urskilja mönster i erfarenheter och teknikutveckling. Resultat från enskilda anläggningar redovisas i vissa fall, dock har anläggningarna anonymiserats för att behålla fokus på hela systembilden. Analysen har även gjorts med utgångspunkt i ett antal olika anläggningstyper.

Från driftdata har olika nyckeltal framräknats. Nyckeltalen och övrig information som framkommit är framför allt avsedd som underlag för enskilda anläggningars bedömningar av behovet av processoptimering. De kan även utgöra underlag till systemanalyser (modellering av avfallssystem) samt miljöbedömningar.

Undersökningen belyser även de brister i rapporteringssystem som länge diskuterats i branschen och baserat på erfarenheterna vid utvärderingen har ett förslag till driftdatainsamling upprättats vilket redovisas i Bilaga 5.

2 Anläggningsbeskrivning rötning

De röttningsanläggningar som ursprungligen bedömdes aktuella för utvärdering redovisas nedan.

Nr 1-11 är befintliga anläggningar, nr 12-16 var vid studiens inledning planerade anläggningar alternativt anläggningar under driftsättning.

Genom den pågående utvecklingen sker hela tiden förändringar i driftstatus och flera av de planerade anläggningarna i studien är i dagsläget i bygg- eller intrimningskedet.

Tabell 1 *Aktuella anläggningar vid utvärderingens inledning*

Befintliga anläggningar	Planerade anläggningar
Borlänge (Fågelmäyra)	Borås (Sobacken) ¹⁾
Helsingborg (Filborna)	Falköping
Huddinge (SRV)	Jönköping (Simsholmen)
Kalmar	Karlstad
Kil	Skellefteå
Kristianstad (Karpalund)	Västerås
Laholm	Växjö
Linköping (Åby)	
Uppsala (Kungsängens gård)	
Vänersborg (Heljestorp)	
Älmhult (samrötning med avloppsslam vid ARV)	

1) ny anläggning, befintlig anläggning avställd

Vid den inledande kartläggningen framkom att projekten i Karlstad och Växjö avbrutits under planeringsskedet (dvs innan någon anläggning byggts). Även den ursprungligen planerade utbyggnaden av pilotanläggningen i Huddinge till full skala var stoppad.

Någon teknisk utvärdering av dessa projekt har därmed inte varit aktuell. Projektet i Huddinge med en planerad utbyggnad av pilotanläggningen har enligt uppgift helt nyligen återupptagits, men besked kom alltför sent för att anläggningen skulle kunna inkluderas i denna studie.

I efterföljande kapitel ges en kort beskrivning de olika anläggningarna.

2.1 Befintliga anläggningar

2.1.1 Borlänge (Fågelmyra)

Rötningsanläggningen i Borlänge är nedlagd. Vid anläggningen uppfördes en torrötningsprocess, dimensionerad för ca 9000 ton avfall, varav ca 90 % hushållsavfall samt en del stallgödsel och handels- och restaurangavfall. Efter siktning och malning gick avfallsblandningen vidare till huvudkomponenten i systemet som utgjordes av en horisontell cylinder, där avfallet skulle rötas medan det sakta matades fram genom cylindern med hjälp av ett antal trearmade omrörare.

En rad tekniska svårigheter inträffade vid idrifttagningen och intrimningen, som gjorde att man till sist beslöt lägga ned anläggningen. Framför allt rörde det sig om mekaniska problem. Det största problemet var att omrörarna i rötningsstanken som skulle röra om och mata fram materialet inte orkade cirkulera det tjocka materialet (ca 22-35 % TS) vilket ledde till driftstopp. Man hade även problem med uppvärmningen vilket resulterade i lågt gasutbyte och låg metanhalt, som i sin tur medförde att gasen inte kunde nyttjas vid förbränning eller ens fackling.

Ett flertal fungerande torrötningsanläggningar av liknande typ finns i Europa och det kan tyckas något förvånande att tekniken inte visade sig tillfredsställande i detta fall. Orsakerna till skillnaden utreds inte närmare här. Man kan dock notera att de europeiska anläggningarna använder stora mängder strukturmateriäl såsom träflis för att blanda upp inkommande avfall. Detta gör materialblandningen mer luftig och därmed naturligtvis lättare att blanda, men är även förenat med avsevärda kostnader för inköp av strukturmateriäl.

2.1.2 Borås (Sobacken)

Bakgrund

Borås Stad (Gatukontoret) äger och driver anläggningen på Sobacken. Den tidigare anläggningen för rötning av hushållsavfall uppfördes i januari 1995 och bestod av ett två-stegssystem. Syftet med anläggningen var i första hand att producera kompost: rötningen utgjorde ett förbehandlingssteg. Anläggningen stängdes efter återkommande problem med igensättningar i anaerobfiltret, dålig rening av processvattnet pga för hög halt suspenderat material och brist på förbehandling av inkommande avfall. Ett mer driftsäkert alternativ önskades. År 2003 byggdes den nya anläggningen med den primära avsikten att producera biogas – rötresten är en biprodukt som utnyttjas till jordförbättringsmedel.

Inkommande avfall

Den nya anläggningen är byggd för att kunna ta emot både pumpbart avfall, källsorterat hushållsavfall och förpackat livsmedelsavfall.

Det inkommande avfallet består i huvudsak av:

- Restaurangavfall
- Konserver
- Förpackningar
- Utsorterat organiskt hushållsavfall från optisk sortering

Anläggningen är dimensionerad för 20-30 000 ton avfall/år motsvarande 6 000 ton TS, och är i dagsläget under uppstart och intrimning.

Process

Processen består av 2 st processlinjer:

Linje 1

- Restaurangavfall
- Konserver
- Förpackningar

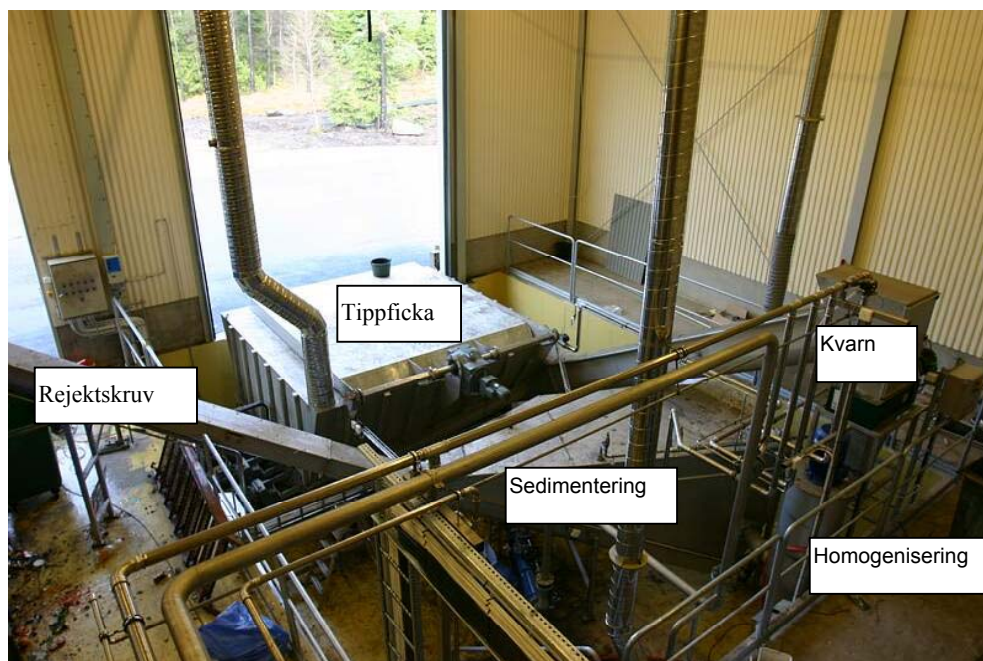
Linje 2

- Utsorterat organiskt hushållsavfall från optisk sortering

Linje 1

Mottagning av avfallet sker i en tippficka med skruvar i botten. Därefter sönderdelas avfallet en kvarn (sk ”Muffin Monster”) till 12 mm och blandas upp med vatten via en homogeniseringsutrustning. Sedimentering sker sedan i en tank utan omblandning där sediment och flytfas tas bort. Syftet med den så kallade ”Bioseparatorn” är att avskilja både inert material som kan sedimentera och plastmaterial som kan bilda en

flytfas. Den renade slurryn pumpas till en buffert/blandningstank innan den via hygienisering pumpas till rötkammare, Figur 1 och 2 nedan visar utförandet.



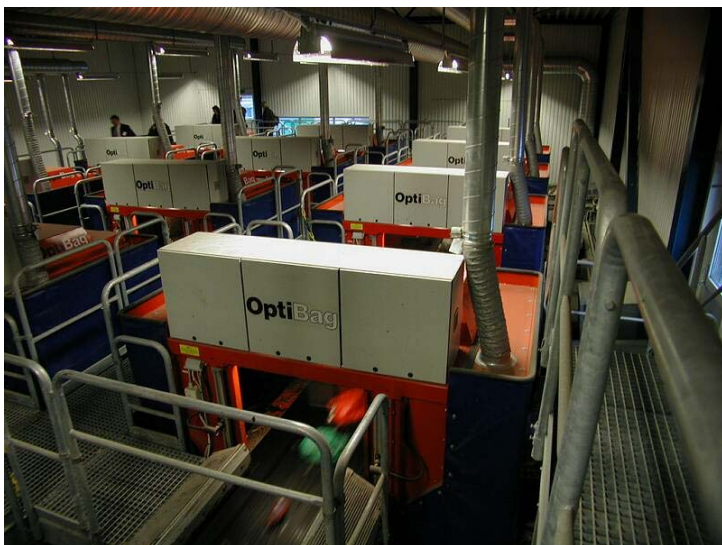
Figur 1 Linje 1 med tippficka, kvarn, homogenisering samt sedimentering med tillhörande rejektskruv.



Figur 2 Kvarn samt homogenisering.

Linje 2

Hushållsavfallet är förpackat i olikfärgade plastpåsar och tas emot i en bunker för att därefter passera en optisk sortering. Påsar som har en viss bestämd färg innehåller en viss fraktion. I fallet Borås är påsar med organiskt innehåll svarta. Figur 3 nedan visar ett antal avslagare där olikfärgade plastpåsar sorteras i förhållande till den färg påsen har.



Figur 3 Optisk sortering (foto från TRAABs anläggning i Vänersborg)

Efter det att påsarna sorterats öppnas den påse som innehåller organiskt material i en så kallad påsöppnare. Påsöppnaren är en roterande vals försedd med tänder som river upp påsarna. Figur 4 visar utförandet. Den organiska fraktionen innehåller nu organiskt material samt plast i större strimlor från plastpåsarna. Ju större strimlorna är från plastpåsarna ju enklare är det att avskilja plasten från det organiska materialet.



Figur 4 Påsöppnare

Avskiljningen av plasten sker med hjälp av en trumsikt.



Figur 5 Trumsikt



Figur 6 Sikttrumma

När plast från det organiska materialet siktats bort genomgår materialet det samma process som material från linje 1, med undantag av hygieniseringssteget, och leds därefter till en separat bufferttank för linje 2. Från bufferttanken pumpas slurryn vidare till den gemensamma rötkammaren.

Uppehållstiden i rötkammaren är cirka 18 dagar. Processen är en enstegs termofil rötning med hygienisering av vissa fraktioner i 70°C, hushållsavfallet hygieniseras i rötkammaren. Värmeåtervinning sker. Avvattnings sker i centrifug med tillsats av polymer. Rejektvattnet renas i en SBR-anläggning.

Rötresten efterkomposteras tillsammans med grönavfall och komposten avyttras som jordförbättringsmedel.

Driftstatus

Anläggningen är under intrimning. Man har erfarit problem med Bioseparatören vid idrifttagningen, denna har i dagsläget ännu inte gett den önskade separationen av föroreningar. Det har även förekommit skumbildning av rejektvattnet. Detta har man kommit tillrätta med genom tillsats av skumdämpare (Foammaster ENA 389 från CDM).

2.1.3 Helsingborg (Filborna)



Figur 7 Rötkammare vid Filborna. Den ena rötkammaren utnyttjas som rötrestlager.

Bakgrund

NSR (Nordvästra Skånes Renhållnings AB) är ett avfalls- och återvinningsföretag, ägt av de sex nordvästskånska kommunerna Bjuv, Båstad, Helsingborg, Höganäs, Åstorp och Ängelholm.

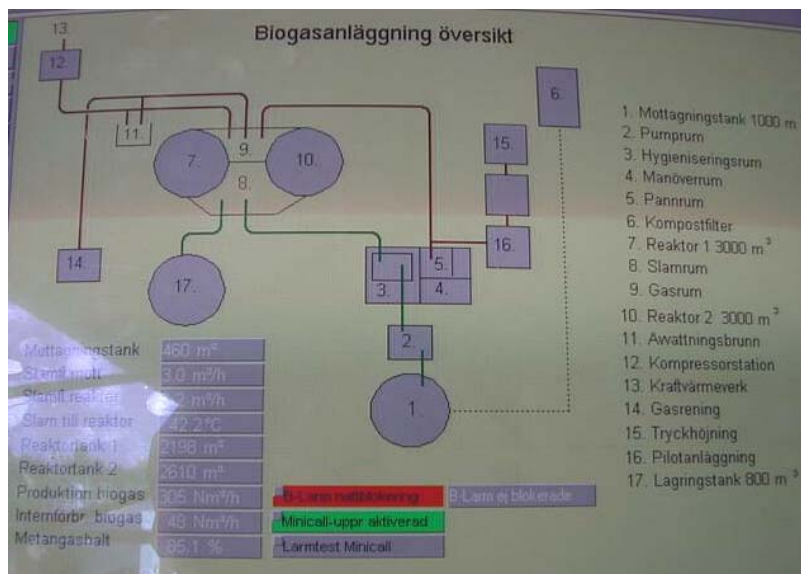
Inkommande avfall

Anläggningen är byggd för att kunna ta emot både pumpbart avfall, källsorterat pressat hushållsavfall och pressat förpackat livsmedelsavfall. Det inkommande avfallet består i huvudsak av:

- Slakteriavfall, 6 000 ton/år, 18 % TS
- Fett från processvatten, 9 200 m³/år, TS 18 %
- Fettslam, 2 200 m³/år, TS 8 %
- Svingödsel, 1 500 m³/år, TS 6 %
- Gräddprodukter, 500 ton/år, TS 12-13 %
- Potatisvatten 1 200 ton/år, TS2-2,5 %

Process

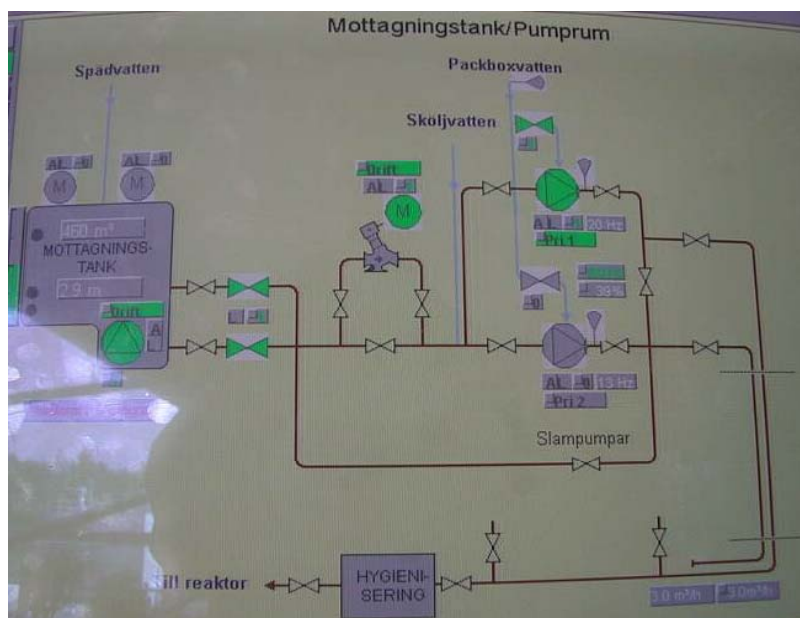
Allt inkommande avfall pumpas in i anläggningen via en mottagningstank med volymen 1 000 m³. Till denna tank finns ett pumprum anslutet. I pumprummet finns pumpar för urpumpning samt sönderdelning av avfall placerade. Efter sönderdelning sker en hygienisering vid +70°C. Därefter sker rötning i en rötkammare av volymen 3 000 m³. Rötresten lagras i en gastät fd rötkammare, även den 3 000 m³. Figur 8 visar en översikt över biogasanläggningen.



Figur 8 Översikt av biogasanläggningen

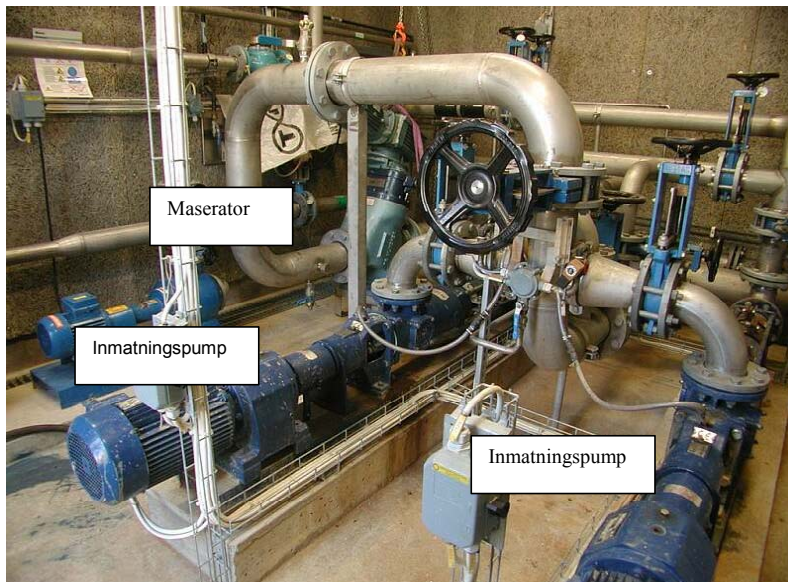
Mottagningstank/pumprum

Materialet homogeniseras, blandas med andra material och finfördelas. Figur 9 visar ett processschema över mottagningstanken, sönderdelning, pumpning och dess utrustning, rum nr 2 enligt översikten.



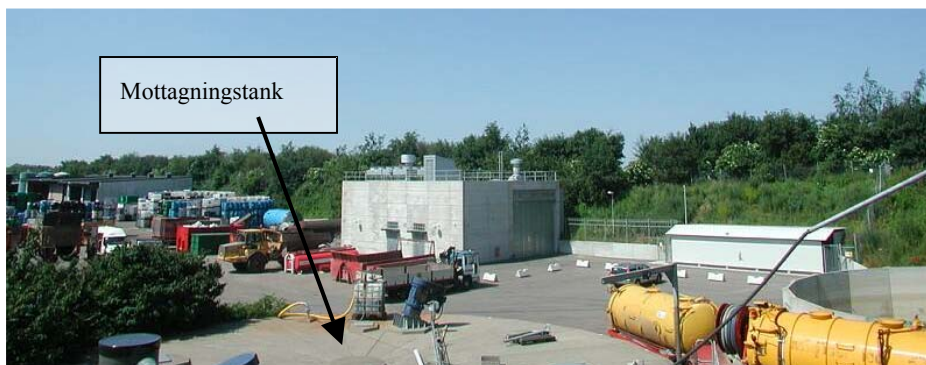
Figur 9 Mottagningstank (rum nr 2 enligt översikten)

Figur 10 nedan anknyter till Figur 8 och visar utmatningspumparna samt anläggningens maserator (sönderdelningsutrustning) och mottagningstank.



Figur 10 *Utmatningspumpar samt sönderdelningsutrustning*

Figur 11 visar toppen på mottagningstanken.



