

Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon



Förstudie om biogas för fordon på Arlanda flygplats och i Sigtuna kommun

610324

ISSN 1651-5501

Projektet delfinansieras av Energimyndigheten

JTI
Uppdragsrapport

Förstudie om produktion av biogas vid Arlanda flygplats och i Sigtuna kommun

Ett projekt utfört på uppdrag av

Luffartsverket
och
Sigtuna kommun

(SA 2004-1786-059)

Mats Edström
Nils Hannerz
Åke Nordberg

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2004**

Uppdragsgivaren har rätt att fritt förfoga över materialet.

Tryck: JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala 2004

Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning	7
Summary.....	9
Bakgrund	10
Arbetsgång vid dimensionering av en biogasanläggning.....	11
Substratgenomgång.....	12
Avisningsglykol, Arlanda	12
Använd glykol	13
A-glykol.....	13
B-glykol.....	14
Årstidsvariationer av glykol.....	15
Latrin	16
Matavfall.....	17
Matavfall hushåll	17
Fettavskiljare.....	18
Resturangavfall	18
Sammanställning innehåll i matavfall	18
Föreslagna anläggningar	19
Grundförutsättningar	19
Biogasanläggningens olika delar	20
Förbehandling vid rötning av avfall	21
Rötning	22
Gasuppgradering och tankning.....	23
Alternativ med rötning av glykol och avfall.....	24
Alternativ 1	24
Alternativ 4	25
Alternativ med enbart rötning av avfall.....	26
Alternativ 2	26
Alternativ 3	27
Processvärmebehov.....	28
Kvalitet på rötrest.....	28
Biogödsel.....	29
Tungmetaller	29
Rötrest från anläggningar	30
Bedömning av rötresten.....	31

Tillståndsprocess och gassäkerhet	31
Gassäkerhet	32
Lokalisering	32
Ekonomi	34
Investeringsbehov	34
Intäkter och kostnader	35
Driftskostnader	36
Ekonomiskt resultat för anläggning	36
Miljövinst	38
Beräkning av transportförändring	38
Beräkning av miljövinst från biogas	39
Sammanlagd miljövinst	39
Tidigare erfarenheter	40
Rötning av glykol	40
Rötning av matavfall	40
Investeringsbehovet för danska och svenska biogasanläggningar	41
Jämförelse med tidigare utredning	42
Diskussion	43
Bedömning av producerad gas såsom biogas	43
Rötning av glykol	43
Alternativ 3	44
Rötrestkvalitet	44
Osäkerhet i beräknad gasproduktion	45
Gasanvändning	45
Slutsatser och rekommendation	45
Referenser	48
Personliga meddelanden	49
Information på Webbplats	49
Bilagor	49

Förord

Luftfartsverket och Sigtuna kommun har givit JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik i uppdrag att undersöka förutsättningarna för att etablera en biogas-anläggning för behandling av avsningsglykol från Arlanda och hushållsavfall från Sigtuna kommun. Uppdraget omfattar framför allt bedömning av mängd och kvalitet på ingående substrat samt utformning av rötningsanläggningen. Arbetet påbörjades i oktober och avslutas i december 2004.

Studien har finansierats av Luftfartsverket, Sigtuna kommun och Statens Energi-myndighet via Svenska Biogasföreningen i samverkansprojektet ”Biogas i fordon”. Arbetet har utförts av Mats Edström och Nils Hannerz. Åke Nordberg har fungerat som projektledare.

Uppsala i december 2004

Lennart Nelson

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

Syftet med förstudien var att undersöka förutsättningarna för att röta aviseringsglykol från Arlanda och hushållsavfall från Sigtuna kommun och konvertera biogasen till drivmedelkvalitet till fordon. Uppdraget har finansierats av Statens Energimyndighet, Luftfartsverket och Sigtuna kommun.

Förstudien har bestått i att utreda och jämföra fyra olika alternativa biogassystem, för att därmed få ett bättre beslutsunderlag inför framtiden. De faktorer som studerats har varit substrattillgång och -kvalitet, processteknik, energiflöden, kvalitet på biogödsel, säkerhetsfrågor samt miljömässiga och ekonomiska konsekvenser.

De fyra alternativen har varit följande:

1. Samrötning av glykol, slam från fettavskiljare, latrin från flygplanstoletter, köks- och restaurangavfall samt hushållsavfall från Arlanda och Sigtuna.
2. Rötning av slam från fettavskiljare, latrin från flygplanstoletter, köks- och restaurangavfall samt hushållsavfall från Arlanda och Sigtuna.
3. Rötning av en tre gånger större mängd avfall än i alternativ 2 och med samma sammansättning, för att förbättra de ekonomiska förutsättningarna.
4. Rötning av glykol och avfall var för sig.

De rötade mängderna substrat för de fyra olika alternativen redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Rötade substrat för de 4 olika studerade alternativen. Alternativ 4 har delats upp i dels den anläggning som rötar avfall (Alt 4a-avfall), dels i den anläggning som rötar glykol (Alt 4b-glykol).

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4a-avfall	Alt 4b-glykol
	ton/år	ton/år	ton/år	ton/år	ton/år
Fettavskiljare, Sigtuna & Arlanda	476	476	1428	476	-
Hushållsavfall, Sigtuna	2520	2520	7560	2520	-
Restaurang och handel, Sigtuna	600	600	1800	600	-
Restaurang, Arlanda	220	220	660	220	-
Latrin, Arlanda	1564	1564	4692	1564	-
A-Glykol	5350	-	-	-	5350
B-Glykol	106000	-	-	-	106000
Spädvatten	-	4173	-	4173	-
SUMMA	116730	9553	16140	9553	111350

Av de substrat som har ingått i studien görs bedömningen att latrinet från flygplanstoletterna ej är lämpligt för rötning beroende på tillsatsen av kemikalier för att hämma biologisk aktivitet och hindra luktbildning. Dessa kemikalier kommer troligtvis att påverka röttningsprocessen negativt. Det skulle ej heller för närvarande gå att certifiera någon av de rötresterna som erhålls vid de 4 alternativen eftersom varken glykol eller latrin är godkända substrat enligt certifieringssystemet för biogödsel.

En beräkningsmodell har använts för att beräkna material- och energiflöden vid rötning och redovisa ett exempel på det ekonomiska utfallet för de fyra olika alternativen. Syftet har varit att ange storleksordningar på de olika delkostnaderna och intäkterna som ett underlag för vidare diskussioner.

I tabell 2 sammanfattas några för alternativen centrala parametrar, där de två separata röttningsanläggningarna i alternativ 4 redovisas dels var för sig, dels summan av de båda. Beräkningarna är baserade på antagandet att rötning sker i Brista i alla fall utom Alt 4a-glykol då rötningen sker på Arlanda. Tankning sker på Arlanda.

Tabell 2. Några centrala parametrar för de studerade alternativen.

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 4a- avfall	Alt 4b- glykol	Enhet
Biogasproduktion	8,0	3,6	10,8	8,0	3,6	4,4	GWh/år
Rötkammar- volym	13200	1000	3000	-	1000	500	m ³ (totalvolym)
Rötrestmängd	115000	8900	26700	8900	8900	-	ton/år
Total investering	128	56	77	77	50	27	M kr
Gaspris	1,86	1,99	0,61	1,08	1,72	0,57	kr/kWh
Förändring i CO ₂	-1120	-803	-2378	-1881	-803	-1079	ton/år
Förändring i NO _x	-6	-6	-17	-14	-6	-8	ton/år
Tillförsel av N/P	23/4,4	-	-	27/5	-	27/5	ton/år
Tillförsel av NaOH	112	-	-	214	-	214	ton/år

Även glykolen innehåller tillsatser som kan hämma röttningsprocesser. Försöksrötningar genomförda i USA visar dock på att stabila processer kan erhållas på enbart flygglykol. Flygglykol saknar dock många för mikroorganismer viktiga byggstenar för tillväxt, som oftast förekommer i överskott vid rötning av avfall. I alternativet 4b-glykol rötas enbart glykol och i alternativ 1 är glykolen ett dominerande substrat vilket bedöms leda till att framför allt kväve, fosfor och pH-höjande lut behöver tillföras för att erhålla en stabil och väl fungerande process ur biologisk synvinkel. Det kan även vara aktuellt att tillföra andra makro- och mikronäringsämnen. Vidare är användningen av glykol ojämn under året, varför glykol måste lagras för en jämn gasproduktion.

De energimängder som kan utvinnas vid de fyra studerade alternativen varierar mellan 3,6 och 10,8 GWh/år, vilket ur gasproduktionssynpunkt är att betrakta som relativt liten till mycket liten mängd jämfört mot de befintliga avfallsbaserade biogasanläggningarna i Sverige. Konsekvensen av detta är att både kapital och driftkostnaderna blir höga för de studerade alternativen och detta gäller framför allt alternativ 2 och alternativ 4a-avfall vilket leder fram till ett mycket högt gaspris för att balansera intäkterna mot kostnaderna. Alternativ 1 får också ett mycket högt gaspris, men i detta fall beror det på att den stora mängden energifattig B-glykol ej lämpar sig för samrötning tillsammans med avfallen. Detta leder till stora anläggningsinvesteringar pga. stora tankvolymerna i biogasanläggningen och mycket höga hanteringskostnader för den producerade rötresten. Trots att biogasproduktionen är lika stor i alternativ 1 och 4, kommer miljövinster att vara

betydligt mindre i alternativ 1 än i alternativ 4 vad det gäller utsläpp av CO₂ och NO_x, beroende på det stora transportbehovet i alternativ 1.

Utgående från resultaten från förstudien rekommenderas Sigtuna kommun och Luftfartsverket att fortsätta undersöka förutsättningarna för en kombination av alternativ 3 och alternativ 4b-glykol. Denna kombination skulle ge en gasproduktion på 15 GWh/år, vilket bedöms ge goda förutsättningar för att kunna producera biogas av drivmedelkvalitet till konkurrenskraftigt pris jämfört mot fossilbaserade drivmedel. En fortsatt undersökning skulle kunna utgöras av att ta kontakter med grannkommuner och entreprenörer för att undersöka om avfallsunderlaget för rötning kan utökas, genomföra flera analyser framför allt på den uppsamlade glykolen, hämta hem kunskap från en befintlig glykolrötningsanläggning på Albany International Airport i New York samt genomföra rötningsförsök i laboratorieskala med glykol för att studera behovet av tillsatsämnen, processtabilitet och skaffa dimensioneringsunderlag innan en mer detaljerad projektering genomförs.

Inom ramen för föreliggande rapport har det inte funnits möjlighet till någon känslighetsanalys med avseende på förändringar av olika variabler. Detta är dock möjligt att göra som ett uppföljningsprojekt efter att projektgruppen diskuterat vilka variabler som bör justeras.