Figur 11 *Mottagningstank (NSR Helsingborg)*

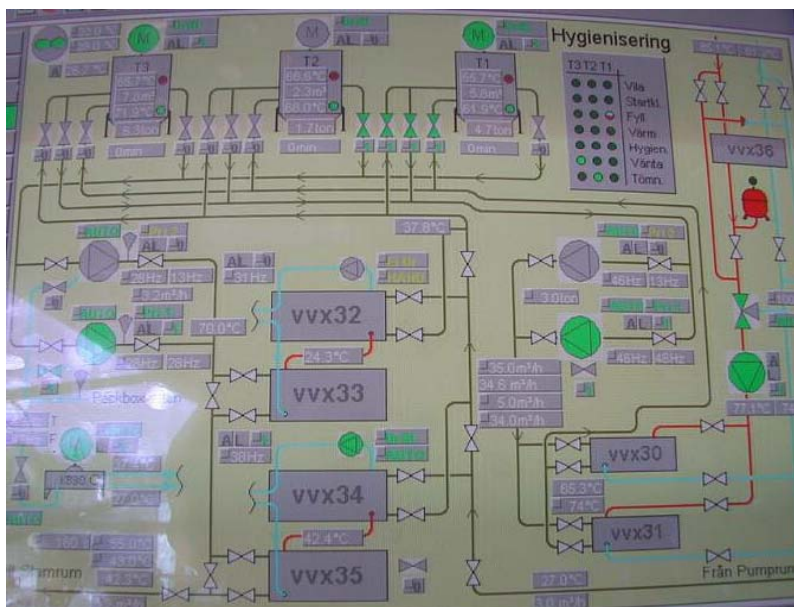
Hygienisering/värmeåtervinning

Processen är en enstegs mesofil rötning (35°C) med hygienisering i tre parallella, separata tankar.



Figur 12 3 st utvändiga hygieniseringstankar, rum nr 3 översikten

Figur 13 visar en processbild över hygieniseringen. Processfiguren visar 3 hygieniseringstankar samt tillhörande pumpar värmeväxlare för uppvärmning samt återvinning, rum nr 3 översikten.



Figur 13 Processbild över hygieniseringen (rum nr 3 översikten)

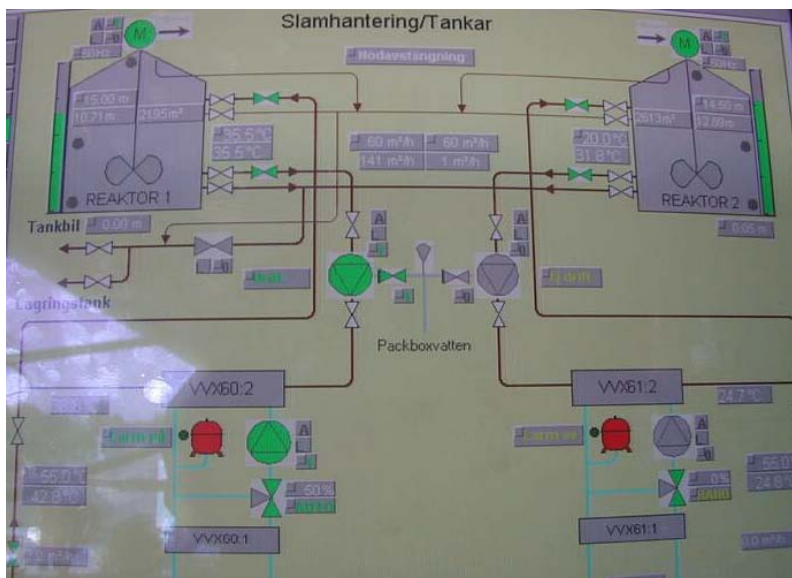
Figur 14 nedan visar hygieniseringsrummet.



Figur 14 Hygieniseringsrummet, rum nr 3 i översiktsbilden

Rötning

När avfallet har hygieniserats pumpas det till slamrummet/rötkamrarna för att därefter rötas. Figur 15 visar en processbild över den aktuella anläggningsdelen. Figur 16 visar det intilliggande slamrummet, rum nr 8 enligt översikten.



Figur 15 Processchema över rötningen



Figur 16 Slamrum, rum nr 8 enligt översikten

Uppehållstiden i rötkammaren är knappt 30 dagar.
Luftbehandling sker i ett biofilter. Rötresten nyttjas inom jordbruket.

2.1.4 Kalmar biogasanläggning



Figur 17 Översikt över Kalmar biogasanläggning.

Bakgrund

KVRAB (Kalmar Vatten och Renhållning AB) äger och driver biogasanläggningen i Kalmar. Biogasanläggningen togs i drift under 1998 och är en behandlingsanläggning för organiskt avfall. Anläggningen i Kalmar har tillstånd för att ta emot och behandla högst 50 000 ton gödsel och lågriskavfall från slakteri samt organiskt avfall från livsmedelsindustrin, restauranger och livsmedelshandel.

Inkommande avfall

Det inkommande avfallet består av:

▪ Nötgödsel	10 500 m ³ /år
▪ Svingödsel	400 m ³ /år
▪ Nöt- och svingödsel samt fett från fettavskiljare från lagringslagun	900 m ³ /år
▪ Fett från fettavskiljare	400 m ³ /år
▪ Blod från Guldfågeln	300 m ³ /år
▪ Blod, slam och malda mjukdelar från slakteri	6 200 m ³ /år
▪ Slam från slakteriets reningsverk	3 400 m ³ /år
Summa inkommande avfall	cirka 22 100 m ³ /år (dimensionerande mängd 50 000 ton/år)

Dessutom tillförs processen:

▪ Vatten	3500 m ³ /år
▪ Biogödsel (återförd)	3 100 m ³ /år
▪ Järnklorid	36 m ³ /år

Den totala mängden producerad biogödsel är ca 24 500 m³/år. Av detta återförs ca 3100 m³/år till processen. Resterande mängd är ca 21 400 m³/år.

Process

Slakteriavfallet är finfördelat vid leverans. Avfallet förs direkt till en blandningstank på 500 m³ där det lagras i genomsnitt 2 dygn innan det pumpas in i röt-kammaren. TS-halten in till röt-kammaren är 7 procent. Figur 18 visar mottagningshallen samt utlastningshallen för inkommande avfall samt utgående rötrest.



Figur 18 Mottagningshall (Kalmar biogasanläggning)

Substratblandningen hygieniseras i +70°C under en timme i en hygieniseringstank och leds sedan till röt-kammaren, där rötningen sker vid 54°C. Uppehållstiden i röt-kammaren är cirka 20 dagar, röt-kammarvolymen 1800 m³.

Vid värmeväxlingen återvinns 30 procent av den tillsatta värmeenergin. Figur 19 visar värmeväxlarrum med tillhörande pumpar.



Figur 19 Värmeväxlarrum

Det utrötade substratet, biogödseln, förvaras i ett slutet rötrestlager innan det transporteras till jordbruket. Luftbehandling sker i biofilter, rejektivatten leds till externt reningsverk.

Huvudsakliga driftproblem har varit skumning i rötkammare och hygienisering samt igensättning av rörledningar i hela anläggningen. Anläggningen för sönderdelning av fast slakteriavfall i kvarnanläggning har stängts på grund av dålig funktion. Figur 20 visar den stängda anläggningsdelen.



Figur 20 *Avstängd kvarnanläggning, Kalmar biogasanläggning*

Externa klagomål på lukt från anläggningen förekommer. Lukten härstammar från det obehandlade materialet, främst vid leverans av blod och slakteriavfall.

2.1.5 Kil

Bakgrund

Kil är en av de första av Sveriges mindre kommuner som byggt en rötningsanläggning. Anläggningen, projekterad av CITEC, har varit i drift sedan februari 1999. Den är konstruerad för källsorterat organiskt hushållsavfall men används även för avfall från restauranger etc.

Under utvärderingsperioden har anläggningen varit under ombyggnation och man har haft svårt att ta emot besök varför endast mycket begränsade uppgifter inhämtats.

Inkommande avfall

Kil byggde rötningsanläggningen för organiskt avfall 1998 och modifierade anläggningen för hygienisering och försortering under 1999-2002.

Processen

Anläggningen består av tre mindre tankar, en stor rötningstank (850 kubikmeter), skruvpress och mottagningsficka.

I mottagningsfickan grovmals avfallet till en massa för att sedan blandas med varmt vatten. Efter bortrensning av oönskat material i en typ av skruvpress hygieniseras vätskan (55°C i tio timmar).

Därefter pumpas vätskan in till rötningstanken, uppehållstiden är cirka 30 dagar (cirka 14 dagar vid hög belastning). Rötresten används för tillverkning av jord.

2.1.6 Kristianstad (Karpalunds biogasanläggning)

Bakgrund

KRAB (Kristianstads Renhållnings AB), ett dotterbolag till kommunen, äger och driver Karpalunds biogasanläggning. Anläggningen är uppförd av Krüger A/S togs i drift i december 1996. Under 2003 var anläggningen delvis avställd på grund av problem med jäsning i rötkammaren. Driften har återupptagits och anläggningen går nu kontinuerligt.

Inkommande avfall

Det inkommande avfallet består av:

▪ Slakteriavfall (svin)	23 000 ton/år
▪ Slakteriavfall (fågel)	12 000 ton/år
▪ Fett, blodmassa, mejeri	1 500 ton/år
▪ Biomassa, bränneri	2 000 ton/år
▪ Flytgödsel	30 500 ton/år
▪ Organiskt hushållsavfall	4 000 ton/år

Summa behandlat avfall 73 000 ton/år

Process

Slakteriavfallet finfördelas före leverans och pumpas in i anläggningen. Hushållsavfallet är källsorterat och till 95 % insamlat i papperspåsar. Det tippas i en mottagningsficka. Figur 21 visar utformningen av mottagningsfickan.



Figur 21 Mottagningsficka

I mottagningsfickan sönderdelas avfallet grovt genom en automatisk process och blandas därefter med den övriga biomassan.



Grovmalning via kvarn som är placerad i änden av mottagningsfickan

Figur 22 Mottagningsficka, placering av grovkvarn

Massan passerar en magnetisk avskiljare och en finkvarn på vägen till mottagnings- och blandningstanken, där avfallet kan lagras 3-7 dagar i väntan på behandling. Figur 23 visar magnetavskiljare tillsammans med finkvarn och underliggande blandningstank.



Figur 23 Magnetavskiljare, finkvarn samt blandningstank

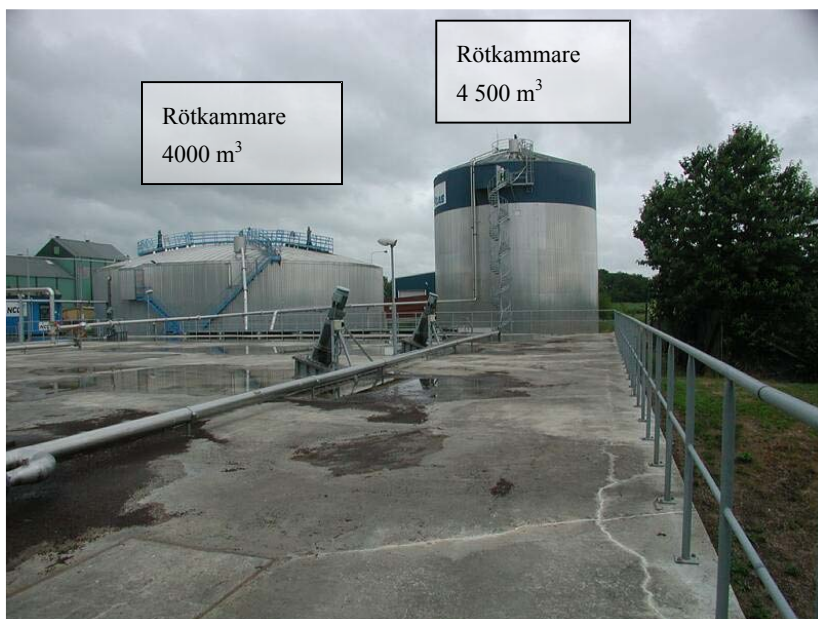
Föroreningsgraden (andelen önskat material som går vidare in till rötkammaren) är 5-10 viktprocent.

Före själva rötningen förvärms massan med hjälp av värmeväxlare och hygieniseras sedan i två parallella tankar (+70°C i minst en timme). Figur 24 visar utförandet.



Figur 24 Hygienisering

Efter pastörisering och värmeväxling matas massan in i reaktorn. Rötkammarvoly-
men utgörs av två reaktorer, 4 500 m³ och 4 000 m³.



Figur 25 Rötkammare

Hälften av den tillsatta värmeenergin återvinns via värmeväxling. Värmeväxlarna visas i Figur 26.



Figur 26 Värmeväxlare

Rötkammarprocessen är mesofil (38°C) och sker i ett steg med en hydraulisk uppehållstid på 22 dygn. Rötresten passerar via 2 st skruvsiktar, Figur 27, där oönskat material (plastbitar och grövre partiklar) avlägsnas och avvattnas. Rejektvatten leds tillbaka till processen och luftbehandling sker i biofilter.



Figur 27 Skruvsiktar

Rötresten mellanlagras sedan i väntan på avyttring. Rötrestlagring sker i slutet och gastätt utrymme enligt Figur 28 medan långtidslagring sker öppet. Rötresten nyttjas inom jordbruket.



Figur 28 Gastätt rötrestlager med omrörning

Huvudsakliga driftproblem har varit längre och återkommande jäsning i rötammare. Externa klagomål på lukt från anläggningen förekommer, lukten härstammar från det obehandlade materialet och förekommer både vid normal drift och vid driftstörning.

2.1.7 Laholm



Figur 29 Laholms biogasanläggning, rötkammare

Bakgrund

Laholms Biogas AB äger och driver biogasanläggningen i Laholm. Företaget ägs till lika stora delar av Laholms kommun, Södra Hallands kraft och Vallberga Lantmän. När anläggningen byggdes 1992 var det en testanläggning för en ny teknik.

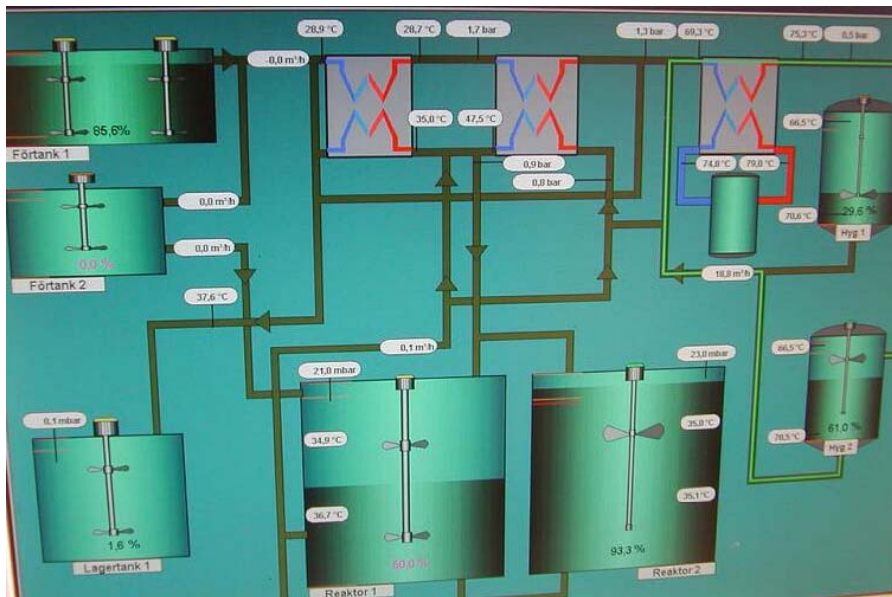
Inkommande avfall

Det inkommande avfallet består av:

▪ Flytgödsel från nöt och svin	36 000 m ³ /år
▪ Slakteriavfall	10 000 m ³ /år
▪ Limläder	5 000 m ³ /år
▪ Restaurangavfall	800 m ³ /år
▪ Industrifett	600 m ³ /år
▪ Potatisavfall	2 200 m ³ /år
Summa inkommande avfall	54 600 m ³ /år

Processen

Avfallet tippas eller pumpas in i anläggningen, homogeniseras och blandas och lagras därefter i en förtank i upp till en vecka. Figur 30 visar en processbild över anläggningen.



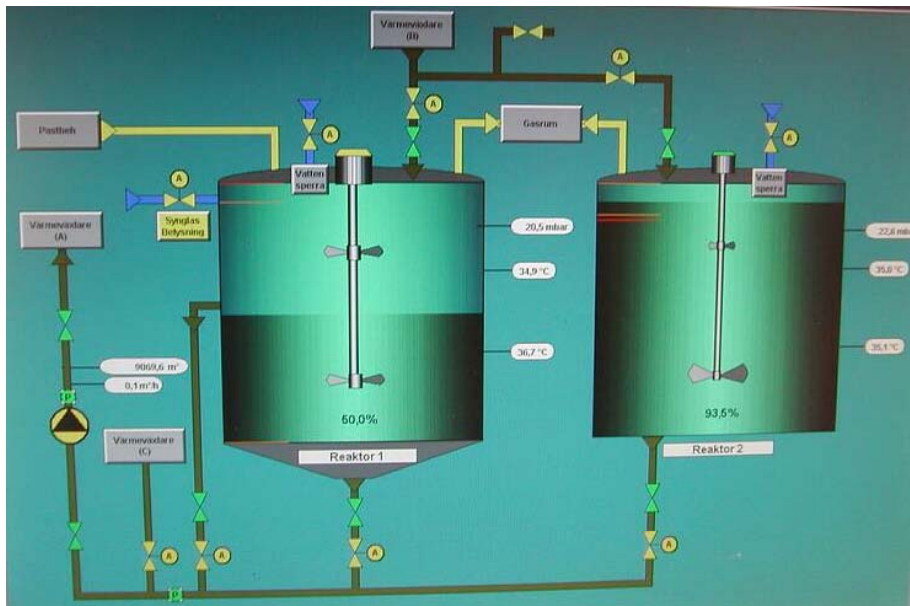
Figur 30 Processchema

Från förtanken pumpas avfallet via värmeväxlare till hygieniseringen. Hygienisering sker i två parallella tankar (+70°C i minst en timme). Uppvärmningen till 70°C sker genom varmvattencirkulation. Det hygieniserade avfallet kyls med inkommande media till hygieniseringen för att därefter rötas i reaktor 1 resp 2.

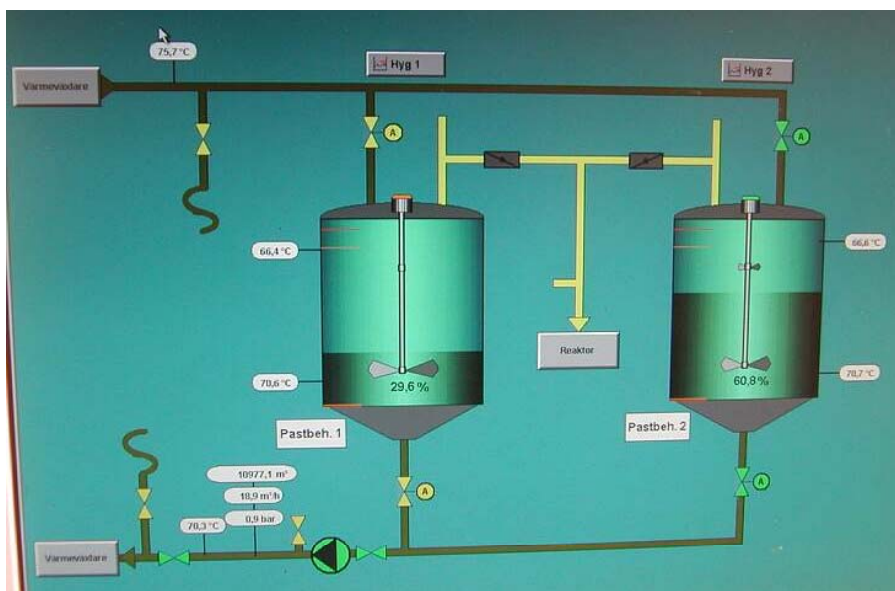


Figur 31 Hygieniseringstankar

Rötningsprocessen är mesofil (35°C) med en hydraulisk uppehållstid på 20 dygn. Rötkammarvolymen är $2 \cdot 2250 \text{ m}^3 = 4500 \text{ m}^3$. Figur 32 och Figur 33 visar rötkammarutformningen med tillhörande hygienisering.