Summary

During the winter season propylene glycol is used for removing ice from aircrafts at Stockholm-Arlanda airport (located in the municipality of Sigtuna). After de-icing the propylene glycol is collected and treated in a municipality wastewater plant. The Swedish Civil Aviation Administration (LFV) is collaborating with the Municipality of Sigtuna in order to find sustainable solutions to reduce greenhouse gases, such as carbon dioxide and nitrous oxides. One option is to produce biogas from spent de-icing fluid and organic waste and subsequently upgrade the gas to vehicle fuel quality. Biogas is free from tax (excluding VAT) in Sweden.

The objective with this pre-study was to investigate the feasibility of anaerobic digestions of available de-icing fluid (111 300 tonnes/year) and organic waste (5 400 tonnes/year). The origin of the organic waste is from the municipality of Sigtuna, i.e. mainly source sorted municipal solid waste from households, restaurants, institutional kitchens and food distributors. In addition, kitchen waste from restaurants at Arlanda airport and black water from the airplane toilets is considered.

Four different scenarios were investigated:

Alternative 1: co-digestion of de-icing fluids and the total available organic waste in a completely stirred tank reactor (CSTR)

Alternative 2: digestion of the available organic waste in a CSTR

Alternative 3: digestion of 3 times the amount of available organic waste in a CSTR

Alternative 4: separately digestion of the available organic waste in a CSTR-reactor (named "alternativ 4a-avfall" in the report) and de-icing fluid in a fluidised bed reactor (named "alternativ 4b-glykol" in the report)

The results showed that the total available spent de-icing fluid and organic waste had a biogas potential corresponding to ca 8 GWh/year. Since de-icing fluid is used only during the winter season it will be necessary to store at least 4 000 m³ in order to achieve an even distributed gas production over the year.

Alternative 1 and 2 was unfavourable due to high production costs for the biogas. This was also the case for the sub-alternative with only organic waste digestion in alternative 4. The study also pointed out that alternative 3 had the potential for producing biogas as vehicle fuel, at the price of 0,067 Euro/kWh (excluding VAT), which is competitive to fossil vehicle fuels for Swedish conditions. The sub-alternative in alternative 4 with separately treatment of the de-icing fluid could also produce biogas as vehicle fuel to the same cost as in alternative 3. The study also indicated that an optimal solution appears to combine alternative 3 with the sub-alternative of separately treatment of de-icing fluid in a fluidised bed.

Based on changed transports and the replacement of fossil fuels (diesel) it would be possible to reduce up to 1881 tonnes of CO₂ and 14 tonnes of NO_x in alternative 3 if produced biogas is used in busses.

Financial support was provided by the Swedish Energy Agency, the Swedish Civil Aviation Administration and the Municipality of Sigtuna.

Bakgrund

Luftfartsverket-Arlanda och Sigtuna kommun samarbetar kring åtgärder för att minska utsläppen av klimatpåverkande gaser från markbundna transporter vid Arlanda och lokalt i Sigtuna kommun. För Arlanda flygplats och dess framtida utveckling är det viktigt att arbeta långsiktigt för att minska utsläppen till luft. Arlanda flygplats har en utsläppsgräns, som är villkor 1 i Arlandas tillstånd enligt Naturresurslagen. Detta innebär att utsläppen av koldioxid och kväveoxider från flygplatsverksamheten senast 10 år efter att bana 3 färdigställts (2011) inte får överstiga 1990 års nivå. I detta tak ingår även utsläpp från marktransporter. Vidare utgör transporterna den mest betydande delen av utsläppen av klimatpåverkande gaser i Sigtuna kommun.

En åtgärd som Luftfartsverket och Sigtuna kommun genomfört är att tillhandahålla tankning av biogas på Arlanda samt att undersöka förutsättningarna för produktion av biogas med det organiska avfall och den avsningsglykol som uppstår i verksamheten. Tankstation för gas uppförs nu av Statoil på Arlandaområdet.

Luftfartsverket har för Arlanda flygplats tidigare undersökt möjligheterna att producera biogas ur den avsningsvätska som används vintertid. Bland annat inventerade Sweco VBB Virak år 2000 förutsättningar, substrattillgång och tillämpliga tekniker i rapporten "Alternativ Behandling av glykol och andra avfallssubstrat för biogasproduktion".

För att vidare utreda förutsättningarna för biogasproduktion där gasen används som drivmedel för fordon upphandlades i augusti 2004 en förstudie, SA 2004-1786-059. Målet med förstudien är att utreda och jämföra fyra olika alternativ för att därmed få ett bättre beslutsunderlag inför framtiden. De faktorer som studerats

har varit substrattillgång och -kvalitet, teknisk dimensionering, kvalitet på rötrest, säkerhetsfrågor samt miljömässiga och ekonomiska konsekvenser.

Denna rapport utgör den skriftliga redovisningen av förstudien.

Studien behandlar fyra olika alternativa avfallsblandningar för rötning. Alternativen är följande:

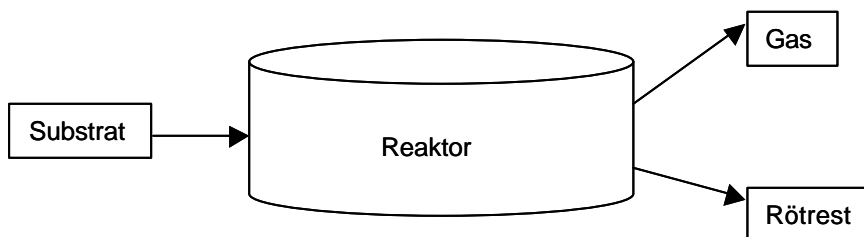
1. Rötning av glykol, slam från fettavskiljare, latrin från flygplanstoletter, köks- och restaurangavfall från Arlanda tillsammans med Sigtuna kommuns hushållsavfall.
2. Rötning av slam från fettavskiljare, latrin från flygplanstoletter, köks- och restaurangavfall från Arlanda tillsammans med Sigtunas kommuns hushållsavfall.
3. Rötning av en tre gånger större mängd avfall än i alternativ 2 och med samma sammansättning, för att förbättra de ekonomiska förutsättningarna.
4. Rötning av glykol och avfall var för sig.

I samtliga alternativ ingår även uppgradering av biogasen till drivmedelskvalitet.

Arbetsgång vid dimensionering av en biogasanläggning

Biogas är den gas som bildas vid anaerob biologisk nedbrytning av organiskt material. Gasen, metangas, kan efter produktion användas för värmeproduktion, el-produktion eller som fordonsgas.

Processen bygger kortfattat på att organiskt material (i fortsättningen kallat *substrat*) kontinuerligt matas in i en röt-kammare (biogasreaktor). I reaktorn bryts det organiska materialet ned till gas och en restprodukt kallad rötrest. Gas används därefter som energikälla och rötresten kan pga. sitt näringsinnehåll användas som ett organiskt gödselmedel (s.k. biogödsel).



Figur 1. Schematisk bild av biogasreaktor.

För att uppföra en biogasanläggning är det viktigt att ha god kännedom om de verksamheter som kan leverera stora mängder organiskt avfall och restprodukter till rötning samt för vilka restprodukter som en anläggning kan erbjuda konkurrenskraftiga hanteringssystem och avgifter. Dimensionering och design av en biogasanläggning kräver att varje processteg planeras och att ett lämpligt val av teknik sker. Vidare måste miljömässiga och ekonomiska förutsättningar vara klargjorda.

Följande steg måste beaktas vid dimensionering:

1. **Substrat.** Typer, mängder, tidpunkter för leverans, näringsinnehåll, innehåll av tungmetaller och andra miljöstörande ämnen, innehåll av organiskt material
2. **Reaktor.** Typ av teknik, storlek, dygns belastning totalt och av organiskt material, lokalisering.
3. **Gas.** Producerad mängd, kvalitet, konsumtionsbehov, lagringsbehov, hantering och leverans, eventuell uppgradering till fordonsgas.
4. **Rötrestart.** Mängd, kvalitet, näringsinnehåll, innehåll av tungmetaller och andra miljöstörande ämnen, omhändertagning, avsättningsyta vid spridning som slam eller biogödsel.

Övergripande faktorer. Anläggningens övergripande ekonomi inkluderande intäkter och kostnader. Miljömässig konsekvens inkluderande påverkan på transporter etc.

Substratgenomgång

Projektgruppen har tillsammans med kontaktpersoner för Luftfartsverket och Sigtuna kommun inventerat möjliga substrat.

Möjliga substrat för användning från Arlanda är:

- **glykol för avisning**
- **latrin från flygplanstoletter**
- **restaurang och storköksavfall.**

Möjliga substrat för användning från Sigtuna kommun är:

- **matavfall från hushåll**
- **avfall från fettavskiljare**
- **avfall från restaurang och storhushåll.**

Beräkningarna följer i möjligaste mån ett medelvärde av mätningar från de senaste tre åren. För jämförelse används också ett minimi- och ett maximivärde. I de fall denna princip inte har följts anges detta och motiveras.

Avisningsglykol, Arlanda

Arlanda flygplats använder glykol för avisning av flygplan vid kall väderlek. Glykol och varmt vatten blandas och sprutas på flygplanskroppen. Glykolen består av propylenglykol med olika tillsatser beroende på användningsområde. Två typer används:

Typ 1 är tunnflytande och innehåller utöver propylenglykol vatten, inhibitorer, färgämnen och skumdämpare. Inköpt Typ 1 glykol är av märket Kilfrost DF PLUS (80).

Typ 2 är en tjockflytande vätska som blir tunnflytande vid hög fartvind till följd av variabel viskositet. Typ 2 glykolen är av märket Kilfrost ABC-2000 och innehåller utöver propylenglykol vatten, inhibitorer, färgämnen och tensider.

Användningen av avisningsglykol beror på antalet flygstarter och väderlek. Efter som användningen sker under vinterhalvåret redovisas data för varje vintersäsong (normalt oktober till maj). Total användning av avisningsglykol under de senaste 3 åren redovisas i tabell 3.

Tabell 3. Användning av avisningsmedel under perioden 2001-2004.

År	Typ 1 ton 100% glykol	Typ 2 ton 100% glykol	Total ton 100% glykol	
2003/2004	1545	229	1774	Glykolrapport 2003/2004
2002/2003	1740	282	2022	Glykolrapport 2002/2003
2001/2002	1451	235	1686*	Glykolrapport 2001/2002
Min	1451	229	1686	
Max	1740	282	2022	
Medel	1579	249	1827	

*En mindre mängd (0,2 ton) typ 4 glykol ingår också. Typ 4 används inte längre.

Använd glykol

Efter sprutning av flygplan sugs överskottet av glykol upp av en sugbil. Den uppsugna vätskan har hög glykolhalt och benämns A-glykol. A-glykolen har därefter tidigare körts till Käppala reningsverk för behandling, men under säsongen 2004-2005 testas även att leverera det via spillvattennätet. Av resterande glykol rinner en del ner i ett särskilt uppsamlingssystem för glykolrester och en del försvinner på andra sätt. Glykol som samlats i uppsamlingssystemet benämns B-glykol och har en betydligt lägre koncentration.

A-glykol

Mängden A-glykol har de tre senaste säsongerna varit 5487 ton (2001/2002), 5331 ton (2002/2003) och 5233 ton (2003/2004). Medelvärdet är 5350 ton per år, se tabell 4.