Figur 32 Processchema, rötkammare



Figur 33 Processbild, hygienisering

Av den tillsatta värmeenergin återvinns 30 procent via värmewäxling. Figur 34 visar värmewäxlarutförandet.

2.1.8 Linköping (Åby biogasanläggning)

Bakgrund

Linköping Biogas AB bildades 1995 och ägdes då gemensamt av Tekniska Verken i Linköping AB (50 procent), lantbrukskooperationens företag Swedish Meats (37,5 procent) och Lantbrukets Ekonomi AB. Tekniska verken i Linköping AB är ett dotterbolag till det kommunägda bolaget Linköpings Stadhus AB. I november år 2002 gick LRF ur företaget och Tekniska verken blev då ägare till 61,5 procent, Swedish Meats till 38,5 procent. Sedan 2005 är Tekniska Verken ägare till 100 procent och Linköping Biogas AB byter namn till Svensk Biogas i Linköping AB.

Åby biogasanläggning byggdes 1996, efter utvärdering av det pilotprojekt som pågick 1990-1994.

Inkommande avfall

Det inkommande avfallet består av:

▪ Slakteriavfall	cirka 34 000 m ³ /år
▪ Org. avfall från industrin	cirka 14 000 m ³ /år
▪ Gödsel	cirka 4 000 m ³ /år
Summa inkommande avfall	cirka 52 000 m ³ /år

Process

Det inkommande, finfördelade, materialet blandas i en homogeniseringstank. Därefter hygieniseras det genom uppvärmning med ånga till drygt 70°C under minst en timma. Efter hygieniseringen kyls materialet ned innan det pumpas in i rötkamrarna där det organiska materialet bryts ner ca 38°C (mesofil process) i en enstegsprocess. Genomsnittlig uppehållstid i rötkamrarna är 40 dygn. I rötkamrarna (2x 3 800 m³) produceras gasen som sedan leds senare vidare till en uppgraderingsanläggning.

Där renas gasen i en trycksatt vattenskrubber för att kunna användas som fordonsbränsle. Från gasuppgraderingsanläggningen leds gasen genom ledningar i marken bort till bussdepån och publika tankstationer (4 st i Linköping och 4 st i närliggande regioner).

Det material som återstår efter rötningen, biogödseln, kyls ner till 20°C. Därefter mellanlagras biogödseln något dygn på anläggningen (slutet) och transporteras sedan ut till lantgårdar. En ny, stor biogödselbrunn är nyligen driftsatt (april 2005).

Luftbehandling sker i biofilter och rejektvatten leds tillbaka till processen.

Huvudsakliga driftstörningar i processen har varit jäsningar i rötkammare.

2.1.9 Uppsala (biogasanläggningen vid Kungsängens gård)



Figur 35 Uppsala biogasanläggning

Bakgrund

Biogasanläggningen ägs och drivs av Uppsala kommun, organiserad under kommunens VA- och avfallsnämnd. Anläggningen byggdes 1996 med avsikten att ta emot och röta olika typer av organiskt avfall. Anläggningen har tillstånd enligt miljöskyddslagen att årligen genom rötning behandla sammanlagt 50 000 ton gödsel, slakteriavfall samt liknande avfall från industrier, handel, storkök och hushåll.

Inkommande avfall

Det inkommande avfallet består av:

▪ Stallgödsel	cirka 13 000 ton/år
▪ Slakteriavfall	cirka 6 000 ton/år
▪ Industriavfall	cirka 3 500 ton/år
▪ Livsmedelsavfall	cirka 1 000 ton/år
Summa inkommande avfall	cirka 23 500 ton/år

Process

Till anläggningen levereras både flytande och fast avfall. Det flytande avfallet transporteras till anläggningens mottagningshall där materialet pumpas i ett slutet ledningssystem till bufferttanken.

Fast avfall levereras in i anläggningens förbehandlingshall där materialet töms ned i en tippficka. Tippfickan är försedd med fyra bottentransportörer som antingen kan blanda om materialet eller tömma tippfickan.



Figur 36 Tippficka med lock



Figur 37 Transportskruvar (täckta) från tippficka till finfördelning

Från tippfickan leds materialet via transportskruvar till något av de två parallella sönderdelningssystemen, se Figur 38 nedan.

Sönderdelning sker i en våt, recirkulerande process. Systemet består av en sedimenteringstank som står i förbindelse med en pulpertank via en recirkulerande pump. (Pulpersystemet är kraftfullare med mer avancerade funktioner än de mindre pulprar som finns t ex i Kalmar.) I pulpertankens botten finns roterande knivar och en hålskiva där sönderskuret material passerar. I systemet sker förutom sönderdelning även avskiljning av vissa typer av plaster och tyngre föremål såsom sten, metall. Borttransport av föroreningar från systemet sker med tryckluftskanon och mammutpumpar. Rejektmaterialet tvättas. Allt spolvatten återförs till processen och används som spädväska.

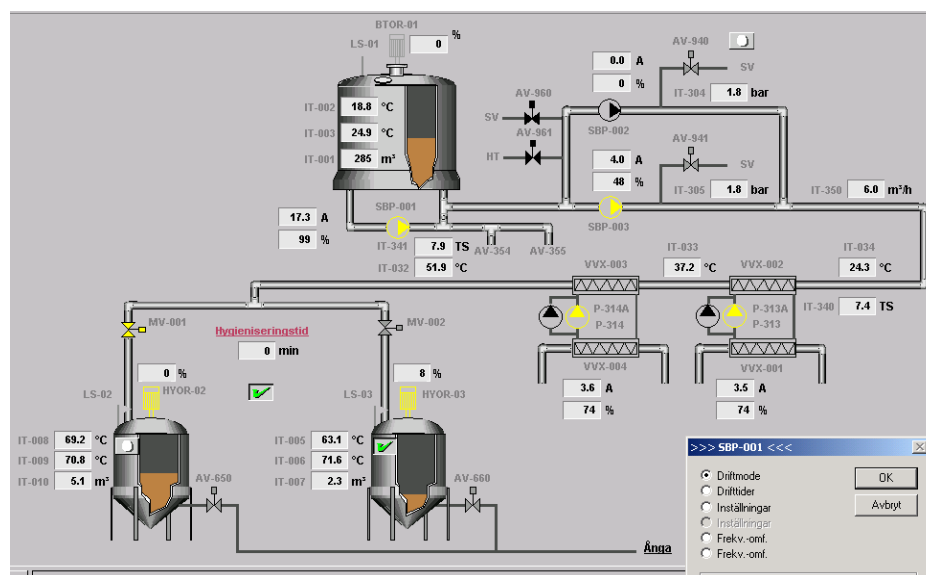


Figur 38 Sedimenteringstank och pulpertank med recirkulationspump

Sönderdelningen sker till en storlek på 12 mm och materialet pumpas därefter till bufferttanken för homogenisering och lagring i 1-2 dygn.

The screenshot shows the HMI for the 'Tipp-licka' system. The main display area contains a detailed process flow diagram. On the left, three large vertical storage tanks are shown with liquid levels. The central part of the diagram features two pumps (labeled 'mvp') and various pipes with flow indicators. On the right, there are more storage tanks and a truck icon labeled 'PORT'. The interface is populated with real-time data: flow rates in m³/h and m³, pressures in bar and mmp, and valve statuses (A, 0, 1). A top status bar indicates 'Antal bilar' (Number of cars) as 0. A bottom menu bar provides navigation options like 'Linje-val', 'Transp-val', and 'Inställningar'. A right-hand panel displays a grid of status indicators for various components, including 'U-400', 'C-310', 'C-311', 'C-312', 'C-313', 'C-314', 'C-315', 'C-316', 'C-317', 'C-318', 'C-319', 'C-320', 'C-321', 'C-322', 'C-323', 'C-324', 'C-325', 'C-326', 'C-327', 'C-328', 'C-329', 'C-330', 'C-331', 'C-332', 'C-333', 'C-334', 'C-335', 'C-336', 'C-337', 'C-338', 'C-339', 'C-340', 'C-341', 'C-342', 'C-343', 'C-344', 'C-345', 'C-346', 'C-347', 'C-348', 'C-349', 'C-350', 'C-351', 'C-352', 'C-353', 'C-354', 'C-355', 'C-356', 'C-357', 'C-358', 'C-359', 'C-360', 'C-361', 'C-362', 'C-363', 'C-364', 'C-365', 'C-366', 'C-367', 'C-368', 'C-369', 'C-370', 'C-371', 'C-372', 'C-373', 'C-374', 'C-375', 'C-376', 'C-377', 'C-378', 'C-379', 'C-380', 'C-381', 'C-382', 'C-383', 'C-384', 'C-385', 'C-386', 'C-387', 'C-388', 'C-389', 'C-390', 'C-391', 'C-392', 'C-393', 'C-394', 'C-395', 'C-396', 'C-397', 'C-398', 'C-399', 'C-400'. Each indicator shows a value and a status (A, 0, 1).

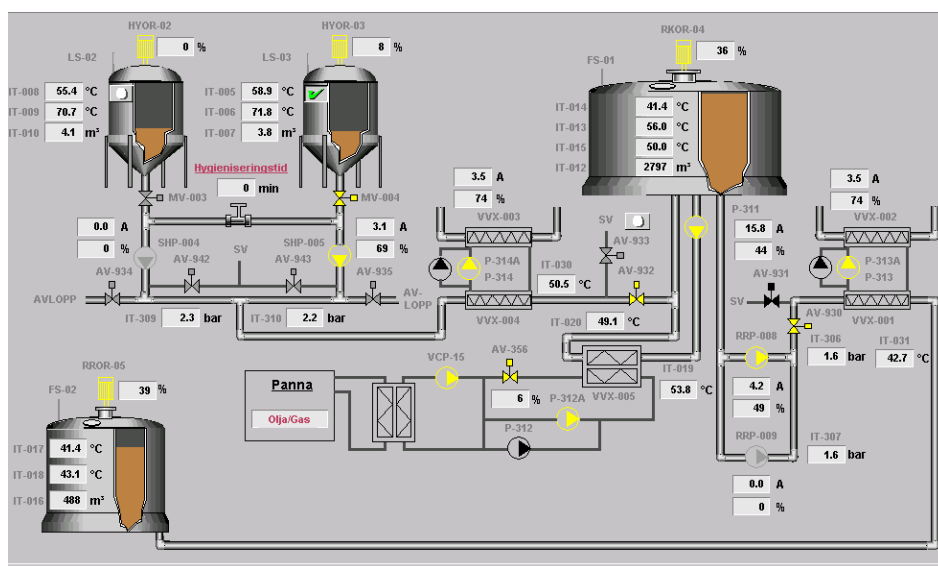
Från bufferttanken pumpas substratet via värmeväxlare till en av tre parallella hygieniseringstankar. När önskad nivå uppnåtts i aktuell tank startar omrörningen. Tankens ångventil öppnas och ånga blåses in. Hygieniseringen pågår under minst en timme och styrsystemet övervakar att temperaturen överskrider 70 °C.



36

Efter att substratet har hygieniserats och värmeväxlats mot inkommande substrat rötas materialet i rötkammaren (2 800 m³). Rötningen sker termofilt (55°C) i ett steg. I rötkammaren sker en kontinuerlig omrörning.

Från rötkammaren pumpas biogödseln, via kylning i värmeväxlare, till rötresttanken. Tidigare pumpades biogödseln till två gastäta rötrestlager (SLU) som utgjorde ett mellanlager innan biogödseln transporterades ut till lantbrukare. Idag tas rötresten istället direkt från rötresttanken vid leverans till lantbrukarna.

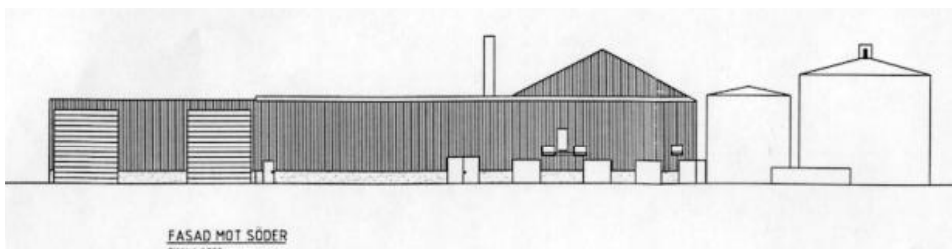


Figur 41 Processflödesschema, rötning/hygienisering (bilden visar 2 av 3 st hygieniseringstankar).

Utgående ventilationsluft renas i ett biofilter. Rejektvatten leds tillbaka till processen. Dagvatten från hårdgjorda ytor leds till SLU:s dagvattensystem.

Huvudsakliga driftstörningar som förekommit vid anläggningen är stopp och fällning i värmeväxlare, surjäsning i rötkammare på grund av för höga halter fettsyror. Mottagningen av svingödsel har stoppats på grund av dess höga zinkinnehåll vilket gav alltför höga halter zink i rötresten.

2.1.10 Vänersborg (Heljestorp avfallsanläggning)



Bakgrund

TRAAB (Trestadsregionens avfallsaktiebolag) ägs av kommunerna Vänersborg, Trollhättan, Uddevalla, Färgelanda, Lilla Edet och Mellerud. Anläggningen byggdes av YIT och idrifttagning påbörjades under april/maj år 2000. I början på år 2003 kantrade rötkammaren pga ett konstruktionsfel och anläggningen kördes på reducerad effekt under en period. Efter att detta åtgärdats började större mängder hushållsavfall tas emot. Många ombyggnationer har skett vid anläggningen i TRAAB's egen regi. För närvarande ser man över rejektivattendelen som skall kompletteras med eget reningsverk.

Inkommande avfall

Totalt har ca 33 000 ton avfall tagits emot på sorteringsanläggningen samt ca 800 ton organiskt slam. Av denna mängd har ca 11 600 ton rötats.

Deponerat slam från processen (flytavdrag och kontömning i blandningstankar vid planerade revisionsstopp) uppgår till ca 2500 ton/år.

Tvätt- och rejektivatten recirkuleras delvis som spädvatten i rötningsanläggningen. Överskottet, beräknat till ca 17 000 m³/år, leds till lakvattensystemet. Den höga ammoniumhalten i rejektivattnet från avvattningen av rötresten gör att det måste spädas med färskvatten för att hindra ammoniumtoxitet i rötningsprocessen. Renvattenförbrukningen uppgår till ca 30 000 m³/år. När rejektreningsanläggningen är i full drift skall det renade vattnet ersätta det kommunala renvattnet i processen. Gasproduktionen uppgår till ca 1,2 MN m³/år med en metangashalt på ca 70 procent (i medeltal).

Avfallet källsorteras i hemmen i gröna påsar för organiskt material, röda påsar för brännbart och övriga påsar för deponi. Därefter transporteras avfallet (i samma bil) till TRAAB och töms i en mottagningsficka med vandrande golv. Tömningen av fordonen sker med stängda portar för att hindra att lukt sprids från mottagningshallen.

Påsarna transporteras från det vandrande golvet upp på ett band till en optisk sortering där en kamera läser av färgerna på påsarna och utsortering sker: gröna påsar till rötning, röda till förbränning och övriga till deponi. Figur 42 nedan visar mottagningsfickan med den efterföljande optiska sorteringen, Figur 43.



Figur 42 Tippficka



Figur 43 Optisk sortering

Den rötbara fraktionen (grön påse) transporteras efter utsorteringen till en påsöppnare, Figur 44, och sikt. Det avskiljda plastmaterialet går till den brännbara fraktionen.



Figur 44 Påsöppnare

I mottagningshallen finns även en mottagningsficka för försorterat rötbart material (från Lilla Edet och Orust). Felsorteringsgraden i inkommande avfall är ca 5 procent.

Vid anläggningen finns också en mottagningssilo för pumpbart organiskt slam och fett. Detta pumpas vid beredning direkt in i blandnings/hygieniseringstankarna.

Det organiska materialet matas in till en av två blandnings/hygieniseringstankar (BLT) på vardera 84 m³, Figur 46. Tankarna matas växelvis, en tank matas medan den andra förbereds för att ta emot organiskt material, i och med att den första tanken är full och går över i hygienisering (70°C under en timme). En finfördelning av det organiska materialet sker vid rundpumpning via en skärande pump Figur 45. (en per BLT), se Efter hygienisering sker flytavdrag och botten tömning för att avlägsna eventuell plast/kork som flyter och krossat glas som sjunker. Figur 47 visar utmatningen från hygieniseringstankarna.



Figur 45 Skärande pump



Figur 46 Skärande pump+hygienisering,



Figur 47 Utmatning av rejekt från hygieniseringen

Allt material leds via en kvarn till en bufferttank med volymen 350 m^3 . Från bufferttanken pumpas materialet in i någon av de två rötkamrarna, som vardera har en volym av ca $1\,100 \text{ m}^3$. Rötningsprocessen är termofil (55°C) och sker i ett steg. Uppehållstiden i rötkammare är 16-21 dagar.

Av den tillsatta värmeenergin återvinns största delen då avvattnat processvatten återanvänds i BLT. Från rötkamrarna leds rötresten till en rötresttank (350 m^3) där ytterligare gas utvinns. Därifrån pumpas det till avvattningsanläggningen där den torra rötresten avvattnas till ca 30 procent. Rötresten nyttjas sedan för deponitäckning.

Processvattnet efter avvattning har till och med år 2004 återcirkulerats till BLT och överskottsvattnet har letts till lakvattensystemet. Under 2005 skall en reningsanläggning installeras som utvinner biogödsel och ger ett renvatten som bättre kan återanvändas i anläggningen.

Figur 48 visar ett processchema av anläggningen.



Figur 50 Tiphall

Figur 51 och Figur 52 nedan visar tippfickans utformning.



Figur 51 Tippficka



Figur 52 Tippficka

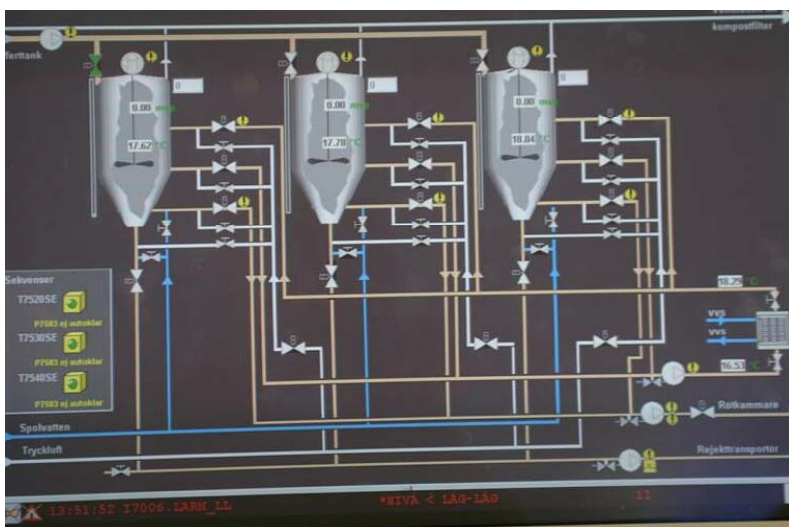
Efter det att avfallet passerat genom tippfickan transporteras det vidare till sönderdelningsutrustningen som i det här fallet består av en pulperutrustning. Figur 53 visar pulpern i det aktuella fallet. Pulpern har inte fungerat med den typ av avfall som inkommit till anläggningen och är idag avställd.

Sopmottagningen har avbrutits till dess man hittat en långsiktig lösning på behandlingsproblemen.



Figur 53 Pulperutrustning

Efter det att inkommande avfall sönderdelats förs det till en bufferttank med en efterföljande hygienisering. Hygieniseringen sker satsvis i 3 st hygieniseringstankar. Figur 54 visar en processbild över 3 st hygieniseringstankar och Figur 55 visar det aktuella utförandet vid anläggningen.