Koncentrationen av COD i A-glykolen har beräknats utifrån analysdata. Dessa data varierar kraftigt och därför används för beräkningarna ett medianvärde. Medianvärdet är 150 kg COD per m³ (minimum 35 kg COD per m³ samt maximum 260 kg COD per m³), se tabell 4.

Tabell 4. Minimi- och maximivärde för uppsamlad A-glykol under perioden 2001-2004.

Egenskap	Enhet	Min	Max	Beräkningsvärde*
Mängd	ton/år	5233	5487	5350
COD-halt	kg/m ³	35	260	150
Mängd COD	ton/år	183	1427	803

* används i de fortsatta beräkningarna. Mängden är medelvärde från perioden 2001-2004. Koncentrationen är ett medianvärde på genomförda analyser.

Medianvärdet för innehåll av växtnäring och tungmetaller i A-glykolen har beräknats utifrån LFVs analyser, se tabell 5.

Tabell 5. Medianvärdet för A-glykolens innehåll av växtnäring och tungmetaller.

Egenskap	Enhet	Medianvärde
Tot-N	mg/l	0,63
Tot-P	mg/l	31
Pb	µg/l	16
Cd	µg/l	15
Cu	µg/l	240
Tot-Cr	µg/l	54
Hg	max (<)	µg/l 0,25
Ni	µg/l	16
Ag	max (<)	µg/l 1
Zi	µg/l	880

B-glykol

Mängden B-glykol är 74 166 m³ för säsongen 2002/2003 med ett COD-innehåll på 464 ton (LFV, 2003). För 2001/2002 var mängden i B-glykol 149 100 m³ med ett COD-innehåll på 687 ton och för 2000/2001 var mängden B-glykol 95 200 m³ med ett COD-innehåll på 449 ton, se tabell 6.

B-glykolen samlas upp i en damm och transporteras därefter i spillvattensystemet till Käppala reningsverk.

Tabell 6. Minimi- och maximivärde för uppsamlad B-glykol under perioden 2000-2003. Beräkningsvärdet utgörs av medelvärde från perioden 2000-2003.

Egenskap	Enhet	Min	Max	Beräkning
Mängd	m ³ /år	95200	149 100	106000
COD-halt	kg/m ³	4,7	4,6	5,0
Mängd COD	ton/år	449	687	533

Medianvärdet för innehåll av växtnäring och tungmetaller har beräknats utifrån LFV:s spillvattenrapport, se tabell 7.

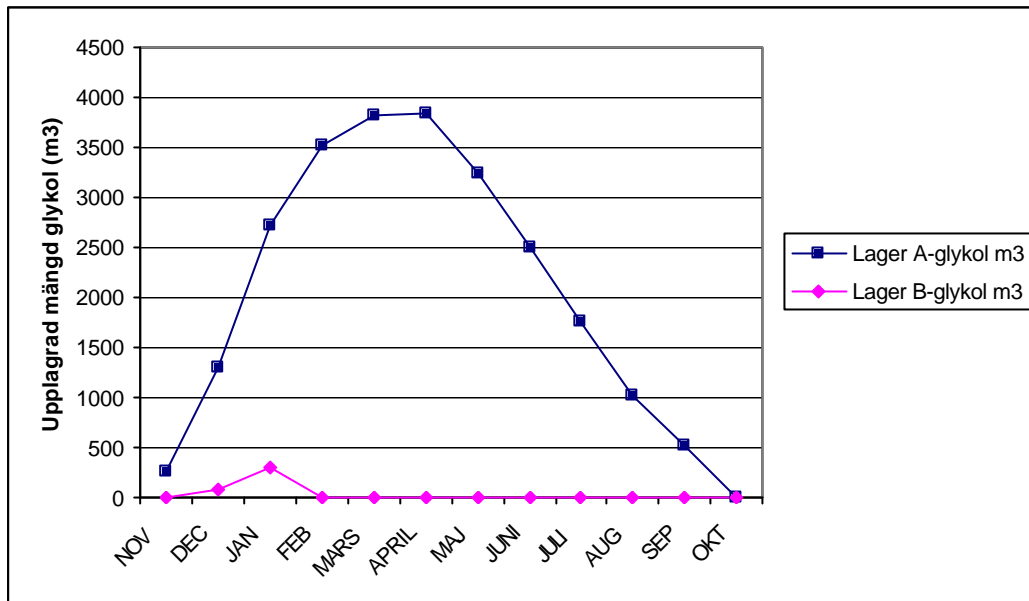
Tabell 7. Medianvärdet för B-glykolens innehåll av växtnäring och tungmetaller.

Egenskap	Enhet	Medianvärde
Tot-N	mg/l	1
Tot-P	mg/l	1,3
Bly	mg/l	0,025
Koppar	mg/l	0,17
Zink	mg/l	1,7
Krom	mg/l	0,0037
Nickel	mg/l	0,29
Kadmium	mg/l	0,0017

Årstidsvariationer av glykol

I uppdraget har det ingått att studera möjligheterna till en jämn produktion av gas under året. Framför allt försvåras detta av att glykolen används under den kalla säsongen. En jämn belastning kräver därför upplagring av glykol. För att hålla nere lagringsvolymerna har den upplagrade mängden glykol antagits vara A-glykol. Problem kan eventuellt därmed uppstå med att koncentrationen på glykolsubstratet blir väldigt hög under sommarmånaderna. Vidare kan det diskuteras hur viktigt det är med en helt jämn gasproduktion under året. Eventuellt kan gas köpas in om mindre gas produceras än som konsumeras och vid överproduktion säljs gasen eftersom det idag finns en marknad för biogas i Stockholm-Uppsala-regionen.

Vid en beräknad gasproduktion om 418 000 m³ biogas kan en jämn produktion fås omfattande 35 000 m³ per månad. Detta kräver upplagring av A- och B-glykol. Mängderna framgår av figuren nedan. Lagringskapacitet krävs omfattande minst 4000 m³, se figur 2. Inventering av lagringsvolymerna visar att denna volym kan lagras i befintliga dammar och tankar. Vid Arlanda finns idag en lagerkapacitet för B-glykol med en total volym på 17 000 m³ fördelat på ett lager på 9000 respektive ett på 8000 m³ (Sahlqvist, 2004). Det finns även en damm på 3000 m³ som har använts då SBR-anläggningen har varit i drift. Dessutom finns det för A-glykolen en lagerkapacitet på 1420 m³ (1 st 520 och 3 st 300 m³). Dessa lager antas kunna disponeras i de alternativ då glykol rötas framför allt för att lagra upp energirik A-glykol från vintern till sommaren för att jämna ut gasproduktionen under året. I beräkningarna har antagits att A-glykol kan lagras i dammarna eftersom så sker i SBR-dammen idag, om inte får lagring lösas på annat sätt.



Figur 2. Upplagringsbehov av glykol för att en jämn gasproduktion skall erhållas under året.

Latrin

Flygplanstoaletterna tillförs en blandning av vatten och en biocid (desinfektionsmedel) som kallas Urbaktol AF (tillverkare är Bode Chemi, importör och leverantör är Ecowest AB). Blandningen innehåller 2,4 % Urbaktol och resten är spädvatten. Mängden tillförd blandning av vatten och Urbaktol till flygplanen vid Arlanda är enligt Luftfartsverkets statistik 1300 ton per år (Sahlqvist, 2002). Ankommande flygplan på utrikesterminalerna använder även andra biocider än Urbaktol. Toalettavfall som töms från flygplanens toaletter (benämns i denna rapport fortsättningsvis som latrin) tillförs direkt till nätet för spillvatten utan att volymen kvantifieras.

Den maximala mängden latrin som kan tömmas från ankommande flygplan har beräknats till 6852 m³/år (LFV, 2000). Denna beräkning bygger dock på att samtliga toaletter på flygplanen är helt fyllda då de töms. Den personal som arbetar med att tömma toaletterna och som fyller på dem med ny blandning av vatten och Urbaktol anger att man tömmer ungefär lika stor mängd ur toaletterna som man fyller på. Luftfartsverket har vid ett tillfälle låtit genomföra en COD-analys på innehållet på latrin från tre olika flygplan (LFV, 2000) som gav en COD-koncentration på 7900 mg/l.

Utgående från dessa förutsättningar och uppgifter på vad en människa normalt utsöndrar har den från flygplanstoaletterna tömda mängden latrin beräknats till 1564 ton/år med en COD-koncentration på 7900 mg/l. Av de 1564 tonnen utgörs 1300 ton av en tillförd blandning av vatten och Urbaktol (antas vara fri från COD) och 264 ton av en blandning av urin och fekalier med en COD-koncentration på 46900 mg/kg, se tabell 8.

Tabell 8. Normal mängd urin och fekalier som en människa utsöndrar samt kemisk sammansättning (Kärroman m.fl., 1999).

Parameter	Urin	Fekalier	Urin och fekalier	enhet
Mängd	1,5	0,1	1,6	kg/p*d
COD	11	64	75	g/p*d
COD	6800	40100	46900	mg/kg
TS	60	35	95	g/p*d
N-tot	11	1,5	12,5	g/p*d
P-tot	1	0,5	1,5	g/p*d
K	2,5	1	3,5	g/p*d
Pb	0,024	0,02	0,044	mg/p*d
Cd	0,0024	0,01	0,0124	mg/p*d
Hg	0,001	0,063	0,064	mg/p*d
Cu	0,1	1,1	1,2	mg/p*d
Cr	0,044	0,02	0,064	mg/p*d
Ni	0,14	0,074	0,214	mg/p*d
Zn	0,47	11	11,47	mg/p*d

Toalettvattnet har vid ett s.k. Microtoxtest visat på kraftiga akuttoxiska och nitrifikationshämmande egenskaper. En 20 % nitrifikationshämmning erhålls vid en inblandning av 4 % prov (Sahlqvist, 2002). Nedbrytningsförsök visar att 70 % av provets organiska innehåll bryts ned under 28 dagar. En mindre del, ca 5 %, reduceras genom abiotiska processer medan resterande del, ca 65 %, är biologiskt nedbrytbar. Microtoxtest på prov efter nedbrytningsförsök visar hög toxisk verkan.

Matavfall

Matavfall hushåll

Mängden matavfall från hushållen i Sigtuna har beräknats utifrån nyckeltal och erfarenheter som erhållits vid tidigare utförda undersökningar. 100 % av invånarna har antagits delta i en insamling och ge i snitt 70 kg matavfall per person och år. Med 36 000 invånare fås 2520 ton matavfall på år, se tabell 9.

På RVF:s webbplats anges att en svensk i medeltal genererar 4,6 kg hushålls-avfall per vecka varav 1,75 kg är matavfall, vilket motsvarar 91 kg per person och år. Vid beräkning av hushållens matavfallspotential i Sigtuna kommun utifrån dessa antaganden skulle potentialen vara 3280 ton per år. Detta värde kommer att användas för beräkningar av en maximal biogasproduktion.

Tabell 9. Beräknade mängder matavfall från hushållen i Sigtuna kommun.

	Beräkningsvärde ton/år	Maximal mängd ton/år
Mängd Matavfall:	2520	3280

Fettavskiljare

Slam från fettavskiljare är ett substrat som är lämpligt för rötning. Enligt Sigtuna Avfallsplan fanns 356 ton slam från fettavskiljare under 2003, se tabell 10. Därtill anger Adolphsson m.fl. (2000) att verksamheter inom Arlandaområdet genererar 120 ton slam från fettavskiljare.

Tabell 10. Beräknade mängder slam från fettavskiljare i Sigtuna och Arlanda.

	ton/år	Källa
Mängd avfall från fettavskiljare: Sigtuna	356	Avfallsplan för Sigtuna kommun 2005-2008
Arlanda	120	Adolphsson m.fl., 2000

Restaurangavfall

Mängden matavfall från restauranger i Sigtuna kommun har beräknats till 350 ton per år. Denna mängd baserar sig på statistik som anger att det serveras 10 000 portioner mat per dag vid restauranger och storkök i kommunen. Vidare antas att mängden avfall per serverad portion är 0,16 kg (Edström, 1992) samt att antalet dagar då dessa verksamheter är öppna är 220 per år.

I Sigtuna kommun finns idag ca 8 livsmedelsaffärer. Den största som källsorterar fram en organisk fraktion beräknas idag generera drygt 100 ton matavfall per år (Sahlgren, pers medd.). I tabell 11 bedöms mängden insamlingsbart matavfall från livsmedelsaffärerna till 250 ton per år.

Mängden matavfall från restauranger och cateringföretag vid Arlanda har beräknats till ca 220 ton/år (Adolphsson m.fl., 2000).

Tabell 11. Beräknade mängder matavfall från restauranger, cateringföretag samt livsmedelsaffärer i Sigtuna kommun och på Arlanda.

Verksamhet som genererar matavfall	
Restauranger i Sigtuna	350 ton/år
Restauranger och Cateringföretag, Arlanda	220 ton/år
Livsmedelsaffärer i Sigtuna, Arlanda	250 ton/år

Sammanställning innehåll i matavfall

Näringsinnehållet i de olika formerna av matavfall har studerats i tidigare undersökningar som JTI har gjort. En sammanfattning av dessa resultat återfinns i tabell 12.

Tabell 12. Innehåll av växtnäring och tungmetaller i matavfall.

	Enhet	Restaurangavfall	Matavfall	Fettavskiljare
TS	% av prov	20	30	1,60
Glödförlust	% av TS	91	91	87
Glödrest	% av TS	9	9	13
N-tot	% av TS	2,50	2,10	3,70
P-tot	% av TS	0,30	0,50	0,30
K-tot	% av TS	0,92	0,70	0,20
Pb	mg/kg TS	0,10 ^{*)}	0,13 ^{*)}	4,8
Cd	mg/kg TS	0,01 ^{*)}	0,01 ^{*)}	0,18
Cu	mg/kg TS	11	10,3	81
Cr	mg/kg TS	0,4	1,7	3,7
Hg	mg/kg TS	0,01 ^{*)}	0,01 ^{*)}	0,03 ^{*)}
Ni	mg/kg TS	0,50 ^{*)}	0,80 ^{*)}	4
Zn	mg/kg TS	28	47,3	69
Källa	Wikberg m.fl., 1998; Nordberg, 2002; Torbjörn Ånger, pers. medd.			

*) Maxvärde

Föreslagna anläggningar

Grundförutsättningar

I tabell 13 finns det specifika gasutbytet redovisat som har används för de olika substraten i de olika alternativen. Utbytena är de samma i samtliga alternativ, trots att uppehållstiderna och rötningsteknikerna skiljer sig något mellan de 4 alternativen.

Tabell 13. Specifikt metanutbyte som används vid beräkningarna.

	Specifikt metanutbyte	Enhet	Källa
Fettavskiljare	0,60	m ³ metan/kg tillförd VS	Weiland, 1998
Hushållsavfall	0,42	m ³ metan/kg tillförd VS	Nordberg & Jarvis, 1997
Restaurang och handel i Sigtuna	0,45	m ³ metan/kg tillförd VS	Edström, 1996
Restauranger på Arlanda	0,45	m ³ metan/kg tillförd VS	Edström, 1996
Latrin Arlanda	0,2	m ³ metan/kg tillförd VS	Egen uppskattning
A-Glykol	0,33	m ³ metan/kg tillförd COD	Zitomer, 2001
B-Glykol	0,33	m ³ metan/kg tillförd COD	Zitomer, 2001

Avfallsinventeringen resulterade i att det totalt idag finns 5280 ton avfall (i benämningen avfall i denna rapport ingår fraktionerna fettavskiljarslam, hushållsavfall, restaurang och handel i Sigtuna, restauranger på Arlanda samt latrin Arlanda) och 111 370 ton glykol tillgängligt för rötning, se tabell 14.

Tabell 14. Idag tillgängliga biogassubstrat i Sigtuna kommun och på Arlanda flygplats. Uppgifterna om N och P kommer från de angivna egenskaperna för varje substrat i substratgenomgången.

	Våtvikt ton/år	Kväve ton/år	Fosfor ton/år	Metan GWh/år
Fettavskiljare	476	0,7	0,1	0,11
Hushållsavfall	2520	15,9	3,8	2,78
Restaurang och handel i Sigtuna	600	3,0	0,4	0,48
Restauranger på Arlanda	220	1,1	0,1	0,18
Latrin Arlanda	1564	2,1	0,3	0,03
A-Glykol	5350	0,0	0,0	2,62
B-Glykol	106000	0,2	0,1	1,80
SUMMA	116730	23,0	4,8	8,0

Följande 4 olika alternativ har studerats:

- Alternativ 1: samrötning av alla tillgängliga biogassubstrat (tabell 14)
- Alternativ 2: enbart rötning av de tillgängliga avfallen i tabell 14
- Alternativ 3: enbart rötning av avfall men med 3 ggr så mycket avfall som i alternativ 2 (tabell 15)
- Alternativ 4: rötning av glykolen för sig (vilket i rapporten benämns alternativ 4b-glykol) och avfallen (vilket i rapporten benämns alternativ 4a-avfall) för sig.

Tabell 15. Antagna rötade avfallsmängder i alternativ 3.

	Våtvikt ton/år	Kväve ton/år	Fosfor ton/år	Metan GWh/år
Fettavskiljare	1428	2,1	0,2	0,32
Hushållsavfall	7560	47,6	11,3	8,41
Restaurang och handel	2460	12,3	1,6	2,00
Latrin	4692	6,4	0,8	0,08
SUMMA	16140	68,5	14,0	10,80

Med utgångspunkt från de fyra alternativen ges nedan ett generellt förslag på en övergripande utformning av en anläggning.

Biogasanläggningens olika delar

Processförslagen (se bilaga 2) är generellt utformade med parallella system för hygienisering och rötning för att öka flexibiliteten. Detta gör det även möjligt att driva anläggningen med åtminstone en del av belastningen, även om underhåll eller reparationer måste genomföras för vissa delsteg. Den principiella utform-

ningen är den samma för de processförslag som rötar avfall eftersom huvuddelen av substraten är de samma. Endast utformningen av anläggningen som enbart rötar glykol i alternativ 4 skiljer sig åt i designen. I detta kapitel görs en övergripande beskrivning av biogasanläggningens olika behandlingssteg för de 4 olika alternativen.

Förbehandling vid rötning av avfall

Mottagning och sönderdelning

Mottagningen är uppdelad på tre linjer:

1. Soppbilar tömmer det uppsamlade källsorterade matavfallet i en tippgrop
2. Vakuumsugbilar tömmer det uppsamlade slammet från fettavskiljare och latrinerna i en sluten tank
3. Glykol som ej kräver hygienisering pumpas från de befintliga glykollagren vid flygplatsen till biogasanläggningen

Sönderdelning av det fasta avfallet sker via en våt sönderdelningsprocess vid en ts-halt på 8-10 % till en maximal partikelstorlek på 12 mm. Denna ts-halt uppnås genom att blanda de fasta avfallen med de flytande (denna blandning ger en ts-halt på ca 18 %) samt att i alternativ 1 spåda med en mindre mängd B-glykol. I de andra alternativen tillförs färskvatten, se bilaga 2. Efter sönderdelningen pumpas materialet till en lagertank vars syfte är att förse hygieniseringstankarna med substrat under delar av dygnet då anläggningen är obemannad.

B-glykolen i alternativ 1 värmeväxlas mot utgående rötrestflöde från röttningsprocessen. Både A- och B-glykolen måste värmas för att processtemperaturen i röt-kammaren skall upprätthållas. Detta kan göras antingen innan glykolen pumpas in i röt-kammaren alternativt kan man tillföra denna värmemängd till röt-kammaren, jämför kapitlet ”Processvärmebehov”.

Hygienisering av avfall

Antalet hygieniseringstankar och deras erforderliga volym är beroende på vilka substrat som ska hygieniseras, deras fysikaliska egenskaper, mängden material, vilka tekniska prioriteringar som görs samt drifttiden per vecka. De antaganden som gjorts redovisas nedan:

- Hygieniseringstankarna går 24 timmar per dygn under veckans 5 arbetsdagar.
- Hygieniseringstanken volym fylls till 75 %.
- Minst 70 °C måste uppnås i hela hygieniseringssatsen med en minsta behandlingstid på 1 timme.
- Ånga används för att uppnå hygieniseringstemperatur.
- Maximal ångtillförsel är 100 kg/ton substrat.
- Minst 2 st parallella hygieniseringstankar.

Tidsbehovet för att genomföra en hygieniseringscykel är 2 timmar/tank. Denna cykel består av att fylla tanken med biogassubstrat, värma till hygieniserings-

temperaturen 70 °C, hålla materialet vid denna temperatur under 1 timme utan att något nytt substrat fylls på för att därefter tömma tanken till ett lager för hygieniserat avfall. Detta lager för hygieniserat avfall ska rymma rötningsprocessens substartbehov för en helg vilket har antagits motsvara 3 dygns drift.

Substratflöden till hygieniseringstankarna och dess volymer finns redovisat i bilaga 2.

Rötning

Den principiella rötningsprocessen är den samma för de alternativ där avfall skall rötas. I det alternativ då enbart glykol skall rötas har dock en annan utformning av rötningsprocessen valts.

Rötningsprocesser där avfall ingår

Följande parametrar och förutsättningar har ansatts för att dimensionera röt-kammarvolymen då avfall ska rötas:

- Enstegs totalomblandad röt-kammare.
- Rötning i det mesofila temperaturområdet (ca 37 °C).
- Maximal ammoniumkvävehalt på 4 g/l.
- Kvävet mineralisering under rötningen har ansatts till 60 %.
- Röt-kammarbelastning har maximalt satts till 3 kg VS/m³, d
- Uppehållstiden bör ej understiga 15 dygn.