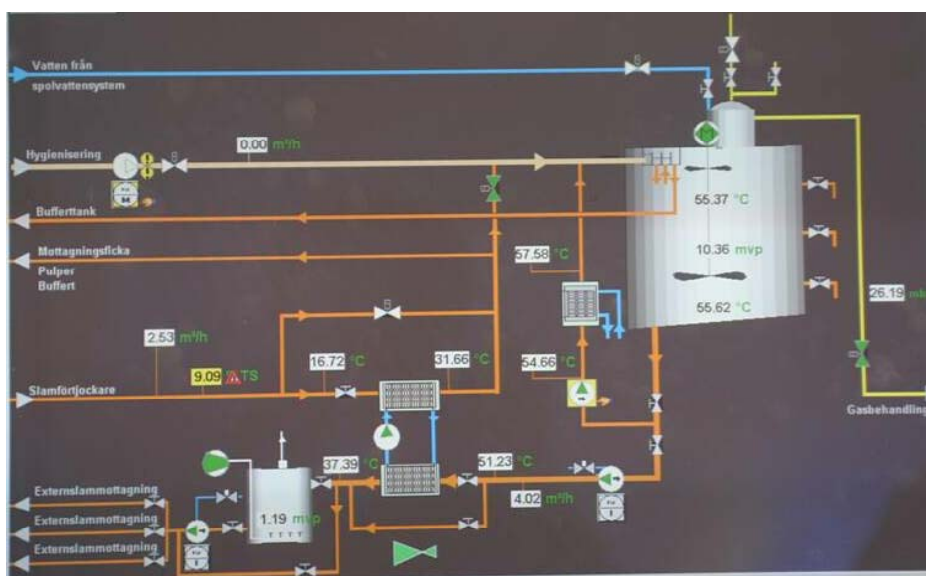


Figur 54 Processbild hygienisering



Figur 55 Hygieniseringstankar

Efter hygieniseringen sker rötningen i en enstegs termofil (+55 °C) rötkammare. Efter rötning pumpas rötresten till ett rötrestlager, Figur 56.



Figur 56 Rötning med efterföljande rötrestlager

Driftstatus

Förbehandlingsdelen är under intrimning. Anläggningen har endast under mycket korta perioder gått kontinuerligt, mottagningen har enbart skett med mycket små mängder avfall. Ett helhetsgrepp måste i dagsläget tas på hela anläggningen för att få en godkänd funktion och drift.

2.1.12 Falköping (Hulesjön)

Bakgrund

Ägare är Falköpings kommun. Tekniska nämnden är ansvarig för anläggningen och VA-enheten driftansvarig.

Inkommande avfall

Inkommande avfall består av (dimensionerande mängder):

- Organiskt avfall från hushåll och storkök ca 5 000 ton/år
- Vassle mm ca 2 000 ton/år
- Totalt ca 7 000 ton/år

Process

Avfallet lämnas i tippficka eller pumpas in i anläggningen. Avfallet homogeniseras, blandas med övrigt material, finfördelas och rensas på oönskat material. Innan avfallet tippas i tippfickan, Figur 57, har det sönderdelats i en transportvagn enligt Figur 58 och Figur 59.



Figur 57 Tippficka (biogasanläggning Falköpingt)



Figur 58 Transportvagn för sönderdelning av inkommande avfall före sönderdelning



Figur 59 *Transportvagn för sönderdelning innan tippning av inkommande avfall*

Större föremål avskiljs manuellt medan mindre föremål avskiljs med pulper av enkla typ, Figur 60 nedan.



Figur 60 *Pulperanläggning*

Rötningen sker mesofilt i ett steg. Den hydrauliska uppehållstiden är 20 dygn med röt-kammarvolymen 850 m^3 . Ingen värmeväxling sker.

Rötresten avvattnas till cirka 20 % TS-halt och blandas sedan med grönflis och halm. Hygienisering sker genom efterkompostering av rötresten i sammanlagt fyra veckor. Rötresten mellan- och långtidslagras öppet. Efter kompostering nyttjas rötresten/komposten till jordbruk och jordtillverkning. Luftbehandling sker via jonisering. Rejektvatten behandlas i eget reningsverk (SBR).

Driftstatus

Anläggningen har nyligen tagits i drift och är under intrimning. Vid driftsättningen har diverse problem förekommit med den maskinella utrustningen, bland annat inmatningsskruvar, pulper, pumpar och givare. Anläggningen klarar för närvarande inte att mata in material med den höga torrsubstanshalt som man ursprungligen avsåg. Ca 20 % av planerad kapacitet körs i dagsläget.

2.2 Planerade anläggningar

2.2.1 Jönköping



Figur 61 Rötkammare vid Simsholmens ARV, Jönköping

Bakgrund

Jönköpings kommun beslutade 2002 att uppföra en rötningsanläggning för organiskt avfall och genomförde under 2003 projektering av en anläggning placerad vid Simsholmens avloppsreningsverk samt påbörjade byggnation. Projektet stoppades därefter temporärt då kommunfullmäktige gav i uppdrag åt tekniska nämnden att utreda alternativ lokalisering av anläggningen i avslutning till en ny förbränningsanläggning i Torsvik utanför Jönköping. Förstudierna är klara och anläggningen är under projektering och upphandling.

Process (planerad)

Rötningsanläggningen kommer att utformas för en kapacitet av ca 10 000 ton matavfall per år med möjlighet att öka till ca 20 000 ton/år under de kommande åren. Förbehandling av avfallet planeras ske med sk dispergeringsmaskin samt ett system för borttagande av icke rötbart material. Ånga från förbränningsanläggningen nyttjas för hygienisering och den förbehandlade, varma slurryn transporteras därefter i tankbil till Simsholmen där slurryn pumpas in till en av rötkastrarna vid avloppsreningsverket (separat rötning).

Producerad biogas vid anläggningen skall upparbetas till fordonsbränsle och rötresten skall gå till jordbruket. Det finns idag ca 130 fordon som drivs av biogas som produceras vid avloppsreningsverket Simsholmen i Jönköping och även uppgraderas där. Kommunens mål är att antalet fordon ska öka till ca 600 st de närmaste åren.

2.2.2 Skellefteå

Bakgrund

I maj 2000 beslutade kommunfullmäktige i Skellefteå att bygga en biogasanläggning vid Tuvans avloppsreningsverk för behandling av rötning av organiskt avfall (matavfall) i syfte att finna en långsiktig lösning för avfallsbehandlingen. Anläggningen har överklagats i omgångar av omkringboende vilket har försenat byggprocessen. Kostnaden för anläggningen är cirka 144 miljoner kronor (statsbidrag 25,6 miljoner).

Inkommande avfall

Dimensionerade mängder:

▪ Organiskt hushållsavfall	8 000 ton/år
▪ Slakteriavfall	5 500 ton/år
▪ Övrigt avfall (fisk, mejeri, glykol mm)	780 ton/år
▪ Marginal	720 ton/år
Summa dim. mängder avfall	15 000 ton/år

Process (planerad)

Anläggningen planerar man uppföra med samma förbehandlingssystem som har uppförts i Borås och som är under intrimning där. Fordon med fast slakteriavfall och fiskavfall töms genom att fordonet backas in i mottagningshallen och tömmer slakteriavfallet i tippficka. Utsorterat organiskt avfall från hushåll levereras i komprimerande bakåttömmande fordon till anläggningen och töms i tippficka.

Mottagning av flytande avfall sker i en separat mottagningshall till en mottagnings-tank. Sönderdelat fast avfall och flytande avfall pumpas till hygieniseringstankar där hygienisering sker vid en temperatur av 70°C under en timme. Avskilt material såsom plast, metallföremål, stenar etc samlas upp i en container. Rejektvatten leds till reningsverk. Hygieniserat avfall pumpas direkt till röt-kammaren. Där sker rötning vid termofila förhållanden (55°C).

Rötat slam pumpas till ett rötslamlager. Till avvattningsbyggnaden pumpas både rötat avfall och rötat avloppsslam från respektive slamlager. Avvattning och lagring i silo sker i separata linjer. Avvattning sker med centrifuger.

I direkt anslutning till avvattningsenheterna placeras en torkanläggning, där rötrest och slam torkas (separat) till TS-halt av ca 95 %. Torken är en så kallad tvåstegstork bestående av en tunnfilmstork och en bandtork. Temperaturen är 100-120°C under en tid av 10 minuter. I anslutning till torken finns ett lager för torkad och säckad slutprodukt.

2.2.3 Västerås (Gryta)

Bakgrund

Inom projektet Växtkraft i Västeråsregionen planerar man framställa biogas genom storskalig samrötning av hushållsavfall och vallgröda. Vafab, LRF/lantbrukarna och Mälarenergi är delägare i bolaget. Svensk Växtkraft AB bildades för att genomföra projektet. Anläggningen konstrueras och byggs av det spansk-tyska entreprenörsföretaget Ros-Roca och skall årligen behandla cirka 14 000 ton organiskt hushållsavfall 5 000 ton vallgröda samt 4 000 ton fettavskiljarslam, flytande avfall från livsmedelsindustrin etc. Biogasen ska främst användas som drivmedel för bussar, sopfordon och personbilar, men en del kommer även att gå till produktion av hushållsel och värme. Rötresten ska användas som gödnings- och jordförbättringsmedel inom lantbruket. Biogasanläggningen beräknas kunna tas i drift hösten år 2005. Investeringskostnaden är beräknad ca 150 miljoner kronor, varav 67 miljoner kronor är statliga LIP-bidrag. Projektet är även beviljat ett investeringsstöd om ca 20 miljoner kronor genom det EU-finansierade demonstrationsprojektet AGROPTI-Gas som genomförs under ledning av Växjö kommun.

Inkommande substrat

Det inkommande substratet planeras bestå av:

- | | |
|---|-----------------------------|
| ▪ Källsorterat organiskt hushållsavfall | 14 000 ton/år (papperspåse) |
| ▪ Slam från fettavskiljare | 4 000 ton/år |
| ▪ Vallgrödor från jordbruket | 5 000 ton/år |

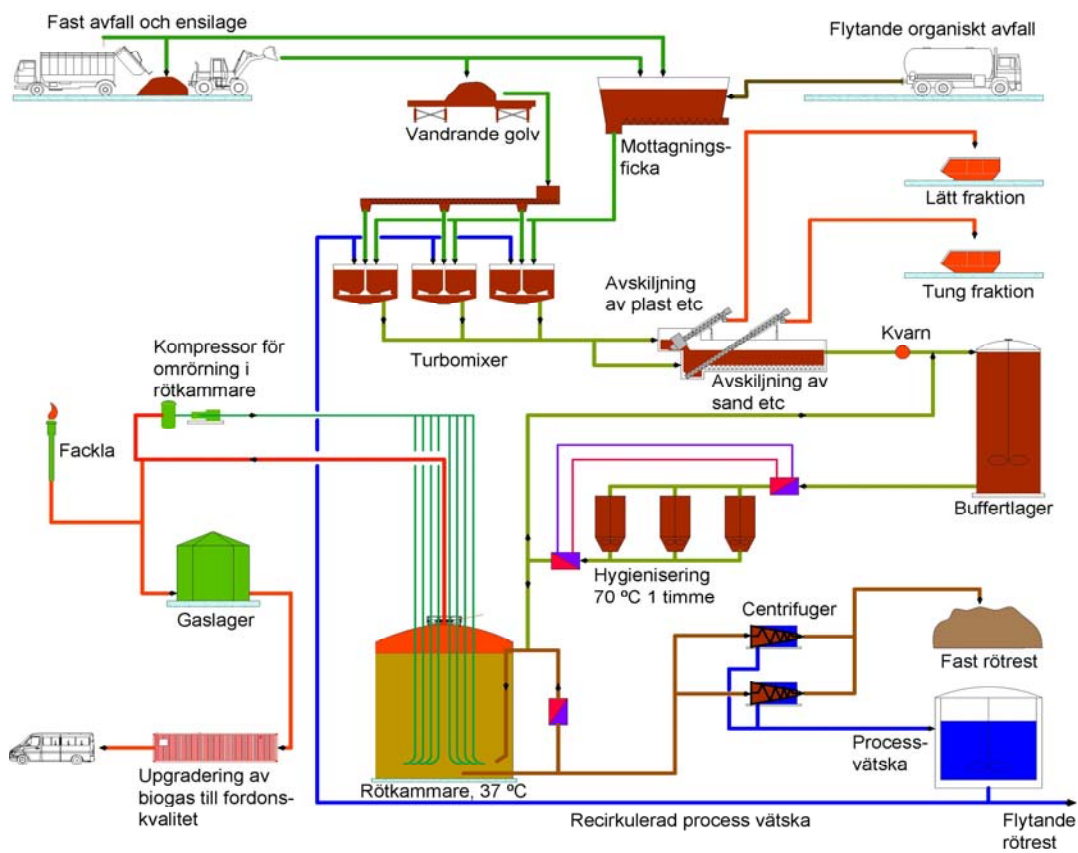
Process

I mottagningshallen kontrolleras inkommande avfall okulärt och rensas på oönskat material. Därefter överförs avfallet med hjälp av hjullastare till ett vandrande golv eller en djupbunker och vidare till anläggningens förbehandlingssteg. Bunkern är försedd med ett vandrande golv. I 3 st upplösare blandas materialet med recirkulerad processvätska och sönderdelas till pumpbar konsistens. Efter det att avfallet lösts upp och blivit pumpbart pumpas det vidare till en roterande sil där grövre föroreningar avskiljs. Efter den roterande silen passeras ett sandfång, där sand skall sedimentera innan materialet går vidare till ett termiskt hygieniseringssteg, i vilket materialet upphettas till mer än 70°C under minst en timme, och vidare till rötning.

Flytande avfall pumpas direkt till en mottagningstank.

Rötresten delas upp i en fast fas och en vätskefas. Den fasta fasen ska användas som en jordförbättrande fosforkälla, den flytande som kvävekälla. Processvatten ska cirkuleras. Ventilationsluft från anläggningen ska behandlas i skrubber och ett biofilter för att förhindra spridning av dålig lukt. Luften förvärms innan biofiltret för att försäkra luktreduktion även under vintern.

Nedan redovisas ett flödesschema över anläggningen.



Figur 62 Processöversikt över anläggningen i Västerås

2.2.4 Växjö

Bakgrund

I juni 2003 beslutade kommunfullmäktige i Växjö kommun att inte gå vidare med projektet om att bygga en biogasanläggning för behandling av matavfall genom rötning.

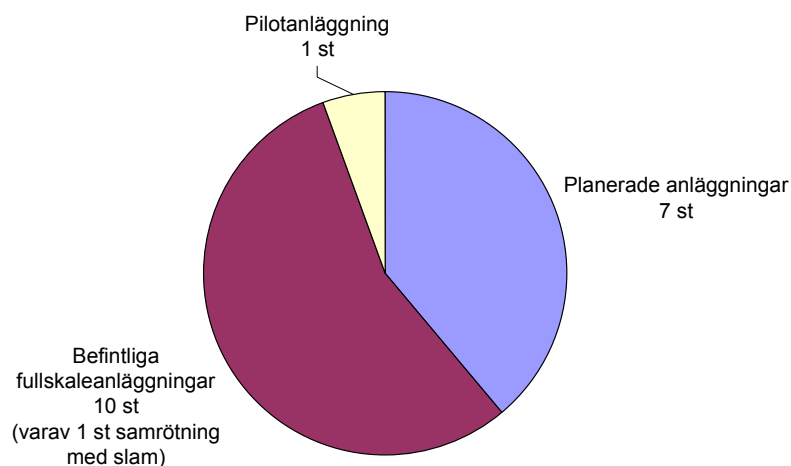
Kommunen avvaktar nu utvecklingen av biologiska behandlingsmetoder för att ta hand om matavfall från hushållen.

2.3 Resultat och diskussion

2.3.1 Urval av anläggningar och driftstatus

Vid studiens inledning ingick ursprungligen 18 rötningsprojekt/anläggningar, fördelade enligt följande:

- 11 st befintliga rötningsanläggningar, varav
 - 9 st avfallsrötningsanläggningar
 - 1 st samrötningsanläggning vid avloppsreningsverk
 - 1 st pilotanläggning
- 7 st planerade anläggningar



Figur 63 Rötningsanläggningar i utvärderingen

Av de 10 (vid studiens inledning) befintliga undersökta fullskaleanläggningarna för rötning är för närvarande (vid tiden för denna utvärdering/rapportering):

- 7 st i kontinuerlig drift varav 6 vid full belastning (2 av dessa är under utbyggnad), 1 vid minskad belastning (Kalmar)
- 1 st under intrimning (Älmhult)
- 1 st under omställning av driften (Kil)
- 1 st tagen ur drift (Borlänge)

Av de 7 planerade anläggningarna är för närvarande:

- 2 st under uppstart och intrimning (Borås, Falköping)
- 1 st under byggnation/idrifttagning (Västerås)

- 2 st under projektering (Jönköping, Skellefteå)
- 2 projekt nedlagda (Karlstad, Växjö)

Tabell 2 nedan sammanfattar anläggningarnas driftstatus.

Tabell 2 Driftstatus rötningsanläggningar (fullskaleanläggningar)

ID	Anläggning	Driftstatus under driftdatainsamlingsperioden	Driftstatus i dagsläget
1	Borlänge	Anläggningen avställd	Ej i drift Ursprunglig anläggning avställd
2	Borås	Ej i drift Tidigare anläggning nedlagd Ny anläggning under byggnation	Under uppstart och intrimning
3	Helsingborg	Driftstörningar Kontinuerlig drift under en del av perioden	Kontinuerlig drift
4	Kalmar	Driftstörningar Kontinuerlig drift under en del av perioden (ej full kapacitet)	Kontinuerlig drift (ej full kapacitet)
5	Kil	Ej i full drift Under ombyggnation	I drift Under ombyggnation
6	Kristianstad	Driftstörningar Ej i drift	Kontinuerlig drift
7	Laholm	Kontinuerlig drift	Kontinuerlig drift Under om- och tillbyggnation
8	Linköping	Kontinuerlig drift	Kontinuerlig drift
9	Uppsala	Driftstörningar Ej i drift	Kontinuerlig drift, ej full kapacitet Under upphandling för utbyggnad
10	Vänersborg	Ej i drift	Kontinuerlig drift
11	Älmhult	Under uppförande	Under intrimning. Inga driftdata
12	Jönköping	I planeringsskede	Under projektering
13	Falköping	Under byggnation/driftstart	Under uppstart och intrimning. Körs vid ca 20 % kapacitet.
14	Växjö	Projektet nedlagt i planeringsskedet	Projektet nedlagt
15	Västerås	Under projektering	Under byggnation/intrimning
16	Skellefteå	Under projektering	Under projektering/upphandling
17	Karlstad	Projektet nedlagt i planeringsskedet	Ej i drift Projektet nedlagt

Som framgår av Tabell 2 var under undersökningsperioden (mar 2003-mar 2004) var endast 2 av de undersökta fullskaleanläggningarna i kontinuerlig drift vid full belastning (Laholm, Linköping). Övriga hade driftstörningar av olika slag. Flera av dessa anläggningar har dock före denna period varit i kontinuerlig drift under ett flertal år.

Driftstoppen vid de anläggningar som tidigare har varit i full drift under en längre period orsakades av följande fel:

- 1) axelbrott på omrörare i rötkammare (Kalmar)
- 2) problem med rötningsprocessen i form av överbelastning och jäsning (Kristianstad, Helsingborg och Uppsala)
- 3) kantrad rötkammare pga konstruktionsfel (Vänersborg)

Det sistnämnda felet är ytterst ovanligt och får anses som en enstaka händelse utan speciell koppling till avfallsrötning. De två första felen har även de karaktären av olycksfall som inte nödvändigtvis har samband med avfallsrötning utan ofta inträffar vid annan anaerob behandling såsom rötning av avloppsslam. Vad gäller jäsning och skumning är risken förhöjd vid avfallsrötning och problemet är därför viktigt att uppmärksamma.