Motivet till att rötningen antas ske i det mesofila temperaturområdet beror på att latrinen från flygplanen innehåller tillsatsmedel som kan ha en negativ effekt på nedbrytningsprocessen. Mesofila rötningsprocesser är mer tåliga mot störningar än processer som drivs vid det termofila temperaturområdet (ungefär 50-55 °C).

Rötningsprocesser där enbart glykol ingår

Den glykol som uppkommer vid avisning kan närmast beskrivas som ett avloppsvatten med löst organiskt material och litet innehåll av partikulärt material. De reaktorutformningar som lämpar sig för anaerob behandling av löst organiskt material utspätt i vatten skiljer sig från traditionella röt-kammar.

Vid anaerob behandling av denna typ av vätskor är det mer lämpligt att välja en reaktordesign som bygger på att mikroorganismerna kvarhålls i reaktorn, dvs. den fasta uppehållstiden blir hög, och därmed tillåter en betydligt lägre hydraulisk uppehållstid. Ett exempel på en sådan reaktordesign är en s.k. *fluidiserad bädd*. I en fluidiserad bädd (FB) fylls kolonnen med ett partikulärt bäddmaterial, till exempel sand. Därefter ympas systemet med anaerobt slam och sanden koloniseras gradvis med mikroorganismer. Avloppsvattnet pumpas in i botten av reaktorn och vid de höga vattenflöden som är aktuella svävar partiklarna med mikroorganismerna och på så sätt skapas en god kontakt mellan bakterier och substrat. FB-reaktorer reducerar COD effektivt när driften är stabil.

Pilotförsök vid 32 °C med denna rötnings teknik har för glykol visat att processen fungerar väl med uppehållstider som har varit 15 timmar eller högre och röt-kammarebelastningar upp till 13 kg COD/m³ och dag med en COD-reduktion på 95 % (Zitomer, 2001). Vidare har en fullskaleanläggning uppförts på Albany International Airport, New York (beskrivs kort under rubriken Tidigare erfarenheter)

Tillsatser av växtnäring och bufferthöjande kemikalier

För att få en väl fungerande rötningsprocess bör innehållet av kväve och fosfor minst stå i proportion till substratets COD-innehåll enligt COD:N:P = 100:2:0,4 på viktbasis (Komisar m.fl., 1998). Om detta villkor ej är uppfyllt måste kväve och fosfor tillföras röt-kammaren för att få uppnå en stabil rötningsprocess. Vidare bör röt-kammarens pH-värde ej understiga 6,8. Alkalinitet är det mått som beskriver processens buffertförmåga att klara av pH-förändringar. Normalt bör alkaliniteten ligga på över 2000 mg/l, men med fluidiserade bäddar har stabila processer rapporterats vid alkaliniteter på 600 mg/l (Zitomer, 2001). Under dessa förutsättningar måste mikroorganismerna vara väl anpassade, vilket tar tid. Detta pH-villkor brukar ej vara ett problem vid rötningsprocesser som rötter gödsel eller fasta avfall. Däremot kan det uppstå problem med att nå detta pH-värde om mycket utspädda kvävefattiga vätskor ska rötas. Om pH-värdet är för lågt måste buffrande kemikalier tillsättas för att uppnå det pH-värde som krävs för att rötningsprocessen ska vara stabil.

Gasuppgradering och tankning

Idag tillämpas i Sverige i princip fyra tekniker för uppgradering av biogas.

Dessa är:

- Absorption med vatten i en skrubber
- PSA(Pressure Swing Adsorption)
- Absorption med Selexol®
- Absorption med kemisk reaktion

Tryckvattenabsorption är den vanligaste tekniken som kort innebär att gasen renas från koldioxid, svavelväte och ammoniak, eftersom dessa ämnen löser sig i vatten under tryck. En anläggning för vattenabsorption består principiellt av en absorptionskolonn, en s.k. flashtank och en desorptionskolonn. Gasen förs in i botten av absorptionskolonnen där koldioxiden absorberas och gasen lämnar kolonnen anrikad på metan. Vattnet förs över till en flashtank där trycket sänks och kvarvarande metan desorberas och återförs till rågasen. Därefter går vattnet till en desorptionskolonn för att driva ut den lösta koldioxiden.

För en mer ingående beskrivning av övriga tekniker hänvisas till Persson (2003).

I denna förstudie har vi antagit att den vanligaste tekniken med absorption i vatten-skrubber används i studerade alternativen för att rena bort koldioxiden. Det har också antagits att den rena biogasen lagras i ett högtryckslager vid ca 200 bars tryck. Detta högtryckslager bör klara av att lagra 3 dagars metangasproduktion från rötningsanläggningen. Tankning av fordonen antas ske via snabbtankning.

Renad biogas med ett metaninnehåll på 97% har ett energiinnehåll på 9,5 kWh/Nm³ (1 Nm³ (normalkubikmeter) är gasvolymen då trycket är 1 bar och temperaturen 0 °C). Detta kan jämföras med energiinnehållet i bensin som är 9,2 kWh/liter och 9,8 kWh/liter diesel (Shell, 2004).

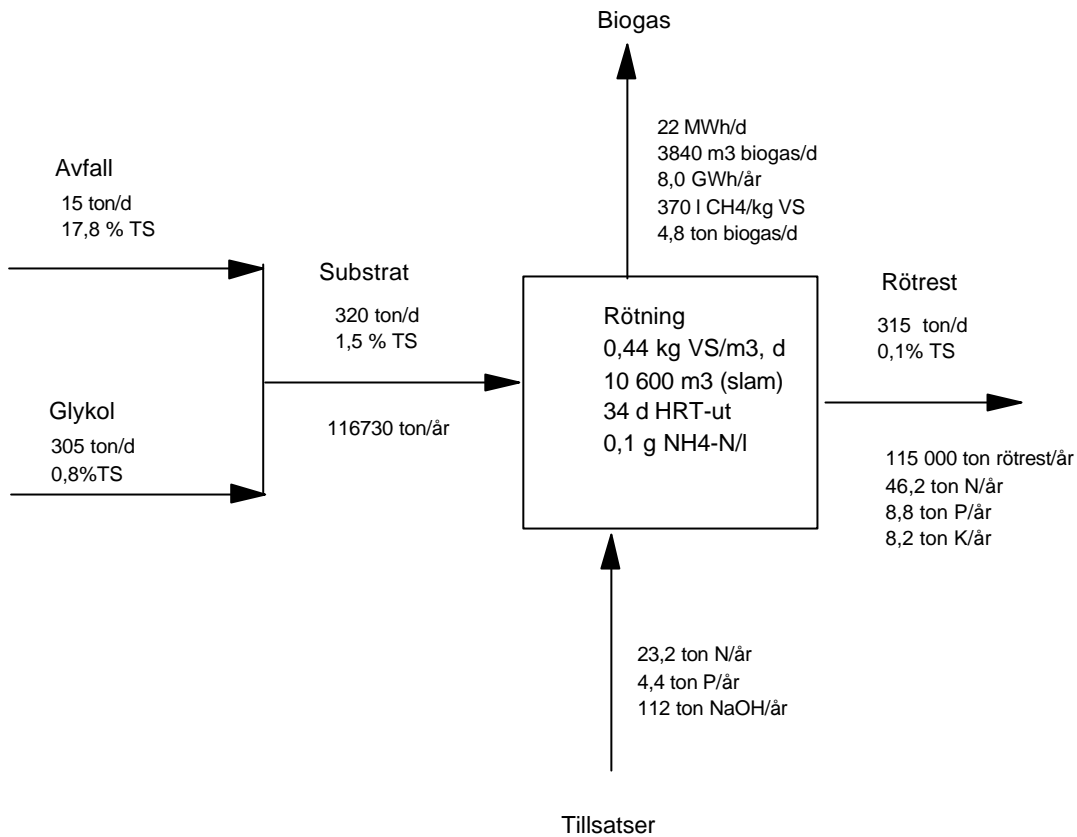
Alternativ med rötning av glykol och avfall

Alternativ 1

I alternativ 1 samrötas alla substraten (tabell 14). Syftet med samrötningen är att via avfallen förse röttningsprocessen med näring, för att upprätthålla bakterieaktiviteten. De näringsrika avfallen kompletterar därmed den i princip näringsfria glykolen. I detta alternativ räcker dock ej detta avfall för att bidra med det erforderliga växtnäringsbehovet varför 23 ton kväve och 4 ton fosfor måste tillsättas per år. Kväve kan tillsättas i form av urea och fosfor i form av natriumhexametafosfat. Dessutom görs bedömningen att avfallets andel i substratblandningen är för liten, varför buffertkapaciteten blir för låg för att upprätthålla det önskade pH-värdet. Därför måste uppskattningsvis 140 m³ av en 25 % NaOH-lösning tillföras för att uppnå den önskade buffertkapaciteten.

I figur 3 visas en schematisk bild över storleksordningen på vissa parametrar om allt material i tabell 14 skulle samrötas. För alternativ 1 skulle det krävas en röt-kammarvolym på ca 10 600 m³ (slam), se figur 3. Glykolen genereras enbart under vintermånaderna och det har antagits att anläggningen ska ha kapacitet att omgående röta den uppsamlade B-glykolen som utgör 95 % av den totalt uppsamlade glykolen. Detta medför att röt-kammaren måste dimensioneras så att den klarar av att röta ca 700 ton B-glykol per dag, vilket kan jämföras med ett årsmedelvärde på ca 300 ton/år. Dimensionerande uppehållstid för röttningsprocessen, då den uppsamlade mängden B-glykol är som störst, har satts till 15 dygn. Eftersom glykolen har en låg koncentration medför det att röt-kammarbelastningen blir mycket låg.

Rötning enligt alternativ 1 ger en biogasproduktion på 8 GWh/år vilket motsvarar energiinnehållet i 800 m³ eldningsolja och gasen bedöms att räcka till att driva ca 800 bifuel personbilar.



Figur 3. Schematisk figur för en biogasanläggning som samrötar allt glykol och allt avfall enligt alternativ 1.

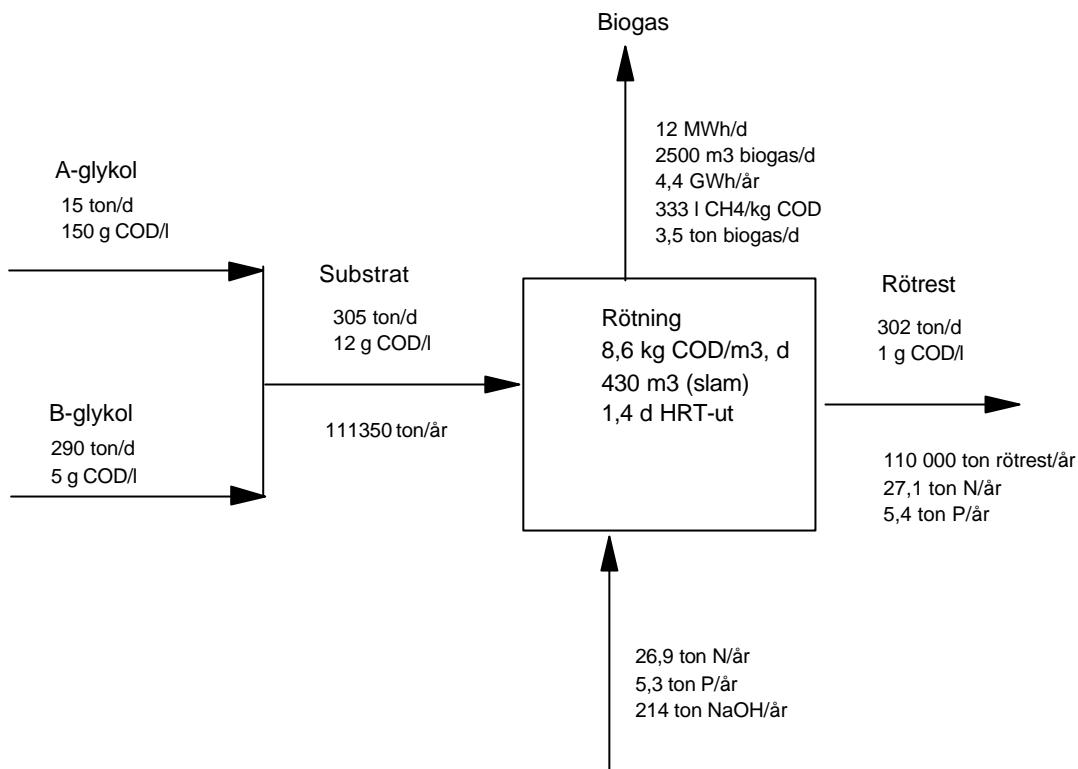
Alternativ 4

I alternativ 4 sker rötningen av glykolen för sig och avfallen för sig. Syftet med denna uppdelning är att skillnaden mellan glykolens sammansättning, fysikaliska egenskaper och ursprung skiljer sig mycket mot avfallens (tabell 14).

Rötning av enbart glykol (alternativ 4b)

På samma sätt som för alternativ 1 kommer den månad med största uppsamlade mängden B-glykol att dimensionera volymen på den fluidiserade bädden, vilken har beräknats bli på ca 430 m³ (slam), se figur 4. Under denna period blir uppehållstiden 15 timmar och belastningen ca 8 kg COD/m³ och dag. I genomsnitt över året kommer uppehållstiden att bli 34 h och belastningen 8,6 kg COD/m³ och dag. Även i detta alternativ måste växtnäring tillföras motsvarande ca 27 ton kväve och 5 ton fosfor årligen via urea och natriumhexametafosfat. Buffertkapaciteten kommer att vara för låg för att upprätthålla det önskvärda pH-värdet och därför måste uppskattningsvis ca 200 m³ av 25 % NaOH-lösning tillföras för att uppnå en önskad buffertkapacitet.

Rötning enligt alternativ 4b ger en biogasproduktion på 4,4 GWh/år, vilket motsvarar ca 440 personbilar.



Figur 4. Schematisk figur alternativ 4b-glykol för en biogasanläggning som enbart rötar glykol.

Rötning av enbart avfall i alternativ 4 (alternativ 4a)

Rötningen av enbart avfallet i alternativ 4a-avfall är en kopia på röttningsanläggningen i alternativ 2 och den beskrivs i kapitlet "Alternativ 2".

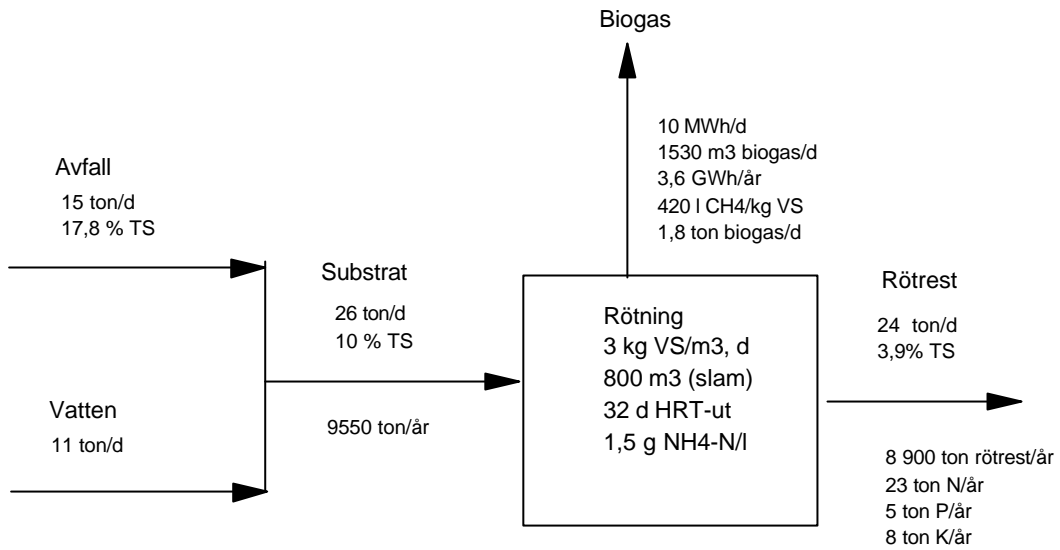
Alternativ med enbart rötning av avfall

Alternativ 2

I figur 5 visas en schematisk bild över storleksordningen på viktiga parametrar om endast avfallsfraktionerna rötas, dvs. glykolen ingår ej (tabell 14). Det antas att det ej förekommer några årstidsvariationer vad gäller sammansättning och att mängderna är jämt fördelade under året. För detta alternativ krävs en röttningskammare med en volym på ca 800 m³ (slam) och vid en röttningsbelastning på 3 kg VS/m³ och dag blir uppehållstiden 32 dygn.

I alternativ 2 kommer allt material hygieniseras vid 70 °C innan rötning.

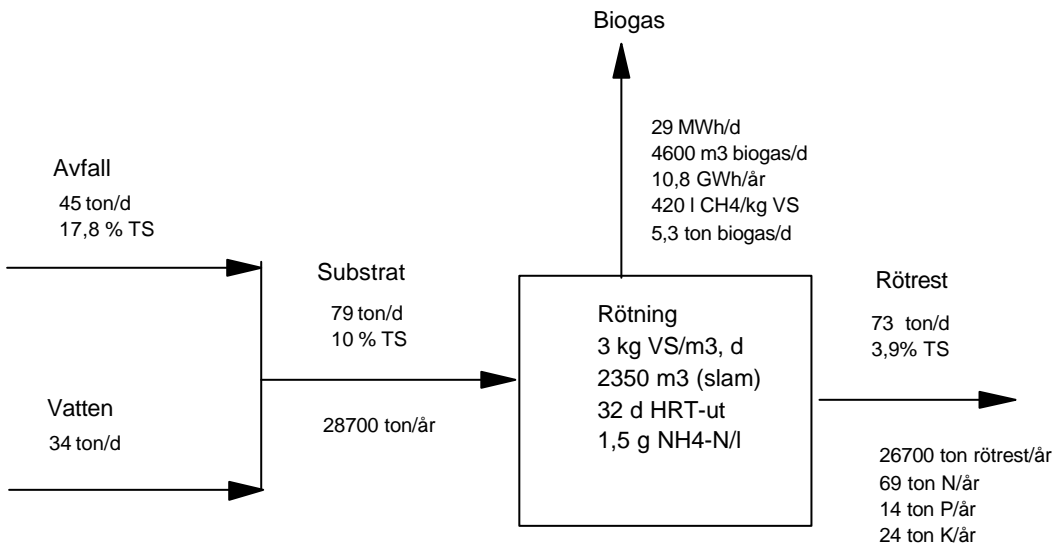
Rötning enligt alternativ 2 ger en biogasproduktion på 3,6 GWh/år, vilket motsvarar ca 360 personbilar.



Figur 5. Schematisk figur för en biogasanläggning som samrötar allt avfall enligt alternativ 2.

Alternativ 3

Alternativ 3 är en uppskalning av avfallsmängderna i alternativ 2 med 3gångr (tabell 15). För detta alternativ krävs en röttningsvolym på ca 2350 m³ (slam), se figur 6.



Figur 6. Schematisk figur för en biogasanläggning som samrötar allt avfall enligt alternativ 3.

Rötning enligt alternativ 3 ger en biogasproduktion på 10,8 GWh/år, vilket motsvarar ca 1080 personbilar.

Processvärmebehov

I tabell 16 redovisas värmebehovet för att de olika alternativen. I alternativ 1 och i alternativ 4b-glykol värmeväxlas utgående slam från rötningsprocessen med inkommande B-glykol för att reducera uppvärmningsbehovet, se bilaga 1.

I alternativ 2, 3 och 4a-avfall värmeväxlas hygieniserat avfall med spädvattnet. I bilagorna 1 redovisas både värmebehov och temperaturförändringar på materialflöden i biogasanläggningarna för de studerade alternativen.

Eftersom COD-innehållet är så lågt i B-glykolen, skulle värmebehovet för att uppnå processtemperaturen för rötning i alternativ 4b-glykol (temperaturstegring från 0 till 32 °C) vara mer än dubbelt så hög som den energimängd som kan utvinnas som biogas, om ingen värmeväxling gjordes. Värmeväxlingen av B-glykol, i alternativ 4b-glykol, medför att värmebehovet för att uppnå processtemperaturen för rötningen blir 48 % av den energimängd som kan utvinnas som biogas ur B-glykolen (med värmeväxling måste B-glykolens temperatur bara höjas ca 7 grader med tillskottsvärme).

Innehållet av COD i A-glykolen är betydligt högre vilket medför att processvärmebehovet utan värmeväxling ej överstiger 5 % av den energimängd som kan utvinnas som biogas ur A-glykol.

Tabell 16. Värmebehov för att värma de rötade substraten till processtemperatur för alternativ 1-4. Det skall observeras att det angivna processvärmebehovet inte inkluderar värmeförluster eller värmebehov till lokaler.

	Enhet	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4a-avfall	Alt 4b-glykol
Processvärme	MWh/d	5,9	1,0	3,0	1,0	2,9
Andel av producerad biogas	% av gasprod.	27%	10%	10%	10%	24%

Kvalitet på rötrest

Efter rötning av avfallet fås en restprodukt, en s.k. rötrest. Näringsvärdet är ofta högt hos rötresten och är därför ett potentiellt organiskt gödselmedel, s.k. biogödsel. Biogödseln kan levereras till lantbrukare och spridas på åkermark. För att spridning ska kunna ske måste överenskommelser slutas med lantbrukare som säkerställer en tillräckligt stor spridningsareal. För att överenskommelse ska kunna slutas måste lantbrukaren ha förtroende för rötrestens kvalitet. Då rötresten har sitt ursprung i rent biologiskt material, t.ex. livsmedelsavfall finns normalt rätt goda förutsättningar att rötresten kan användas som biogödsel. Är däremot det biologiska materialet uppblandat med andra material ökar risken att oönskade ämnen finns kvar och därmed är det sannolikt att lantbrukare inte vill ta emot restprodukten. Det är viktigt att försöka erhålla en så god kvalitet som möjligt och därmed kunna sprida biogödsel på åkermark eftersom rötresten är organisk och därför inte får deponeras efter 1 januari 2005

Biogödsel

För att säkerställa ett högt förtroende för rötresten vid biogasproduktion finns idag ett frivilligt certifieringssystem för rötresten, SPCR120. Dess regler ger information om de krav som ställs för att rötresten skall accepteras som biogödsel. En del i regelverket handlar om ingående råvarorna i en anläggning för rötning. Råvarorna ska enligt reglerna vara rena källsorterade avfallsslag från hushåll, livsmedelsindustri, parker, lantbruk etc. Vidare är ämnen som ”väsentligt påverkar kvaliteten negativt på biogödseln eller som inverkar negativt på acceptansen för återvinningssystemet eller slutprodukten inte lämpliga som råvaror”. Latrin och slam från avloppsreningsverk får inte användas.