Vid den efterföljande tekniska utvärderingen har en bedömning gjorts av orsakerna till driftstoppen. I de fall där det bedömts att stoppen har orsakats mer av ”olyckshändelser” än av sådana problem som är relaterade specifikt till avfallsrötningsanläggningar har representativa data valts från tiden före eller efter driftstoppen. Naturligtvis kan man inte bortse från de driftstopp som förekommit och de har också övervägts som del av ett mönster.

Jämförelser av anläggningsutformning och sammanställning av driftproblem har hämtats från samtliga anläggningar. När det gäller sammanställning och jämförelse av drift- och processdata har data huvudsakligen hämtats från de anläggningar som har varit i kontinuerlig drift en längre period.

2.3.2 Anläggningstyper och inkommande avfall

2.3.2.1 ANLÄGGNINGSTYPER

Vid den jämförelse och utvärdering av olika tekniska lösningar är det helt nödvändigt att ta hänsyn till *vilken typ* av organiskt avfall anläggningen är avsedd för och klarar av att behandla. Framför allt är det avfallets TS-halt som är avgörande här. Anläggningar som tar emot och behandlar fastare avfall (högre TS-halt) kräver generellt sett betydligt mer tekniskt komplicerade metoder för materialhantering än anläggningar som behandlar en pumpbar slurry. En grov men viktig skiljelinje går här vid anläggningar som är avsedda att behandla *hushållsavfall* och *övriga anläggningar* (av typen ”*gödselrötningsanläggningar*” för pumpbart avfall). I det senare fallet räcker det ofta med någon enklare typ av förbehandling som i stor utsträckning tillgodoses av leverantören. Hur stor *andel* hushållsavfall som skall behandlas har även stor betydelse (vissa enklare anläggningar klarar en mindre mängd hushållsavfall).

Baserat på ovanstående har anläggningarna som ingår i studien kategoriserats i tre olika typer, huvudsakligen baserat på vilken typ av avfall som behandlas i respektive anläggning och systemutformning. De olika systemen karaktäriseras av följande:

- TYP R1: I denna kategori ingår större anläggningar som behandlar pumpbart (flytande) avfall. Avfallsfraktionerna är vid leverans kvalitetskontrollerade och materialet är finfördelat med låg andel oönskat material (föroreningar). Tekniken är förhållandevis enkel och anläggningarna är i stort uppbyggda som rötningssystem för avloppsslam kompletterade med ytterligare något eller några komponenter. Kapaciteten är hög, dvs anläggningarna kan ta emot relativt stora mängder avfall. Vid ett par av dessa anläggningar tas också emot pressvätska från pressat hushållsavfall eller *små mängder* hushållsavfall som finfördelas på plats.
- TYP R2: Dessa anläggningar är avsedda för att *huvudsakligen* ta emot hushållsavfall och ibland även andra halvfasta avfall. Materialet kräver förbehandling på plats i olika processteg före rötningen i form av finfördelning och borttagande av föroreningar. Anläggningarnas kapacitet är hög.
- TYP R3: I likhet med Typ R2 är anläggningarna i denna kategori avsedda att ta emot en hög andel hushållsavfall. Systemen är dock mindre, med tekniskt enklare funktioner och lägre kapacitet.

Tabell 3 Sammanfattning av de olika anläggningstyperna

	TYP R1	TYP R2	TYP R3
Avsedd för:	Pumpbart avfall	Hushållsavfall och andra halvfasta avfall	Hushållsavfall och andra halvfasta avfall
Teknik:	Enkel	Komplex	Enkel
Förbehandling av inkommande material:	Förbehandlat material	Förbehandling på plats	Förbehandling på plats
Kapacitet:	Hög kapacitet	Hög kapacitet	Låg kapacitet
Avskiljning av föroreningar/icke rötbart material:	Låg	Hög	Låg
Antal anläggningar i drift	6	1 + 1 ²⁾	2
Anläggningar i utvärderingen:	Helsingborg Kalmar Kristianstad Laholm Linköping Kil ¹⁾	Vänersborg Uppsala ²⁾ Borås ³⁾ Västerås ³⁾ Skellefteå ⁴⁾ Jönköping ⁴⁾	Falköping ³⁾ Älmhult ³⁾ (tidigare Kalmaranläggningen)

1) Kil har liknande utformning som övriga i gruppen, dock lägre kapacitet.

2) Uppsalaanläggningen är delvis utformad för att redan idag kunna ta emot hushållsavfall, men tar ännu emot samma typer av avfall som Typ R1-anläggningarna. Dock sker förbehandling på plats.

3) Under byggnation/intrimning

4) Under projektering

I dagsläget är det alltså endast 1 anläggning som kontinuerligt behandlar större mängder hushållsavfall (Vänersborg) och 1 som behandlar en mindre andel (Kristianstad). Här avses alltså behandling av hela avfallsmängden, ej pressvätska från pressning av hushållsavfall. Flera anläggningar är dock i planerings- eller uppstartskedet.

2.3.2.2 KONSTRUKTÖRER OCH LEVERANTÖRER AV BEHANDLINGSSYSTEM

När det gäller antalet aktörer på den svenska marknaden kan konstateras att det finns en avsevärd skillnad för de olika typerna av anläggning. Av befintliga Typ R1-anläggningar har 6 st konstruerats och/eller uppförts/levererats av 5 olika leverantörer/konstruktionsföretag.

Typ R1-anläggningar har också uppförts i ett stort antal, t ex i Danmark, och lång erfarenhet finns av dessa system. Tekniken är enkel och det finns många konstruktions- och entreprenörsbolag som kan uppföra väl fungerande anläggningar av denna typ.

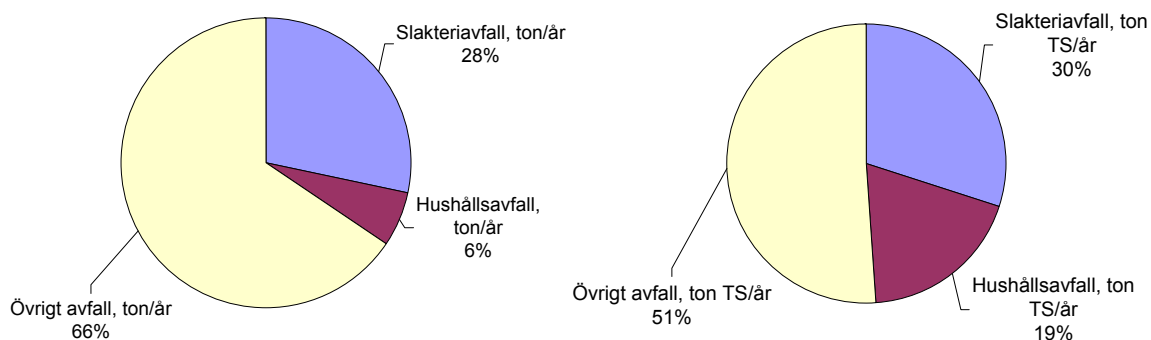
Av befintliga Typ R2- och Typ R3-anläggningar har 5 st uppförts av 2 svenska entreprenörsbolag. De två befintliga Typ R3-anläggningarna har genomförts av samma konsult/entreprenör-konstellation.

Dessa anläggningar avser behandla hushållsavfall och fasta avfall vilket innebär att de är betydligt mer tekniskt komplicerade än Typ R1-anläggningarna. I dagsläget finns endast en fungerande anläggning för hushållsavfall i Sverige och detta efter avsevärda justeringar och intrimningsarbeten. Det finns även en anläggning för fasta avfall (exklusive hushållsavfall) som mekaniskt har god funktion.

Tekniken vid dessa anläggningar är till skillnad från Typ R1 under utveckling. Den bristande konkurrensen i kombination med att flera anläggningar planerats och handlats upp under samma tidsperiod har gjort att ny teknik och processer i ett system inte hunnit utvärderas före uppförande av nästa system. Detta har i vissa fall medfört att konstruktionsfel upprepats.

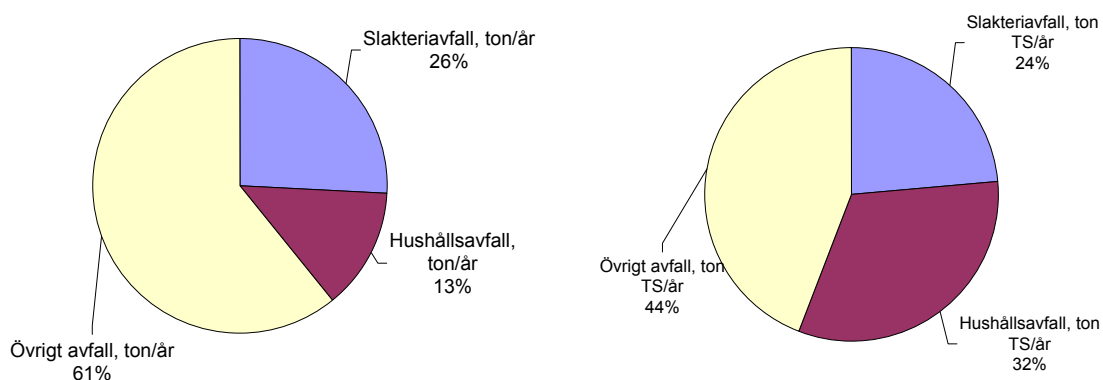
2.3.2.3 INKOMMANDE AVFALL

Fördelningen av avfallet som tas emot vid anläggningarna idag sammanfattas i Figur 64-Figur 65 nedan. Som Figur 64 visar uppgår den totala mängden hushållsavfall (den utsorterade organiska andelen) som behandlas genom rötning till endast ca 6 % i dagsläget, varav huvuddelen i 1 anläggning (Vänersborg).



Figur 64 Total mängd behandlat avfall respektive torrs substans vid befintliga rötningsanläggningar i kontinuerlig drift.

De 5 planerade anläggningarna är samtliga avsedda för att ta emot en relativt stor andel hushållsavfall, vilket gör att andelen hushållsavfall totalt sett kommer att öka upp till ca 13 % av allt avfall, som illustreras i Figur 65 nedan. På torrs substansbasis blir andelen ca 1/3.



Figur 65 Total mängd behandlat avfall respektive torrs substans vid befintliga anläggningar i kontinuerlig drift och planerade anläggningar.

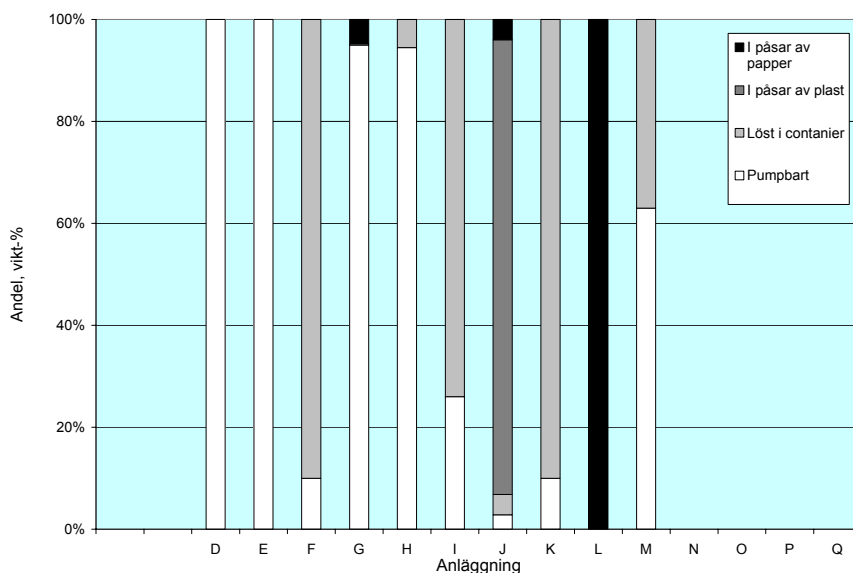
Vid de 8 anläggningar som är i kontinuerlig drift eller under intrimning idag levereras avfallsfraktionerna på något av följande sätt:

- Löst i container
- I påsar av papper eller plast
- I pumpbart skick med tankbil

Avfallet fördelar sig enligt följande:

- 3 st anl: enbart pumpbart avfall (D, E, I)
- 1 anl. 95% pumpbart, resten i påsar (varav 95% i papperspåsar) (G)
- 1 anl. 100% av hushållsavfall i plastpåsar, övrigt avfall levereras löst i container, i papperspåsar eller på annat sätt (J)
- 2 anl. löst i container eller pumpbart (H, K)
- 1 anl. enbart i papperspåsar (L) (anläggning under intrimning)

Figur 66 nedan illustrerar fördelningen. Huvuddelen av avfallet i de befintliga anläggningarna är alltså pumpbart och levereras i tankbil. Endast en mindre del inkommer i plast- eller papperspåsar.



Figur 66

Leverans av inkommande avfall

Flexibiliteten hos R1-anläggningarna är lägre än för R2-anläggningarna (under förutsättning att förbehandlingen fungerar väl). R1-anläggningarna har en mängd krav och restriktioner på avfallet och exkluderar större mängder material med hög TS-halt.

2.3.2.4 MOTTAGNINGSAVGIFTER

Mottagningsavgifterna för olika avfallsfraktionerna varierar kraftigt vid de undersökta anläggningarna. Nedan sammanfattas enkätsvar från 5 anläggningar.

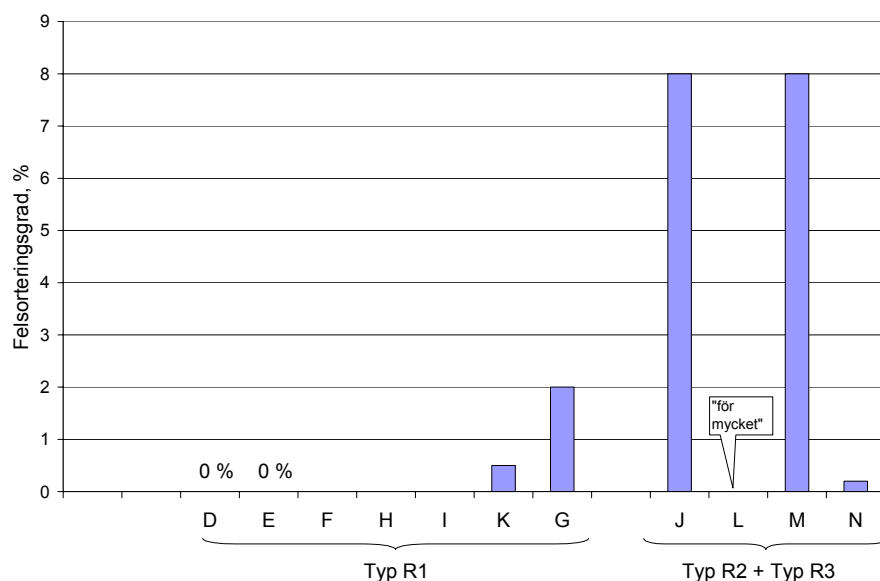
Tabell 4 Mottagningsavgifter

Avfallstyp	Mottagningsavgift, SEK/ton
Org. hushållsavfall	490-745
Org. avfall fr. rest. & storkök	500-655
Fettavskiljarslam	69-400
Slakteriavfall (svin)	38-275
Slakteriavfall (fågel)	50-
Slakteriavfall, blandat	300
Gödsel	0
Mejeriprodukt	400

2.3.2.5 FÖRORENINGSGRAD

Föroreningsgraden eller andelen felsorterat i inkommande avfall får konsekvenser för funktionerna vid anläggningen. Med föroreningar eller felsorterat material avses här icke rötbart material.

Figur 67 nedan visar enkätsvaren från anläggningarna vad gäller andelen felsorterat material. Här kan man inte oväntat urskilja en tydlig tendens till högre felsorteringsgrad i de anläggningar som förbehandlar avfall på plats än de som endast tar emot pumpbart avfall.



Figur 67 Felsorteringsgrad i inkommande avfall för de olika anläggningstyperna

Typ R1-anläggningar som endast tar emot pumpbart avfall har inga eller marginella mängder felsorterat.

Typ R1-anläggning som tar emot en viss andel hushållsavfall eller annat matavfall anger något högre värden: 0,5-2 %. Anläggning K tar emot matavfall (ej i påse), anläggning G tar emot en mindre andel hushållsavfall.

Typ R2 och Typ R3-anläggningarna anger generellt de högsta halterna felsorterat i inkommande avfall. Anläggning N är ännu under intrimning och tar ännu emot endast begränsade mängder, vilket kan förklara det lägre värdet. Den angivna mängden felsorterat korrelerar relativt väl med resultat från plockanalyser (se Bilaga 2).

Flera anläggningar anger att felsorterat material huvudsakligen består av plast (ofta hårdplast av typen grönsaksförpackningar).

2.3.3 Drift- och processtabilitet

De driftproblem som erfarits av anläggningarna kan grovt delas in i tre huvudgrupper: mekaniska problem, problem i rötningsprocessen samt lukt.

De olika anläggningstyperna redovisar olika typer av problem, vilket tydliggörs i Tabell 5 nedan.

Tabell 5 Avfall som behandlas vid anläggningen samt typ av driftproblem

ID	Anläggning	Andel av avfallet som kräver förbehandling i anl (%)	Andel slakteriavfall (% av TS)	Driftproblem i förbehandlingen	Driftproblem pga problem i processen (surjäsning)
Typ R1	D	0	40		X
	E	0	35		X
	F	25 ^{1) 2)}	0		
	G	6	53		X
	H	0	24		X
	I	0	28		X
Typ R2	K	90 ¹⁾	37		X
	J	77	0	X	
	M	56 ²⁾	12 ²⁾	X	
Typ R3	N	95 ²⁾	0	X	
	L	50 ²⁾	0	X	

¹⁾ Inkommande material löst i container, inget hushållsavfall i påsar

²⁾ Ej fullt belastad, under intrimning/omställning

Utifrån Tabell 5 ovan kan man konstatera att så gott som samtliga Typ R1-anläggningar som tar emot en hög andel slakteriavfall har drabbats av återkommande eller stora problem med jäsning i rötningsprocessen.

Samtliga Typ R2 och Typ R3-anläggningar som tar emot hushållsavfall har brottats med driftproblem i förbehandlingen. Anläggning F och K tar emot matavfall och en stor andel material som kräver förbehandling, dock inget hushållsavfall i påse.

2.3.3.1 MEKANISKA DRIFTPROBLEM

De mekaniska problem som uppträtt i de utvärderade rötningsanläggningarna rör i huvudsak tre anläggningsdelar:

- förbehandling av inkommande avfall
- omrörning
- avvattning av rötresten.

Anläggningstypen har här stor betydelse. Typ R1-anläggningarna uppvisar generellt god mekanisk driftstabilitet. De mekaniska problem som uppträtt i R1-anläggningar gäller *omrörare*. I de fall störningar uppträder har detta ofta varit sekundära effekter orsakade av störningar i rötningsprocessen. I huvudsak är det anläggningar som behandlar hushållsavfall i påsar, dvs har mer *avancerad förbehandling* på plats, som har problem med funktionen på maskinell utrustning.

2.3.3.1.1 Förbehandling

I förbehandlingsdelen kan urskiljas flera problem, men problemen varierar för de olika anläggningstyperna. Typ R1 har ingen eller enkel/mycket begränsad förbehandling av inkommande avfall.

Typ R2- och R3-anläggningarnas största problem i förbehandlingen är huvudsakligen förknippat med det processteg där finfördelning samt avskiljning av oönskat material sker. Svårigheterna ligger i att avskilja tillräckligt med föroreningar utan att föra bort alltför mycket organiskt material. Därtill är det både plast och tyngre material som skall avskiljas och ibland försöker man åstadkomma avskiljningen i samma processteg. Dessutom vill man av kostnadsskäl undvika spädning av materialet i så stor utsträckning som möjligt eftersom detta leder till högre kostnader vid uppvärmning av rötningen.