En översiktlig bedömning av de olika substraten har skett utifrån reglerna för certifiering av biogödsel, SPCR120.

- Rötrest från matrester från hushållsavfall, restauranger och handel kan antagligen bli certifierad som biogödsel. Liknande anläggningar finns.
- Rötrest från glykol kan antagligen inte bli certifierat som biogödsel eftersom glykolen inte klassas som råvara till biogödsel enligt nuvarande regler. Viktiga faktorer för bedömning av råvara till biogödsel är graden av nedbrytning av glykolen och mängden biämnen som följer med glykolen.
- Rötrest från latrin kan inte bli certifierat som biogödsel i dagsläget. Rötresten klassas som slam i det fallet.
- Rötrest från fettavskiljare kan under rätt förutsättningar godkännas som biogödsel.

Att en rötrest inte kan bli certifierad som biogödsel innebär inte att det inte går att hitta spridningsareal för rötresten, men att det kan bli svårare att kontraktera lantbrukare.

Tungmetaller

Gränsvärden för maximalt tillåten metallhalt i slam för jordbruksändamål finns reglerat i SFS 1998:944, se tabell 17.

Förutom reglering av den maximala halten tungmetaller i ett gödselmedel finns även regler för den maximalt tillåtna tillförseln av tungmetaller till mark vid jordbruksanvändningen. Ofta är metalltillförseln kopplad till en maximal mängd växtnäring som samtidigt får tillföras.

Jordbruksanvändning av slam från avloppsreningsverk är reglerat i en föreskrift från Naturvårdsverket, se tabell 18. I föreskriften finns regler för maximal årligt tillförsel av tungmetaller samt växtnäring (kväve och fosfor). RVF:s certifieringssystem använder samma gränser som finns för slam för tillförsel av tungmetaller samt växtnäring. KRAV följer värdena som finns i EU-direktivet om ekologisk produktion, se tabell 18.

Tabell 17. Några olika tungmetallgränsvärden.

	Eco-Label, RVF- certifiering	Organic farming, EC No 436/2001, KRAV	Biowaste, draft 2	SFS 1998:944
	Rötrest	Rötrest	Rötrest, class 1	Slam
Hg (mg/kg TS)	0,4	0,4	0,5	2,5
Cd (mg/kg TS)	1	0,7	0,7	2
Pb (mg/kg TS)	100	45	100	100
Cr (mg/kg TS)	100	70	100	100
Ni (mg/kg TS)	50	25	50	50
Cu (mg/kg TS)	100	70	100	600
Zn (mg/kg TS)	300 ¹⁾	200	200	800

1) För biogasanläggningar som använder betydande mängder stallgödsel tillämpas en övergångsperiod för riktvärdena för koppar- och zinkhalterna vid jordbruksanvändning av rötresten. Fram till och med år 2003 tillämpas samma värden som för avloppsslam (11 § förordning (1985:840) om vissa hälso- och miljöfarliga produkter m.m.), dvs. koppar maximalt 600 mg/kg TS och zink maximalt 800 mg/kg TS. OBS att gränsvärdena i SFS 1985:840 är överflyttade till SFS 1998:944.

Tabell 18. Maximalt tillåten tillförsel av tungmetaller till mark vid jordbruksanvändning.

	Naturvårdsverket, RFV-certifiering	Organic farming, EC No 436/2001, KRAV
Pb, g/ha	25	50
Cd, g/ha	0,75	1,0
Cu, g/ha	300	500
Cr, g/ha	40	50
Hg, g/ha	1,5	1
Ni, g/ha	25	50
Zn, g/ha	600	700

Rötrest från anläggningar

Begränsningen för spridning av biogödsel ligger i näringsinnehållet. I Mälarenregionen är det inte lämpligt att sprida större mängder näringsämnen än maximalt 100 kg kväve per hektar eller 22 kg fosfor per hektar. Utifrån den begränsade resursen återfinns näringsinnehållet i tabellen 19. Alternativ 4b-glykol är ej med då rötresten antas återföras till avloppsnätet. Alternativen 2, 3 och 4a-avfall har samma värden på grund av att blandningen av substrat är den samma.

I alternativ 1 skulle mängden biogödsel bli ca 115 000 ton per år, men växtnäringskoncentrationen är mycket låg. Om gödselgivan sätts till 100 kg total-N/ha skulle det krävas en spridningsareal på ca 460 ha och spridningsmängden skulle bli ca 250 ton/ha vilket motsvarar 25 mm regn! Denna spridningsmängd är ca 8 ggr större än vad som normalt sprids då flytgödsel används som gödselmedel. På grund av de stora mängderna rötrest som ska spridas används därför lämpligen beva ttnings-teknik.

Tabell 19. Beräknad mängd tungmetaller till åkermark då 22 kg fosfor tillförs per ha och år via rötrestspridning.

		Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4a-avfall
		Kväve	Fosfor	Fosfor	Fosfor
Antal ha		458	240	720	240
Tot-N	kg/ha	100	93	93	93
Tot-P	kg/ha	21,8	22	22	22
K	kg/ha	16	31	31	31
Pb	g/ha	13	0,66	0,66	0,66
Cd	g/ha	0,74	0,052	0,052	0,052
Cu	g/ha	119	43	43	43
Tot-Cr	g/ha	5,4	5,8	5,8	5,8
Hg	g/ha	0,045	0,081	0,081	0,081
Ni	g/ha	2,0	3,1	3,1	3,1
Zi	g/ha	598	178	178	178

Bedömning av rötresten

Alternativ 1. Rötresten klassas som avloppsslam. Glykol och latrin är inte godkända substrat för klassning rötresten som biogödsel. Avloppslammet klarar SNV:s gränsvärden för slam, med det är knappt. Halten zink och kadmium är precis under gränsen. Halten bly och koppar är hög. Halterna hålls nere tack vare att kväve och fosfor tillsätts processen.

Alternativ 2, 3 och 4-avfall. Rötresten klassas som avloppsslam. Latrin är inte godkänt substrat för klassning av rötresten som biogödsel. Avloppslammet klarar SNV:s gränsvärden för slam Om någon av dessa anläggningar körs utan användning av latrin kan rötresten troligen klassas som biogödsel.

Tillståndsprocess och gassäkerhet

En biogasanläggning kräver flera olika tillstånd av myndigheter för att byggas och sättas i drift.

Tillstånd för att bygga en anläggning. Innebär tillståndsprovning utifrån:

- Lagen om brandfarliga och explosiva varor, SÄIFS 1997:3.
- Bygglag enligt Plan och Bygglagen, PBL
- Tillstånd enligt Miljöbalken. Anläggningar som 200 – 100 000 ton söker tillstånd hos Länsstyrelsen. Större anläggningar söker hos Miljödömsstolen.

Tillstånd för att starta den byggda anläggningen. Innefattar kontroll av när bygget är färdigt och omfattar:

- Avsugning enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor
- Kontroll enligt PBL
- Installationsbesiktning enligt AML

Därefter kommer anläggningen regelbundet att synas utifrån tillstånden.

Gassäkerhet

Metangas är brännbar och därför är det viktigt att i en anläggning sörja för en god gassäkerhet. En mängd regler styr teknisk detaljutformning av en anläggning, vilket ställer stora krav på en uppförande entreprenör.

Nedan listas avstånd från gascistern till omkringliggande verksamheter.

Tabell 20. Riktvärden för avstånd i meter från en lagringscistern. Uppgifter enligt SÄIFS 1997:6 enligt BGA99

		Lossnings- plats	Cistern < 10 m ³	Cistern > 10 m ³	Klassat område	Pump	Förångare
Byggnad eller brännbart material	till omgivningen inom anläggningen	25 12	6 6	25 12		3	3
Material med stor brandbelastning	till omgivningen inom anläggningen	50 25	25 12	50 25		12	12
Svårutrymda lokaler		100	100	100			
Väg med mer än 2500 acelpar per dygn		25	25	25			
Järnväg (15kV)		Se klassat område	Se klassat område	Se klassat område	15		
Kraftledning 12- 72 kV		Se klassat område	Se klassat område	Se klassat område	15		
Kraftledning 84- 170 kV		Se klassat område	Se klassat område	Se klassat område	30		
Kraftledning 245 kV		Se klassat område	Se klassat område	Se klassat område	45		
Kraftledning 420 kV		Se klassat område	Se klassat område	Se klassat område	60		
Pump		3	3	3			3
Förångare		3	3	3		3	

Lokalisering

Genomtänkt placering av en anläggnings olika delar är viktig för att få en god ekonomi och undvika onödiga transporter. De viktigaste aspekterna att tänka på vid lokalisering av en anläggning är tre:

1. Utrymme för anläggningen. Mellanlager av rötrest, mottagningsstation och ytor för att arbetsfordon ska komma åt tar en hel del plats.
2. Luktproblem kan förekomma runt anläggningen.
3. Transportbehovet bör inte öka dramatiskt. Detta kan äventyra anläggningens miljönytta.

En biogasanläggning består av ett antal enheter som kan placeras fristående från varandra. Processen från avfall till att gasen kan användas börjar med en rötgasanläggning med röttkammare och tankar för hygienisering, lagring etc. Gasen som produceras är inte helt ren utan måste efter produktion renas från koldioxid och vatten. Efter rening ska gasen komprimeras och därefter fyllas på fordon vid en tankstation.

Vid diskussioner med projektgruppen har konstaterats att ett exakt val av plats inte är aktuellt i detta läge, men att ett par olika förslag diskuterats för att kunna utvärdera föreslagna anläggningar ekonomiskt. De alternativ som studerats redovisas nedan tillsammans med motivation.

Rötgasanläggning. Arlanda eller Märsta har diskuterats. En anläggning bör gärna ligga i anslutning till biogassubstraten för att minska transporter. Men på grund av luktproblem vid en anläggning och att marken är delvis projekterad för framtiden har en anläggning för hushållsavfall vid Arlanda uteslutits. Därför föreslås en lokalisering för en rötgasanläggning till Brista avfallsanläggning i Märsta för samtliga studerade alternativ utom i fallet alternativ 4b-glykol då glykolen rötas separat i en anläggning lokaliserad vid befintliga glykollager vid Kolsta på Arlandaområdet.