Befintlig utrustning för ändamålet varierar. I dagsläget finns tre förbehandlingsmetoder som är genomförda vid R2-anläggningar och ytterligare 2-3 st vid planerade anläggningar. Nedan visas bilder på utrustningen vid befintliga anläggningar.

Skall man försöka ytterligare lokalisera problematiken verkar det handla om otillräckliga kunskaper kring sedimentering, flotation, och materialtransport, vilka utgör de huvudsakliga processer som man använder sig av. Avancerad materialhantering är

ett relativt nytt område för många av de utförare som konstruerar/levererar systemen. Erfarenheter av att köra utrustningen och se hur olika material beter sig är begränsad.



Figur 68 Skärande pumpar, Vänersborg



*Figur 69 Kvarn + separationssteg
("Bioseparator"), Borås*



*Figur 70 Stor pulper + sedimenteringstank,
Uppsala (används ej för hushållsavfall, men
restaurangavfall och slakteriavfall förbehandlas)*

För påsöppning och siktning av plastpåsar finns beprövad teknik som använts länge vid komposteringsanläggningar. Normalt uppstår här inga större mekaniska problem med t ex igensättningar, dock finns naturligtvis risk för förluster av organiskt material som följer med plasten som rejekt.

De två tekniker som finns vid rötningsanläggningarna idag visas nedan.



Figur 71 Trumsikt, Borås



Figur 72 Skivsikt, Vänersborg

I den anläggning som idag går kontinuerligt och tar emot hushållsavfall i plastpåse avskiljs plast i en typ av skivsikt före malning. Plastavskiljningen har hittills inte fungerat helt tillfredsställande, såtillvida att en hel del plastmaterial följt med in till rötammaren och ställt till problem i med omrörningen. Plasten hamnar till slut i utgående rötrest. Rötresten avvattnas efteråt, men den torra fraktionen kan på grund av plasten inte avsättas till jordbruket utan går till deponitäckning.

I båda de Typ R3 anläggningar som ingått i studien har man erfarit problem med den maskinella utrustningen. Dessa anläggningar är i stort sett identiska med avseende på maskinell utrustning och anläggningsutformning (och även mycket lik den tidigare anläggningen i Kalmar, som nu är avställd av samma skäl som erfarits vid de befintliga anläggningarna). Utrustningen består i princip av en mindre tippficka och en mindre pulper, se nedan.



Figur 73 Tippficka, Älmhult



Figur 74 Liten pulper, Älmhult

De problem som erfarits är att anläggningarna inte klarar att mata igenom material med den höga torrsustanshalt som de ursprungligen var avsedda för och att utrustningen är känslig för förorenande föremål i inkommande material, såsom t ex stenar.

Motoreffekterna hos transportskruvar i mottagningficka och i pulper är otillräckliga för högre TS-halter vilket orsakar frekventa driftstopp. Båda de utvärderade Typ R3-anläggningarna har under en längre tid haft pågående arbeten med att trimmas in och driftansvariga vid respektive anläggning har i egen regi genomfört en mängd förbättringsåtgärder för att få igång systemen. Under utvärderingsperioden behandlades endast 10 respektive 20 % av tillgänglig kapacitet i de två anläggningarna i denna kategori.



Vid anläggningen i Falköping har man lyckats förbättra situationen väsentligt genom att använda sig av en transportvagn där avfallet sönderdelas och homogeniseras före det tippas i tippfickan (se Anläggningsbeskrivning, kapitel 1).

Figur 75 Transportvagn för sönderdelning, Falköping

Erfarenheterna med alltför klen utrustning följer samma mönster som tidigare R2- och R3-anläggningar (som nu byggs om). Utöver Kalmar hade även den tidigare anläggningen i Uppsala liksom den nu avställda anläggningen i Borlänge liknande problem med alltför små dimensioner och effekter.

De samlade erfarenheterna innebär att nuvarande utformning av R3-anläggningar – ett litet system avsett huvudsakligen för små kommuner – i stort ter sig mindre lämplig för hushållsavfall och torrare avfall, framför allt när det gäller avfall levererat i påsar. Enklare (våtare) avfall kan sannolikt behandlas. Även mindre mängder avfall kräver en viss minimistorlek på maskinell utrustning och motoreffekter för att rätt funktion ska kunna upprätthållas. Bristen på avskiljning av oönskade material får konsekvenser inte bara i form av driftstopp utan även för avsättningsmöjligheterna för rötresten.

Ofta kan ett sk ”enkelt system” initialt förefalla attraktivt. Vid upphandling av maskinell utrustning, i synnerhet sönderdelningssystem (kvarnar, etc), är det dock viktigt att utvärdera effektförbrukning på *årsbasis* och helst analysera livscykelkostnader för nyckelkomponenter. En anläggning med höga elmotoreffekter behöver inte nödvändigtvis vara mer kostsam än en med lägre effekter eftersom den förra i många fall endast är i drift ett begränsat antal timmar per dygn. Branschens erfarenheter verkar bekräfta att mindre effekter gör att maskinen får gå längre tid för att uppnå samma resultat vilket innebär ökat slitage och därmed ännu längre drifttider (och ökade underhållskostnader). Generellt är tendensen är att de flesta nya system byggs med större dimensioner än tidigare.

2.3.3.1.2 Omrörning

När det gäller omrörning har flertalet anläggningar råkat ut för olika problem. Det rör sig ofta om axelbrott på propelleromrörare, eller att omrörarna kör fast i ett alltför tjockt material.

Generellt är denna typ av problem tyvärr inte ovanliga vid rötning och kan inte anses unika för just avfallsrötningssystem. Däremot är riskerna för axelbrott och andra omrörarproblem förhöjda. Problemen uppstår huvudsakligen genom en kombination av substrategenskaper och dimensionering/utformning av omrörarsystemet. För att hålla nere investeringskostnaden är omrörarsystemen ofta för klen dimensionerade för substratet ifråga.

I fallet R1-anläggningar tar dessa emot mycket fettriakt material som kan orsaka tjocka svämtäcken i rötkammaren vilka i sin tur gör att omröraren kör fast eller hamnar i obalans (se kapitel 2.3.3.2.1 nedan).

I fallet R2-anläggningar finns en speciell svårighet som är förknippad med de stora mängderna plast i det fall avfallet levereras i plastpåse. Om alltför stora plaststycken går in i rötkammaren kan dessa ansamlas på omrörarens propellerblad och orsaka obalanser eller tynga ned dessa (vilket inträffat vid en av de utvärderade anläggningarna).

Det är således mycket viktigt att dimensioneringen av omrörare görs med hänsyn till substratets egenskaper, samt att finfördelningen av substratet är mycket långtgående. Alltför grov malning av inkommande material kan leda till större belastning på omröraren än vad denna är dimensionerad för (grovt material ökar också elförbrukningen vid omrörning).

En mängd aktörer finns på marknaden som kan leverera omrörningssystem, dock är det viktigt att själva konstruktionen utformas av kvalificerad expertis med erfarenhet av just *avfalls*rötningssystem. I vissa fall kan en kombination av toppmonterade propelleromrörare och gasomrörning krävas. Gasomrörning kan användas intermitent för att bryta upp svämtäcken.

2.3.3.1.3 Avvattning av rötrest

Erfarenheter av avvattning av rötrest finns från tre av anläggningar i studien, samtliga avsedda för hushållsavfall. De problem som uppstått är av olika karaktär. I ett fall var man i praktiken förhindrad att använda polymertillsats vid avvattningen eftersom man då får svårigheter med avsättningen av rötresten till lantbruket. Utrustningen som användes var då en skruvpress. Drift av skruvpress utan polymer innebär att mycket av det partikulära materialet går tillbaka med rejektvattnet från pressen tillbaka till processen och mycket litet avvattnad rötrest går ut från anläggningen. Man använder nu centrifuger, vilket enligt uppgift fungerar väl.

Kväveinnehållet i rejektvattnet från avvattningen riskerar bli alltför högt för att återföras till processen (ammonium hämmar rötningsprocessen vid alltför höga koncentrationer) och kräver tillgång till avloppsreningsverk med kvävereduktionssteg att behandling, vilket inte alltid finns tillgängligt.

Vid tre av anläggningarna är därför separat rening av rejektvattnet aktuellt, 2 med SBR-anläggningar, 1 med membranteknik. Anläggningarna är under uppförande varför det varit för tidigt att utvärdera dem här. Inledningsvis har man haft en rad intrimningsproblem. I två av fallen har detta haft sin grund i svårigheter med avvattningen, vilket inneburit att stora mängder suspenderat material följt med rejektvattnet, vilket försvårat reningen.

Vid en anläggning avvattnar man i vassbäddar (samrötning med slam). Eftersom anläggningen befinner sig i ett intrimningsskede och har producerat mycket litet rötrest är det för tidigt att utvärdera denna teknik.

Kommentar kring avvattning av rötrest

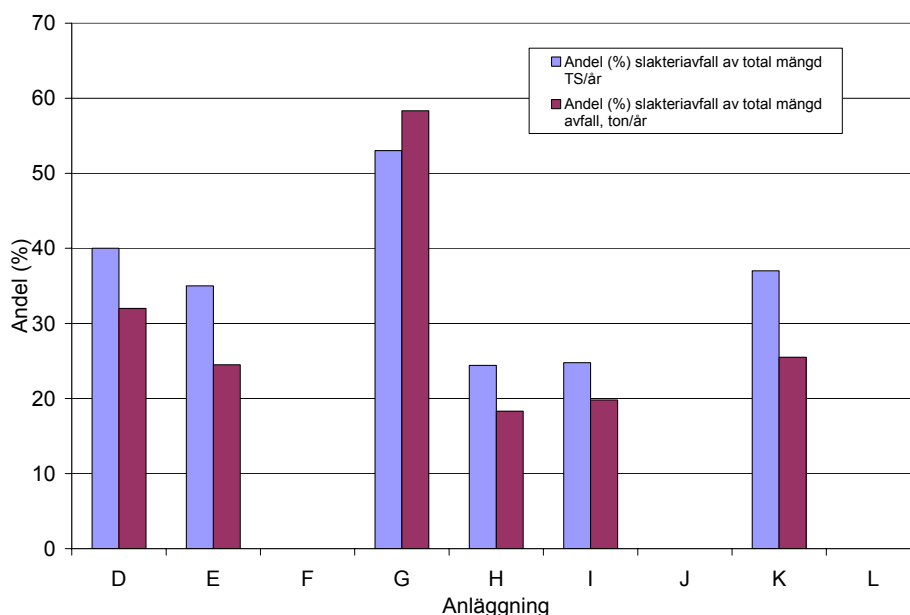
Avvattning kan naturligtvis vara nödvändigt av transportkostnadsskäl. I avvattningen ligger dock en inneboende problematik. Eftersom (framför allt) kvävet föreligger i löst form följer detta med rejektvattnet och rötresten utarmas därmed på kväve. Återförseln av näringsämnen blir således mindre samtidigt som behandlingskostnaderna ökar. Att så långt som möjligt säkerställa rötrestens kvalitet (inkl god plastavskiljning) och att säkra avnämaren (lantbruket) blir därmed speciellt viktigt för att fullfölja kretsloppstanken – och även minska kostnaderna.

2.3.3.2 PROCESSRELATERADE PROBLEM

2.3.3.2.1 Störningar i rötningsprocessen

Så gott som samtliga anläggningar som rötar pumpbart avfall har haft problem med rötningsprocessen i form av surjäsning eller andra störningar. I de flesta fall har detta berott på att processen blivit överbelastad.

Som tidigare visats i Tabell 5 kan man konstatera att de anläggningar som erfarit en störning tar emot en relativt hög andel slakteriavfall. Detta illustreras i Figur 76 nedan.



Figur 76 Andel slakteriavfall av total mängd inkommande avfall (ton avfall resp ton TS)

Slakteriavfall är ofta mycket fetthaltigt, vilket har en positiv inverkan på gasproduktionen, men risken att överbelasta röt-kammaren kan även öka. Dels kan det innebära en ”frestelse” att successivt öka andelen fettrikt material för att få en högre gasproduktion. I flera fall har en dock ökning av andelen slakteriavfall inträffat helt ofrivilligt genom att leverans av en av de mindre fettrika inkommande avfallsfraktionerna upphört, vilket därmed medfört en abrupt förändring i substratsammansättningen med överbelastning av röt-kammaren som följd. Normalt kan bakterierna i hög grad anpassas till en förändrad substratblandning om de tillväxer successivt under en längre tidsperiod, men de tål inte alltför abrupta förändringar.

Överbelastning är inte specifikt för rötningsanläggningar för pumpbart avfall men risken minskar vid hög andel hushållsavfall i inkommande avfall, då detta inte är lika fettrikt. Den R2-anläggning som är i kontinuerlig drift har inte heller erfarit några överbelastnings- eller jäsningsproblem.

Som nämnts ovan under ”Omrörning” har svåra driftproblem med den maskinella utrustningen erfarits som en sekundär effekt av problem i röt-kammaren och då speciellt fetthalten i inkommande avfall. Generellt vid rötning kan besvärliga svämtäck- en (ansamling av skum, fett och partikulärt material) formas på ytan av rötslammet genom otillräcklig omrörning. Svämtäcken kan om de blir tillräckligt tjocka få negativa effekter i form av dåligt gasutbyte och utröttningsgrad och i värsta fall orsaka förgiftning av bakteriekulturen.

Avvattningen av rötresten riskerar också försämrats eftersom gasblåsor kan inneslutas i rötresten. Rötningsanläggningar som tar emot mycket fettrika avfall är speciellt

utsatta för den här typen av störning, varför god omrörning måste ombesörjas. Även plastrester i inkommande avfall kan orsaka stora problem eftersom plast kan floterar upp och ansamlas på ytan och därmed skapa ett täcke eller bygga på ett befintligt svämtäcke.

Som exempel kan nämnas följande drifterfarenheter.

Två anläggningar har tvingats ta emot en ovanligt hög andel slakteriavfall till följd av att leverans av gödselfraktionen stoppats. Överbelastningen blev då så försämrade att bakteriekulturen i princip slogs ut och rötkammaren fick tömmas och startas på nytt, vilket i sig är ett mycket omfattande arbete. Vid en av anläggningarna ledde detta i sin tur till ytterligare problem. Eftersom avfallet vid detta tillfälle inte kunde matas till rötkammaren i normal takt ansamlades ett tjockt fettlager på ytan av innehållet i en bufferttank för inkommande, förbehandlat, avfall. Detta gjorde att fett hann floterar och stelna på ytan, vilket fick till följd att bufferttankens omrörare körde fast och ett mycket omfattande arbete krävdes för att reda ut situationen. Vid anläggningen planerar man nu utforma rötningen med gasinblåsning i botten på rökammaren för att bryta upp besvärliga svämtäcken.

I ett annat fall samlades mycket halm som kommit in via gödsel på botten av rökammaren. Halm beter sig ofta mycket oförutsägbart i vätska och kan både sedimentera och flyta. I förekommande lyfte plötsligt en tjockt lager sedimenterad halm till ytan vilket fick till följd att omrörarens övre propellerblad körde fast i halmen.

Kommentar och slutsatser kring problem i rötningsprocessen

För att förhindra överbelastning och processtörningar finns ett antal viktiga åtgärder. Flera anläggningsägare påpekar vikten av att driftpersonalen vid anläggningen utbildas i grundläggande kunskaper om rötningsprocessen så att man både kan beräkna belastningen och i god tid kan upptäcka varningssignaler att systemet riskerar att överbelastas. Vid de flesta anläggningarna har man god kännedom om andelen organiskt material i inkommande avfall, men kunskap saknas ofta hur man beräknar belastning.

Optimering av rötningsprocessen är något som flera anläggningar har arbetat med under lång period. Flera anläggningsägare och driftpersonal efterlyser utökat samarbete för att kunna konstatera både optimal substratsammansättning och var gränserna går när det gäller belastning av systemen. På sikt är det även angeläget att mer sofistikerade processtyrningssystem utvecklas för att fånga upp olika störningar i tid.

Risken för överbelastning får även konsekvenser för anläggningens utformning i så mån att buffertvolymerna för inkommande avfall kan behöva utökas för att jämna ut belastningsvariationer. Utformningen av anläggningar som skall ta emot fettrika avfall måste ske mycket omsorgsfullt för att undvika de stora negativa följdverkningar som kan bli konsekvensen av överbelastning. Framför allt måste tillräcklig

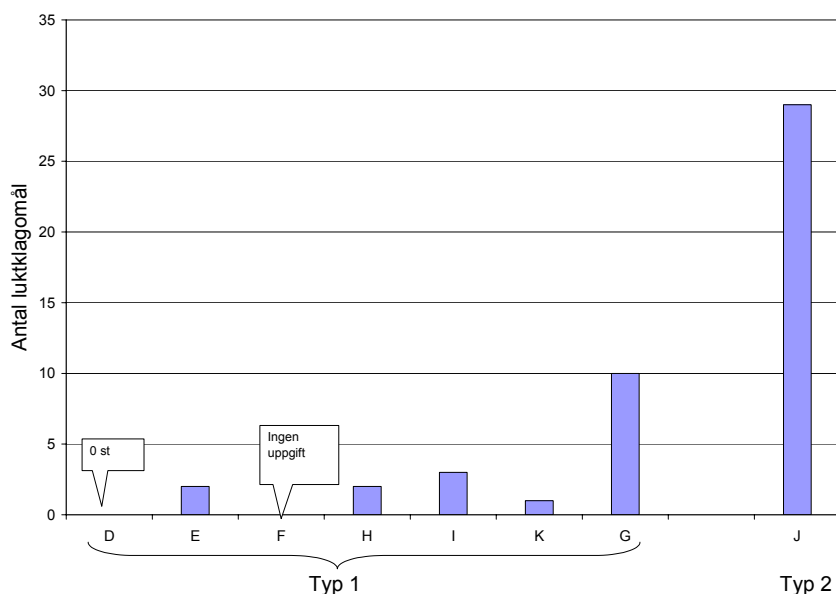
omrörning och finfördelning tillgodoses och plastavskiljning måste säkras för att undvika olika följdproblem.

Leveranssäkring av avfall är en annan fråga som i mycket hög grad aktualiseras i det här sammanhanget. Ett långsiktigt strategiskt planerande är nödvändigt för att möta förändringar i inkommande leveranser, t ex om en avfallsleverantör väljer att lämna avfall till någon annan behandlingsanläggning, eller i det fall verksamheten helt enkelt upphör (som varit fallet vid en av de studerade anläggningarna).

Dessa frågeställningar har även starka kopplingar till konkurrenssituationen. Några anläggningsägare befärar en ökad konkurrens om det organiska avfallet och en anläggningsägare hyser farhågor att förutsättningarna för sin noggrant optimerade anläggning med mycket hög gasproduktion kan komma att helt kullkastas om nya planerade anläggningar uppförs i närheten.

2.3.3.2.2 Luktproblem

Lukt är mycket osäkert begrepp att mäta på grund av den begreppets inneboende subjektivitet. *Figur 77* nedan visar antalet årliga klagomål på lukt som rapporterats till anläggningarna.



Figur 77 Antal externa klagomål per år avseende lukt vid respektive anläggning

När det gäller lukt är det av tillgängligt dataunderlag svårt att urskilja tydliga tendenser. De två anläggningar som tar emot pumpbart avfall får in färre klagomål än de anläggningar som tar emot hushållsavfall – trots att den första kategorin tar emot det ofta starkt illaluktande slakteriavfallet – men orsakerna till detta kan vara flera. Antalet klagomål på dålig lukt är många gånger helt lokalt betingat och beror generellt sett kanske främst på anläggningens lokalisering och omkringboendes känslighet för lukt och inte minst benägenhet att inkomma med klagomål. Vädret har också bety-

delse. Vid markinversion stannar luften (och lukten) kvar vid marken till dess att ökade vindar blandar om luftskikten.

Anläggning G och J har flest klagomål och är de enda anläggningar som tar emot hushållsavfall. Det går ändå inte att dra någon slutsats att hantering av hushållsavfall luktar mer. Det förefaller mer sannolikt att det är anläggningens grad av slutenhet, ventilation och luftbehandling som utgör de avgörande faktorerna. Anläggning G är utspridd över en stor yta, många av tankarna är inte överbyggda och anläggningen är endast delvis ventilerad. Den ventilationsluft som samlas in behandlas i kompostfilter, som är den enklaste typen av behandlingsmetod. Detta kan jämföras med anläggning D som inte tar emot några klagomål alls, men som är en liknande typ av anläggning, också den endast delvis ventilerad, men mer kompakt utformad.

Anläggning J är sluten och hela anläggningen ventilerad, men ändå mottar man flest klagomål av samtliga. Anläggning J är dock lokaliserad vid en deponi och det är inte klarlagt vilka delar av avfallsanläggningen som orsakar klagomålen. Troligtvis uppstår luktstörningar från andra delar av verksamheten. Man anger dock att rötresthanteringen ger upphov till dålig lukt vid driftstörningar och att man har haft återkommande driftstörningar i just denna del av anläggningen.

De flesta anläggningar arbetar aktivt med luktproblematiken gentemot omgivningen:

- 3 st har genomfört luktpaneler
- 2 st har genomfört enkätundersökningar
- 2 st har haft möten med omkringboende
- 3 st har inte genomfört några undersökningar alls

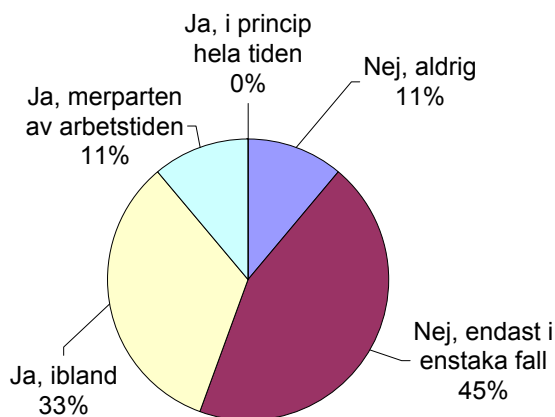
1 av de anläggningar som fått många klagomål har inte genomfört några undersökningar alls med omkringboende.

Lukt är inte bara en miljöfråga för omgivningen utan även en avgörande arbetsmiljöfråga. I Tabell 6 nedan redovisas hur driftansvariga själva upplever luktproblematiken och hur anläggningarna är utformade för att ta hand om lukten. Traditionell teknik för att hantera problematiken är behandling av ventilationsluft i biofilter (kompostfilter), men alltfler anläggningar använder eller planerar avancerad luftbehandling i form av ozon eller jonisering.

Tabell 6 Luktrelaterade aspekter vid rötningsanläggningarna (enkätsvar)

		Anläggning
Störningens upphov	Obehandlat mtrl	E, G, I
	Luftbehandling	K
	Rötrest	H, J
Luktproblemens uppkomst	Normal drift	E, G
	Driftstörning	E, G, I, J, L
	Vid viss leverans	E, I
	Spec. väderlek	H, K
	Orsak delvis okänt	G
Ventilation av hela anläggningen		I, J, K
Delvis ventilerad anläggning		D, E, G
Luftbehandlingsmetod	Kompost/biofilter	D, E, G, I, K
	Ozon & jonisering	J, L
	Ozon	H
	Jonisering	N

Flertalet anläggningar uppger att luktproblem uppstår vid såväl normal drift som vid driftstörning. Hur mycket personalen besväras av dålig lukt varierar. Figur 78 nedan visar att vid över hälften av anläggningarna besväras personalen aldrig eller i endast i enstaka fall av dålig lukt. Endast 1 anläggning anger att personalen besväras under merparten av tiden.



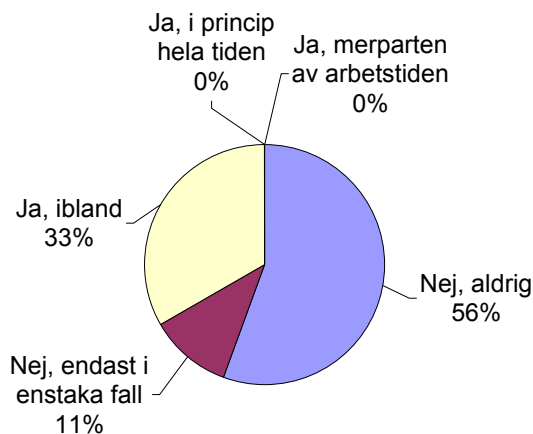
Figur 78 Arbetsmiljö: lukt, enkätsvar från 9 anläggningar

Samtliga anläggningar anger att de har ett huvudsakligen slutet system.

Samtliga anläggningar anger att de aldrig (2 st) eller endast i undantagsfall (7 st) behöver hantera avfallet manuellt.

2.3.3.2.3 Övriga arbetsmiljöfrågor

Buller upplevs generellt inte som ett stort problem vid anläggningarna enligt enkät-svar. 2 av de 3 anläggningar som svarat ”ja, ibland” är anläggningar med förbehand-ling på plats.



Figur 79 Arbetsmiljö: buller, enkätsvar från 9 anläggningar

6 av 8 anläggningar anger att det finns hygienanpassade skötselinstruktioner.

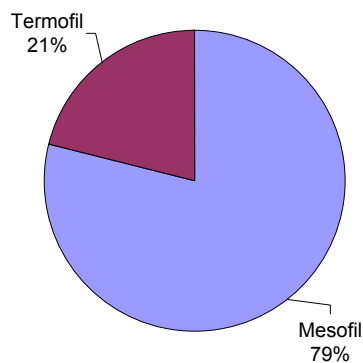
Endast 3 anläggningar anger dock att de infört någon typ av insats eller åtgärd för att förbättra arbetsmiljön. 2 av dessa anger förbättrad ventilation som en av åtgärderna.

Sammantaget verkar resultatet indikera att arbetsmiljön vid anläggningarna är rela-tivt god, men kan förbättras. Automatiseringsgraden är relativt hög och den manuella hanteringen av avfallet anges som mycket begränsad vid de flesta anläggningar. Vissa av enkätsvaren tyder dock på att det kan finnas anledning att öka medvetenhe-ten kring arbetsmiljöfrågor inför planering av nya anläggningar.

2.3.4 Prestanda och nyckeltal

2.3.4.1 RÖTNINGSPROCESS

Ungefär hälften av befintliga och planerade anläggningar rötar avfallet vid mesofila (ca 37°C) respektive termofila (ca 55°C) temperaturer. Avfallsmängden som rötas mesofilt är dock betydligt större genom att de största, äldre anläggningarna använder sig av denna process, vilket illustreras i Figur 80 nedan. Samtliga har en 1-stegs totalomblandad process.



Figur 80 Fördelningen av mesofil respektive termofil rötning vid de utvärderade anläggningarna, baserat på rötade avfallsmängder

Den hydrauliska uppehållstiden i rötkammaren varierar mellan 20-30 dygn vid mesofil rötning och 16-21 dygn vid termofil rötning.

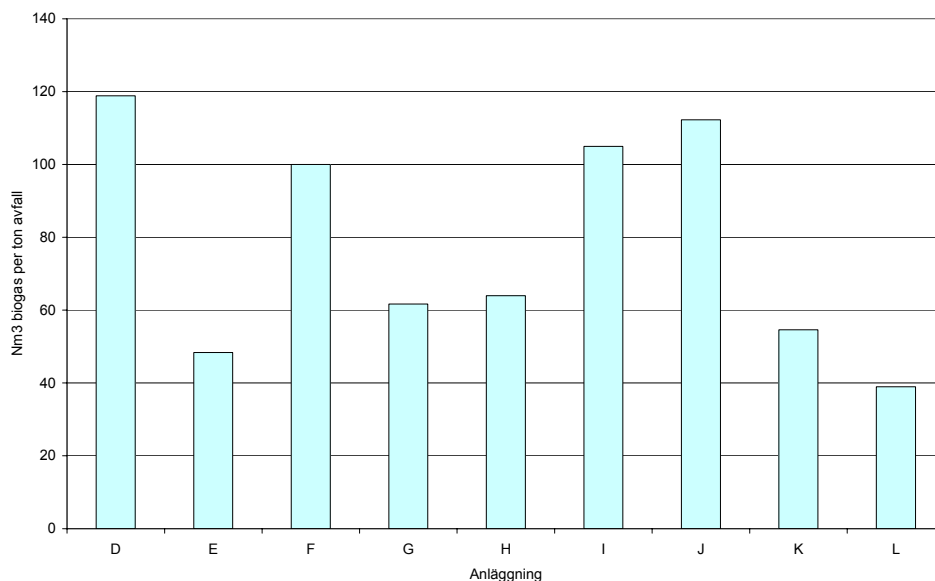
Den organiska belastningen på rötkammaren varierar mellan ca 1 till 3,7 kg VS/m³, d, med ett medianvärde på omkring 2 kg VS/m³, d.

TS-halten in till rötkammaren varierar mellan ca 6-11 % TS, med de flesta i övre delen av spektret. Inkommande organisk andel i avfallet varierar mellan 72 och 86 % med ett medelvärde kring 80 %.

2.3.4.2 BIOGASPRODUKTION

Biogasproduktionen vid de utvärderade anläggningarna uppgår till till knappt 20 MNm³ biogas/år. (Här har i vissa fall representativa värden från perioden före eller efter undersökningsperioden använts för de anläggningar som normalt går i kontinuerligt drift och som erfor driftavbrott vid driftdatainsamlingen.)

Gasproduktionen per ton inkommande avfall redovisas i Figur 81 nedan för respektive anläggning. Detta är ett grovt mått som inte tar hänsyn till vare sig torrsubstans-, organiskt innehåll eller sammansättning i avfallet, men kan ändå tjäna som någon typ av grov "tumregel".



Figur 81 Biogasproduktion per ton inkommande avfall

Anläggning E, H, K och L har inte gått i full drift eller vid full belastning under perioden och det är sannolikt därför dessa anläggningar visar lägre gasproduktion.

De anläggningar som bedöms som representativa i sammanhanget är D, F, G, I, J, vilka ger en genomsnittlig biogasproduktion på 80-100 Nm³/ton handlat avfall. Anläggning D är ”bäst i klassen” och ger nära 120 Nm³/ton. Vid denna anläggning och även vid anläggning I anges man har arbetat mycket aktivt med substratblandningen för att optimera rötningsprocessen och man rötar stor andel fettrika material. Utröttningsgraden anläggning är också mycket hög: över 75 %. Generellt finns dock viss tveksamhet kring de lämnade siffrornas tillförlitlighet (se diskussion vid Tabell 7 nedan).

Baserat på uppgifter från de anläggningar som lämnat tillräckligt fullständiga data har ett antal nyckeltal för anläggningarna beräknas, vilka redovisas i Tabell 7 nedan.

Tabell 7 Nyckeltal för rötningsanläggningar

	Driftdata ⁵⁾		
	Min	Medel	Max
Utrötningsgrad, % ¹⁾	53	61	77
Metanhalt, % CH ₄ ³⁾	65	67	75
Nm ³ biogas/ton avfall ²⁾	48	80	119
Nm ³ biogas/ton inkommande VS ^{3,6)}	480	730	1150 ⁴⁾
Nm ³ CH ₄ /ton inkommande VS ³⁾	320	490	860 ⁴⁾
Nm ³ biogas/kg VS _{nedbr} ²⁾	0,7	1,3 ⁴⁾	1,5 ⁴⁾

1) Baserat på data från 5 anläggningar

2) Baserat på data från 9 anläggningar

3) Baserat på data från 7 anläggningar

4) Angivet gasutbyte är högre än vad som anses teoretiskt möjligt, sannolikt på grund av osäkerhet vid provtagningen (se kommentar nedan)

5) Min-, medel- och maxvärden korresponderar inte nödvändigtvis för de olika nyckeltalen utan anger variationen oberoende av varandra

6) VS = *volatile solids*, dvs flyktiga organiska ämnen och motsvarar det organiska innehållet i torrsubstan- sen (mäts ofta som glödförlust)

Värdena i tabellen ovan är generellt relativt höga, vilket är ett resultat av att flera av de R1-anläggningar som är i stabil drift rötar en stor andel feta och energirika avfall, såsom slakteriavfall. Minimivärdena gäller huvudsakligen några anläggningar som i dagsläget inte är optimerade.

Maxvärdena för gasutbyte som angetts eller beräknats utifrån angivna värden från anläggningarna är dock högre än vad som anses vara teoretiskt möjligt. Det teoretiskt möjliga gasutbytet för olika organiska komponenter har klarlagts i olika tidiga grundläggande studier av anaerob nedbrytning. Några värden redovisas i Tabell 8 nedan.

Tabell 8 Biogasproduktion vid fullständig anaerob nedbrytning av 1 kg organisk sub- stans¹²

	Specifik biogasproduktion
	Nm ³ /kg VS
Fett	1,25
Kolhydrater	0,79
Proteiner	0,70

Typiska värden på gasproduktionen vid rötning anges till exempel i en studie³ till ca 0,5-0,75 Nm³/kg tillsatt organiskt material motsvarande ett gasutbyte av 0,75-1,12 Nm³/kg nedbrutet organiskt material.

De jämförelsevis höga värdena från vissa av de utvärderade anläggningarna beror med största sannolikhet på osäkerheter i analyser av TS och framför allt VS (vilket

¹ Roediger, H. 1967. *Die anaerobe alkalische Schlammfäulung*. 3. Auflage, Schriftenreihe GWF Wasser – Abwasser, Heft 1. R Oldenburg Verlag, München 1967.

² Svensk Vatten. VAV P42. Feb.1981.

³ Metcalf & Eddy. 1979. *Wastewater Engineering – Treatment, Disposal, Reuse*. 2nd ed. McGraw-Hill, Boston 1979.

inte är ett ovanligt problem även vid slamrötning). Ofta rör det sig om osäkerheter vid provtagningen samt att man använt stickprov i stället för samlingsprov. Enligt certifieringsorganet SP förekommer dock ibland även analysfel när det gäller torrsubstanshalten.

Att utröttningsgraden kan bli mycket hög (och väsentligt högre än vid slamrötning) är dock inte förvånande. Fett bryts till exempel ofta ned så gott som helt och hållet vid rötning.

Det är alltså inte osannolikt att en driftstabil, optimerad anläggning skulle kunna uppnå i närheten av medelresultat för de flesta parametrarna i Tabell 7, naturligtvis under förutsättning att rätt substratblandning finns tillgänglig (gasutbytet är ju primärt avhängigt av substratsammansättningen) samt att en god nedbrytningsgrad erhålls.

De studerade anläggningarnas nyttjande av producerad biogas visas i nedanstående tabell:

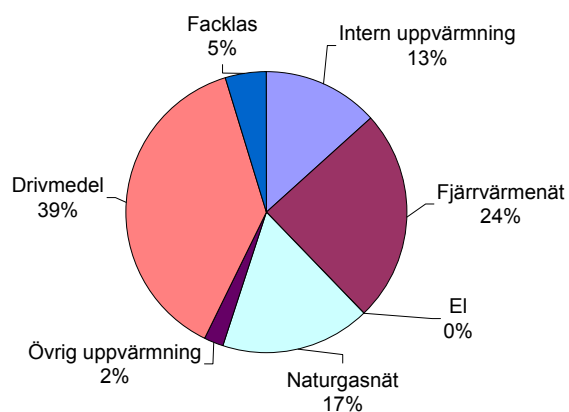
Tabell 9 Användning av biogas vid respektive anläggning

Biogasens användningsområden	D	E	G	H	I	J	K	F	M	N
Intern uppvärmning, %	9	54	10		12,5	18	28	40	77	50
Till avfallsleverantör, %										50*
Fjärrvärmenät, %	80	28	70							
Naturgasnät, %				97						
Drivmedel, %	10	14	20		87,5	41	50	60	23	
Fackling, %	1	4		3		41	22			

Maximalt externt utnyttjande av biogas kräver att biogas som nyttjas internt för uppvärmning av lokaler och process minimeras. Som framgår av Tabell 9 är andelen biogas som nyttjas internt i dagsläget relativt liten vid de flesta anläggningar. Det är ett rimligt antagande att denna andel vid en väl optimerad anläggning bör vara i storleksordningen ca 10 %.

De anläggningar som uppvisar högre andel har ofta haft olika problem med processen såsom 1) alltför låg TS-halt i inkommande substrat till rötkammaren vilket medfört ökade uppvärmningskostnader samtidigt som gasproduktionen varit lägre än normalt 2) försämrade verkningsgrad i värmeväxlare pga utfällningar på värmeöverföringsytor (hög salthalt i rötresten).

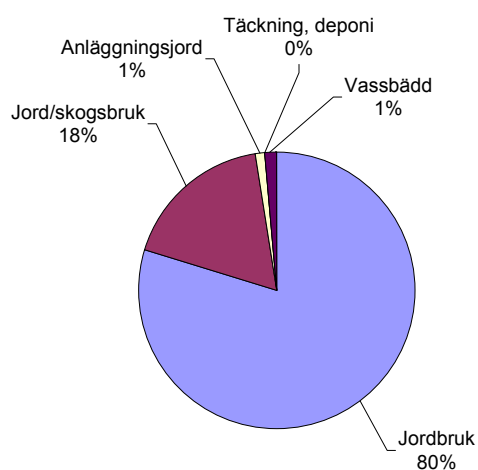
Figur 82 nedan redovisar den nuvarande fördelningen av användningen av den totala mängden biogas från de studerade röttningsanläggningarna. Flera anläggningar planerar att öka andelen biogas som går till drivmedelsproduktion.



Figur 82 Nuvarande fördelning av biogasanvändningen vid rötningsanläggningar. Totalt producerar de utvärderade anläggningarna ca 20 M Nm³ biogas/år.

2.3.4.3 RÖTREST

Totalt producerades ca 280 000 ton rötrest från anläggningarna, motsvarande ca 15 000 ton torrsubstans (dvs ca 5 % TS i medeltal). Rötrestanvändningen fördelar sig enligt följande.



Figur 83 Fördelning av rötrestanvändning, totalt ca 280 000 ton rötrest/år.

Huvuddelen av rötresten har således gått till jordbruk, se vidare kapitel 2.3.6.2 nedan.

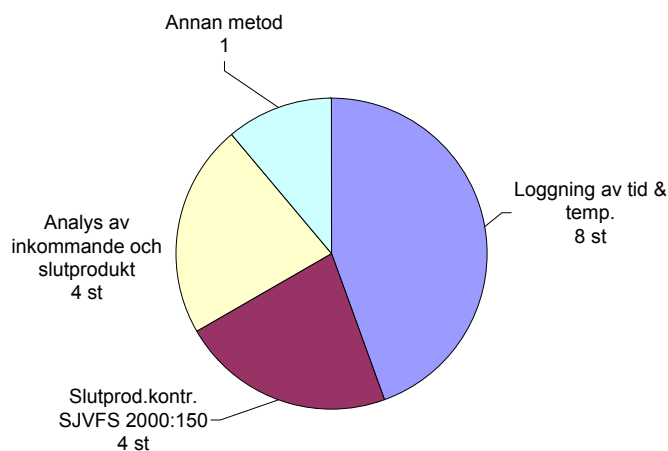
2.3.4.4 HYGIENISERING

Hygieniseringskraven verkar tillgodoses på ett tillfredsställande sätt vid huvuddelen av anläggningarna baserat på enkätsvaren. Med ett enda undantag anger samtliga undersökta anläggningar att pastörisering sker i separat tank, 70°C under 1 h.

En av de planerade anläggningarna avsåg ursprungligen att i stället för hygienisering i tank efterkompostera rötresten i minst 4 veckor. Dock överväger man nu att komplettera med ett hygieniseringssteg för att öka möjligheterna att ta emot olika avfalls-slag och komma upp i full kapacitet. En anläggning som är under intrimning hygieniserar inte hushållsavfallet, däremot övriga fraktioner.

6 anläggningar anger att verksamheten styrs av Jordbruksverkets föreskrifter om hantering av djurkadaver och annat animaliskt avfall⁴.

Processkonstrollen sker genom loggning av tid och temperatur vid samtliga 8 anläggningar som svarat. Av dessa anger 4 st att de har ytterligare produktkontroll enl SJVS och 3 av dessa 4 utför även parallella analyser på inkommande substrat och slutprodukt.



Figur 84 Kontroll av hygieniseringsprocessen, totalt 8 enkätsvar.

⁴ SJVFS 2003:58 (SJVFS 1998:34)

2.3.5 Kostnader

2.3.5.1 INVESTERING

Några fullständiga uppgifter kring anläggningsekonomi har inte erhållits. För att få en uppfattning om kostnadsläget för de olika typanläggningarna har investeringskostnaden per ton avfall respektive ton TS beräknats och redovisas i Tabell 10 nedan. Investeringskostnaderna som angivits är behäftade med en hel del osäkerheter när det gäller exakt vilka delar av anläggningen som inkluderats i angiven kostnad och motstridiga uppgifter har till viss del erhållits (se Bilaga 4, kapitel 4.4.1). Nedanstående beräkning baseras på *total investering* (förbehandling, rötning, lagring) och inkluderar maskin, bygg, el/styr etc) utifrån lämnade enkätsvar för de anläggningar där svaren bedömts som tillförlitliga/entydiga. Gasuppgradering, tankstationer, mm ingår ej i kostnaderna.

Tabell 10 *Investeringskostnader i relation till behandlad mängd avfall vid befintliga och planerade rötningsanläggningar*

		Nyckeltal		
		Min	Medel	Max
Investering per ton avfall, kr/ton	Typ R1 ¹⁾	850	1 280	1 600
	Typ R2, bef anl ²⁾		6 000	
	Typ R2, plan anl ³⁾	2 200	4 500	8 600
Investering per ton TS, kr/ton TS	Typ R1 ¹⁾	5 900	15 300	23 000
	Typ R2, bef anl ²⁾		20 500	
	Typ R2, plan. anl ³⁾	8 000	16 800	30 700

1) Baserat på data från 4 anl

2) Baserat på data från 1 befintlig anl

3) Baserat på data från 5 planerade anl: planerad investering samt dimensionerade mängder avfall. Andelen hushållsavfall varierar mellan 70-95 % i 4 av 5 anl, 1 anl. behandlar 30 % hushållsavfall.

Under förutsättning att samma mängd avfall tas emot vid anläggningen under hela dess livslängd (ca 15 år, baserat på maskininvesteringen), blir motsvarande nyckeltal i ett 15-årsperspektiv ca 60-110 kr/ton för R1- anläggningar och 150-570 kr/ton för R2-anläggningar.

Som väntat uppvisar Typ R2-anläggningar högre kostnader än R1, eftersom dessa anläggningar (med något undantag) är avsedda att behandla huvudsakligen hushållsavfall, vilket medför ökad investering för framför allt förbehandling.

Några anläggningar har besvarat frågor som relaterar till drift- och underhållskostnader. Trots det ringa antalet är svaren dock relativt samstämmiga och förefaller rimliga med hänsyn till anläggningarnas utformning. Utifrån svaren har nyckelvärden beräknats baserat på avfallsmängderna som behandlas. Nyckeltalen redovisas i Tabell 11 nedan.

Tabell 11 Nyckeltal för drift- och underhåll vid anläggningarna

Nyckeltal ²⁾	Anläggningstyp	Driftdata		
		Min	Medel	Max
Elförbrukning, kWh/ton avfall	Typ R1	20	23	28
	Typ R2	21	60	103
Elförbrukning, kWh/ton TS	Typ R1	182	200	237
	Typ R2	206 ¹⁾	260	346
Underhållskostnader, Tkr/år	Typ R1 och R2	250	1000	1500
Underhållskostnader, kr/ton avfall	Typ R1 och R2	10	50	140
Personal, antal dagtid ⁴⁾	Typ R1	2	3	8 ³⁾
	Typ R2	2	5	6
Personal, jour/beredskap ⁴⁾	Typ R1	1	-	5
	Typ R2	1	-	5

1) planerad anläggning, ej i drift

2) baserat på svar från 6 anläggningar, 3 av vardera typ

3) inkluderar jourpersonal

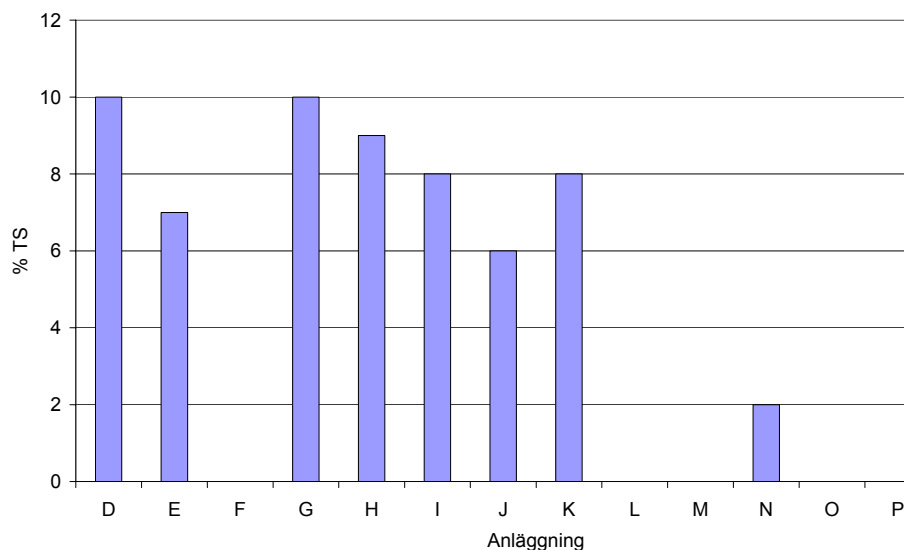
4) baserat på 9 svar

Jämför man Typ R1 och Typ R2-anläggningar ser man som väntat en lägre elförbrukning mätt per ton inkommande avfall eftersom Typ R2-anläggningar kräver mer elintensiv förbehandling på plats. En av Typ R2-anläggningarna har dock elförbrukning i samma storleksordning som Typ R1.

Görs jämförelsen med avseende på torrsubstanshalt blir skillnaden betydligt mindre. En förklaring till Typ R1-anläggningarnas kanske något överraskande höga elförbrukning är att de generellt sett är utformade med många stora tankar för homogenisering, sedimentering och blandning. Dessa tankar är utrustade med stora omrörare som går i 24 h-drift, vilket ger upphov till den relativt höga elförbrukningen för dessa anläggningar. Vissa av anläggningarna tar även emot en hel del material med litet större partikelstorlek vilket kräver ett högre eleffektuttag från omrörarna för att hålla massan i suspension. För den här typen av anläggningar kan det löna sig att se till att materialet är mycket finmalet med låg viskositet för att minska elförbrukningen.

I sammanhanget bör noteras att en hög installerad effekt inte nödvändigtvis innebär en högre elförbrukning eftersom drifttiderna är avgörande. Medeleffektuttaget mätt över en längre tidsperiod krävs för att kunna göra rättvisa jämförelser.

Värmeeffektförbrukningen beror av främst på inkommande TS-halt och värmeåtervinningsgrad. TS-halten varierar mellan ca 6 och 10 % i de flesta anläggningar, se Figur 85 nedan. De lägre värdena beror i fallet N på felaktig funktion (under intrimning) och i några fall på att anläggningen inte går vid full belastning (E, K).



Figur 85 TS-halt i inkommande substrat till rötkammaren i befintliga utvärderade anläggningar

En ökning av TS-halten med någon procentenhet får stora positiva effekter i form av besparingar av värmeenergi, eftersom samma mängd torrsbstans behandlas medan betydligt mindre volym vätska behöver värmas upp. Man bör därför eftersträva att ha så höga TS-halter som praktiskt möjligt i systemen. System för höga TS-halter är mer energieffektiva men kräver omsorgsfull utformning av systemen vad gäller maskinell utrustning (pumpar, värmepumpar, etc) för att uppnå rätt funktion.

Återvinning av värmeenergi via utgående rötrest sker vid samtliga anläggningar. Vanligast är 25-30 % värmeåtervinning (5 st) men upp till 50 % anges (2 st). Med konventionell teknik bör normalt sett ca 40-50 % kunna återvinnas, vilket innebär att befintliga anläggningar med lägre värmeåtervinningsgrad kan bli något effektivare har möjlighet att effektivisera anläggningen. Utfällningar och avlagringar i värmepumpar pga höga salthalter och/eller hårt vatten kan dock vara ett hinder, vilket två av anläggningarna anger.

Genom övergång till värmepumpsteknik i stället för konventionella värmepumpar kan i princip all värme återvinnas. Denna teknik kräver en viss mängd elenergi, men kan vara lönsam i fall försäljningspriset för biogasen är tillräckligt högt.

2.3.6 Miljöpåverkan

Miljöpåverkan i form av nyttigheter från anläggningen består huvudsakligen i produktion av förnyelsebart bränsle och näringsrik biogödsel (rötrest). Bedömning av miljöpåverkan från anläggningarna behandlas utförligt i Bilaga 3. I detta avsnitt redogörs i korthet för de tekniska faktorer som inverkar på miljöpåverkan, såsom anläggningsutformning och processförhållanden vid anläggningen

Tänkbara negativ miljöpåverkan är huvudsakligen följande:

- Lukt och buller (se ovan)
- Utsläpp till vatten
- Utsläpp till luft

Storleken på utsläpp till luft och vatten är helt avhängigt av anläggningens utformning, drift och funktion. Det som framför allt påverkar är:

- Hantering av spol- och processvatten (framför allt kväve)
- Hantering av rötrest (metanavgång till luft)
- Rötrestens kvalitet (ev spridning av tungmetaller)

2.3.6.1 HANTERING AV SPOL- OCH PROCESSVATTEN

Process- och spolvatten omhändertas vid samtliga anläggningar på något av följande sätt:

- leds tillbaka till processen
- leds till externt avloppsreningsverk för behandling
- leds till eget reningsverk för behandling

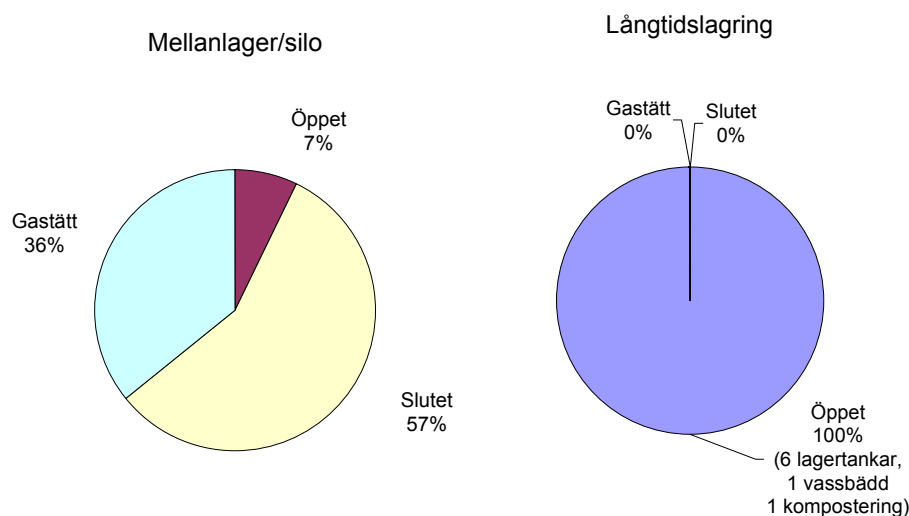
Påverkan genom utsläpp till vatten bedöms därmed som marginell.

Rejektvattenhanteringen vid de tre anläggningar som avvattnar rötresten fungerar i dagsläget mindre väl. Arbete pågår med att lösa de tekniska problem som uppstått. Allt rejektvatten samlas upp under tiden.

2.3.6.2 HANTERING AV RÖTREST

Negativ påverkan av utsläpp till luft utgörs huvudsakligen av metanavgång från rötresten. Några mätningar av metanförlusterna eller andra emissioner till luft har inte genomförts vid anläggningarna. Metanförlusterna vid anläggningen kan minimeras genom en rad åtgärder vid anläggningen. Utformningen av lager för rötresten är av stor betydelse i det här sammanhanget.

Figur 86 visar hur mellanlagring respektive långtidslagring sker vid de undersökta anläggningarna.



Figur 86 Lagring av rötrest, totalt 9 resp 8 enkätsvar. Siffrorna anger andel av den totalt producerad rötrestmängd.

Vid 4 av de 9 anläggningarna lagras idag rötresten gasttätt och 1 anläggning är under ombyggnation till gasttätt. Biogas som bildas vid mellanlagringen leds vid dessa anläggningar till gaslager tillsammans med övrig biogas. Från över hälften av befintliga anläggningar sker således i praktiken inga eller helt marginella metanförluster till luft.

3 anläggningar har slutna men ej gasttäta mellanlager. Biogas som bildas i dessa lager ventileras till omgivande luft. Några mätningar av gasförlusterna har inte genomförts vid någon av anläggningarna. Bland annat danska studier har tidigare visat på förluster i storleksordningen 1-5 % av total biogasproduktion. Det är dock svårt att med någon säkerhet avgöra förlusternas storlek baserat på dessa studier.

Förlusterna beror på flera faktorer, bland annat hur utrötat materialet är när det kommer till lagret. I ett väl utrötat material sker metanavgången långsammare. Även rötrestens temperatur har stor betydelse. En väl kyld rötrest ger en väsentligt lägre metanavgång. Slutlig rötresttemperatur har samband med värmeåtervinningen. De flesta anläggningar anger att de återvinner omkring 25-30 % av värmen från utgående rötrest. Denna andel bör kunna ökas i många fall till omkring 40-50 % med konventionell värmeväxlare. Med ny teknik kan i princip all värme återvinnas och rötresten kylas mycket långt. Utfällning av olika salter på värmeöverföringsytorna begränsar i många fall värmeåtervinningen.

Lagringstiden fram till slutanvändning är naturligtvis också helt avgörande för den totala mängden metan som hinner avgå till luft. Anläggningsägare har dock ingen kontroll över denna tid utan detta avgörs av slutanvändaren.

Långtidslagring sker i samtliga fall i öppna system vid befintliga anläggningar. Den är delen är svårare att åtgärda på flera sätt och sannolikt den större utmaningen av de två lagringsdelarna. Ofta krävs stora lagringsvolymmer där rötresten kan komma att ligga under lång tid i väntan på användning i jordbruket under gödslingsperioderna. Det finns inga uppgifter om exakta tider, men vid intervjuerna har framgått att tiden från rötrestproduktion till slutanvändande varierar högst oregelbundet.

Genom att volymerna som krävs för lagring är stora blir kostnaden för gastäta lager mycket hög. Dessutom är avståndet till gaslager ofta mycket långt (långtidslager för rötrest är av praktiska skäl lokaliserade närmare lantbrukaren/användaren) vilket försvårar och fördyrar uppsamling av gas. För att kunna samla upp och utnyttja biogas från långtidslager krävs att lagren är gastäta (dvs, i detta avseende utformade som rötkammare), vilket medför mycket höga kostnader.

I det fall rötresten myllas ned direkt vid användning minskar utsläppen. Enligt uppgift sprids rötresten på åkermark i de flesta fall utan direkt nedmyllning.

Rötrestens innehåll av näringsämnen och tungmetaller framgår av Tabell 12 nedan, där analysdata från två Typ R1-anläggningar redovisas.

Tabell 12 Närings- och tungmetallinnehåll i rötrest från två av de utvärderade rötningsanläggningarna (2003)

			Gränsv. enl. SPCR 120
NH4-N (% av TS)	8,3	7	
Tot N (% av TS)	11	10,5	
P (% av TS)	1,8	1,2	
Al (mg/kg TS)	18000	444	
Ca (mg/kg TS)	13000	19000	
K (mg/kg TS)	17000	40000	
Mg (% av TS)	0,25	5	
Na (% av TS)	1,6	-	
S (mg/kg TS)	14	6	
Pb (mg/kg TS)	3	3	100
Cd (mg/kg TS)	<0,2	0,27	1
Cu (mg/kg TS)	53	116	600
Cr (mg/kg TS)	14	13	100
Ni (mg/kg TS)	13	12	50
Zn (mg/kg TS)	425	271	800
Hg (mg/kg TS)	0,03	<0,1	1
Nonylfenol (mg/kg TS)	3,8	1,3	
PCB (mg/kg TS)	<0,03	<0,02	
PAH (mg/kg TS)	0,6	<0,5	
Silver (mg/kg TS)	<1,0		
Toluen		1,1	

Enligt certifieringsorganet SP är analysresultaten från de certifierade anläggningarna med avseende på tungmetaller mycket lika, varför ovanstående värden sannolikt kan anses som representativa. Kvaliteten på rötresten är således mycket god och som framgår av tabellen ligger tungmetallhalterna långt under gällande gränsvärden i SPCR 120⁵. Enskilda anläggningar som rötar mycket gödsel kan ha tillfälliga förhöjda problem med zink och koppar, vilket har med djurhållningen att göra.

För att rötning ska kunna utgöra fullständig kretsloppslösning mellan stad och land måste rötrestens näringsinnehåll föras tillbaka till åkermark. Enkätsvaren visar att Typ R1-anläggningarna varit mycket framgångsrika när det gäller att få avsättning för rötresten till jordbruket, vilket framgår av Tabell 13 nedan.

Tabell 13 *Behandling och avsättning av rötrest vid befintliga och planerade anläggningar*

Anläggningstyp	Anläggning	Rötrestbeh. före borttransport	Avsättning
Typ R1	D, E, G, H, K ¹⁾	Ingen	Jordbruk
Typ R1	I	Ingen	Jord/skogsbruk
Typ R2	J	Avvattning	Täckning, deponi
Typ R2	M, N	Avvattning	Jordtillverkning
Typ R2	Q	Avvattning	Jordbruk
Typ R3	F	Avvattning	Anläggningsjord

1) Anläggning K är en Typ 2-anläggning, men tar ännu inte emot hushållsavfall.

Samtliga dessa har också ett nära ett samarbete med lantbrukare i anläggningens närhet. 6 av 7 befintliga anläggningar som avsätter rötresten till jordbruket är certifierade eller planerar certifiering enligt RVFs certifieringssystem som inkluderar regelverket SPCR 120 för att säkerställa rötrestkvalitet.

Tabell 14 *Certifiering av anläggningar*

Anläggning	Certifieringsmetod	Status vid svarsdatum
D, E, I, K, G	SPCR 120	Infört
H, J	SPCR 120	Planeras
N		Cert. saknas
F, L, M, O, P, Q		Uppgift saknas

Det är alltför tidigt att bedöma Typ R2- och R3-anläggningarna i detta hänseende eftersom de varit i drift alltför kort tid. Dock kan konstateras att inte vid någon av dessa anläggningar går i dagsläget rötresten till jordbruket utan används som täckmaterial eller tillverkning av anläggningsjord. Vid den anläggning som hanterar stora mängder hushållsavfall har man haft problem med alltför mycket plastrester i den torra delen av den avvattnade rötresten, varför denna använts till deponitäckning.

⁵ Sveriges Provnings och forskningsinstitut. *Certifieringsregler för biogödsel, SPCR 120*. Nov 2004.

Rapporter från RVF 2005

- 2005:01** Vägledning för klassificering av förbränningsrester enligt Avfallsförordningen
- 2005:02** Avfall blir värme och el. En rapport om avfallsförbränning
- 2005:03** IT-verktyg för kundservice, entreprenörsuppföljning och fakturering
- 2005:04** Effektivitet av fordonsdesinfektion för transport av biogödsel
- 2005:05** Trender och variationer i hushållsavfallets sammansättning
Plockanalys av hushållens säck- och kärlavfall i sju svenska kommuner
- 2005:06** Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall
En rapport från BUS-projektet