Uppgradering av gas. Uppgradering av gas har valts att förläggas i anslutning till rötgasanläggningen, då den personal som ansvarar för driften av denna uppgraderingsanläggning troligtvis också ansvarar för driften av rötningsanläggningen. I fallet när glykol behandlas separat vid Arlanda har det bedömts ekonomiskt olönsamt att bygga två olika anläggningar för uppgradering. I stället dras en gasledning med icke renad gas från Arlanda till Brista.

Komprimering, lagring och tankning Efter rening komprimeras och lagras gasen i högtryckslager inför tankning. Lämplig plats för tankning är en plats som helst inte innebär transport av gasen, men som samtidigt är en plats som ligger nära vägar där gasfordon rör sig. Två olika placeringar har diskuterats. Dels den tankstation som redan byggs på Statoil, Arlanda. Dels SLs bussdepå i Märsta för tankning av bussar. Tankning av bussar på en bussdepå nattetid har fördelen att komprimeringen av gasen kan minskas då tankningen kan vara långsam. Eftersom en tankstation håller på att byggas på Arlanda har detta alternativ endast beaktats vid beräkningarna.

Överföring av gas till tankställe. Gas kan transporteras från enheten för gasrening till tankställe med ledning eller genom påfyllning av flaskor. I kalkylerna har en ledning från Brista till Arlanda inkluderats.

Tabell 21. Lokalisering av enheter vid olika alternativ

Enhet	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Rötgasanläggning	Brista	Brista	Brista	Brista och Arlanda
Gasrening	Brista	Brista	Brista	Brista
Tankning	Arlanda	Arlanda	Arlanda	Arlanda
Gasledning renad gas	Brista – Arlanda	Brista – Arlanda	Brista – Arlanda	Brista - Arlanda
Gasledning oren gas	-	-	-	Arlanda - Brista

Ekonomi

I följande avsnitt har en beräkningsmodell använts för att beräkna och redovisa ett exempel på hur det ekonomiska utfallet för en biogasanläggning enligt alternativ 1, 2, 3 samt 4 skulle kunna se ut. Syftet har varit att ange storleksordningar på de olika delkostnaderna och intäkterna. Kalkylen täcker in delarna rågasproduktion, rening och komprimering av gas samt tankning.

Det är viktigt att påpeka att utgångspunkten för bedömning av kostnader och intäkter inte baseras på en detaljprojektering utan på ett föreslaget anläggningskoncept. Detta innebär att kostnader är uppskattade och bedömda utifrån tidigare erfarenheter vid beräkningar av andra projekt. Det bör påpekas redan här att kalkylen inte tagit hänsyn till några eventuella bidrag.

Inom ramen för föreliggande rapport har det inte funnits möjlighet till någon känslighetsanalys med avseende på förändringar av olika variabler. Detta är dock möjligt att göra som ett uppföljningsprojekt efter att projektgruppen diskuterat vilka variabler som bör justeras.

De parametrar som mest påverkar det ekonomiska resultatet är kapitalkostnaderna, tätt följt av intäkter från behandlingsavgifter och biogas. Vid etablering av en anläggning kan storleken på kapitalkostnaderna bestämmas under upphandlingsförfarandet (dvs. innan anläggningen uppförs). Det är däremot svårare att kalkylera storleken på intäkterna från behandlingsavgifter och biogas under en anläggnings livslängd, eftersom storleken kommer att vara beroende på aktörernas alternativkostnader. Förändring i beskattningen av biogas som drivmedel liksom framtida förändringar av drivmedelspriser kan också få betydande konsekvenser för anläggningens ekonomi.

Investeringsbehov

För att uppföra rötningsanläggningarna i de fyra olika alternativen beräknas investeringen varieras mellan 41 och 110 M kr samt ytterligare 15 till 20 Mkr för att konvertera biogasen till drivmedel, se tabell 22. Noterbart är att alternativ 4 inkluderar två stycken rötningsanläggningar, en för glykolrötning och en för avfallsrötning. Däremot finns, liksom i de andra alternativen, bara en gasreningsanläggning i detta alternativ. Investeringsbehovet för att konvertera biogasen till drivmedel för fordon i alternativ 4 fördelas mellan de två anläggningarna (alternativ 4a-avfall och alternativ 4b-glykol) baserat på storleken på deras gasproduktion.

Investeringsbehovet relaterat till rötningsanläggningarnas storlek har beräknats variera mellan 47 och 121 miljoner kr/MW gaseffekt (exklusive gasrening). Rötningsanläggningen i alternativ 4 som enbart rötter glykol är betydligt mindre i storlek och saknar mycket av den dyra förbehandlingsutrustningen samt rötrestlager, vilket medför att investeringsbehovet för denna bara blir 32 miljoner kr/MW gaseffekt.

Tabell 22. Kalkylerat investeringsbehov för olika delar av en biogasanläggning och för uppgradering av biogas till fordonskvalitet för alternativ 1-4. Investeringsbehovet för både avfalls- och glykolrötningen i alternativ 4 anges också i tabellen liksom den summerade investeringen för dessa två anläggningar.

	Alt. 1	Alt. 2	Alt 3	Alt 4-total	Alt 4a-avfall	Alt 4b-glykol
RÖTNING	M kr	M kr	M kr	M kr	M kr	M kr
Hygienisering	3,2	3,1	4,0	3,1	3,1	-
Mottagning, sönderdelning, lagring av substrat	6,4	6,4	6,4	7,3	6,4	0,9
Rötning, värmeväxling	29,8	7,6	12,5	14,0	7,6	6,4
Rötrestlagring	20,7	2,7	6,4	2,7	2,7	-
Övrigt	49,9	20,9	28,6	29,7	20,9	8,8
Del summa Rötning	109,9	40,8	57,9	56,8	40,8	16,0
GASUPPGRADERING						
Gasrening	5,2	3,6	6,5	5,2	2,3	2,9
Gasledning	5,1	5,1	5,1	7,2	3,2	3,9
Lagring, tankning, annat	7,5	6,0	7,7	7,8	3,5	4,3
Delsumma Gasrening	17,8	14,8	19,3	20,1	9,1	11,1
Total investering	127,7	55,6	77,2	77,0	49,9	27,1
Investering rötning (enhet, Mkr/MW)	120,8	100,3	47,5	62,2	100,3	31,8
Investering gasrening (enhet, Mkr/MW)	19,5	36,3	15,8	22,2	22,0	22,0

Intäkter och kostnader

De intäkter som erhålles består av gas, biogödsel och behandlingsavgifter.

Antagna grundförutsättningar är:

- Biogasanläggningen tar betalt för växtnäringen i rötresten, men står för transport till och spridning på åkern. Priset för växtnäringen är satt till 7 kr/kg för kväve, 12 kr/kg för fosfor och 3 kr/kg för kalium. Det antas dock att endast 60 % av kvävet är växttillgängligt (dvs. ammoniumkvävet).
- Spridningskostnaden för rötresten har satts till 25 kr/ton.
- Behandlingsavgifterna är ansatta till 600 kr/ton matavfall, 200 kr/ton för avfall från latrin och fettavskiljare. De ansatta behandlingsavgifterna för avfallen baserar sig på erfarenheter från tidigare biogasprojekt.
- Behandlingsavgiften för glykol i alternativ 1 har ansatt till 94 kr/ton glykol vid rötning enligt alternativ 1. I denna kostnad inkluderas kostnader som uppkommer då den transporteras från Arlanda till röttningsanläggningen på Brista. Förutom denna transportkostnad ska även behandlingsavgiften finansiera kostnaden för att transportera den av glykolen genererade rötresten från Brista till rötrestlager hos lantbrukare, kostnad för lagring samt spridning på åkermark.

- Behandlingsavgiften för glykol i alternativ 4b-glykol har ansatt till 30 kr/ton vid enbart rötning av glykol vid Arlanda. I detta fall inkluderas ej någon ytterligare behandling av den rötade glykolen.

Kostnaderna är beräknade utifrån tidigare erfarenheter vid motsvarande anläggningar. Kapitalkostnaderna har beräknats utifrån en kalkylränta satt till 7 %.

Annuitetsmetoden har använts för beräkning av kapitalkostnaderna. I de fyra olika alternativen har avskrivningstiden för röttningsanläggningen varierat mellan 10 år (maskiner) upp till 20 år (byggnader) och avskrivningstiden för anläggningar som konvertera biogasen till drivmedel mellan 7 år (maskiner) upp till 20 år (byggnader och gasledning). Detta medför att för de fyra alternativen har kapitalkostnaderna för röttningsanläggningarna varierat mellan 10,5 och 11,5 % (motsvarar 13,8 – 16,2 års avskrivningstid). Kapitalkostnaderna för att konvertera biogas till drivmedel för fordon har i de fyra alternativen varierat mellan 14,3 och 15,3 % (motsvarar 9,0 – 9,8 års avskrivningstid).

Driftskostnader

I tabell 23 redovisas bedömda driftkostnader för anläggningen, dvs. löner, underhåll och energi. Elkostnaden har antagits vara 0,60 kr/kWh. Kostnaden för biogas-anläggningens interna behov av processvärme har antagits vara 0,30 kr/kWh.

Underhållskostnaden på biogasanläggningen har antagits vara 1,5 % av investeringsbehovet. I kostnadsposten ”Underhåll och annat” inkluderas även en ej specificerad kostnad på 150 kkr/år.

Tabell 23. Driftkostnader för rötning och att konvertera biogas till drivmedel åt fordon.

	Rötning	Rötning	Rötning	Gaskon.	Gaskon.	Gaskon.
	Löner	Underhåll och	El & värme	Drift	Underhåll	El
	M kr/år	annat	M kr/år	M kr/år	M kr/år	M kr/år
		M kr/år				
Alternativ 1	0,7	1,8	1,0	0,2	0,5	0,2
Alternativ 2	0,7	0,8	0,2	0,2	0,4	0,1
Alternativ 3	0,7	1,0	0,6	0,2	0,6	0,3
Alternativ 4	1,3	1,1	0,6	0,2	0,6	0,2

Ekonomiskt resultat för anläggning

Anläggningarnas ekonomiska effektivitet återspeglas i priset på gasen då anläggningens ekonomiska resultat balanseras till 0, se tabell 24. Det varierar mellan 0,61 och 1,99 kr/kWh. Dessa beräkningar bygger på en tänkt drift vid full kapacitet. På grund av inkörningsproblem etc. tar det erfarenhetsmässigt ett par år innan denna nivå hos anläggningen nås. Om istället gaspriset antas variera mellan 0,6 och 0,9 kr/kWh medför det ett årligt resultat för de olika alternativen som varierar mellan –10,1 och 3,1 Mkr/år, se tabell 25. I den ekonomiska jämförelsen är alternativ 3 det bästa alternativet. Rötningen av enbart glykol i alternativ 4 kan också generera fordonsgas till ungefär samma kostnad som vid alternativ 3. Man skall dock i alternativ 4 komma ihåg att investeringsbehovet för att konvertera biogasen till drivmedel i alternativ 4 fördelas mellan de två anläggningarna

(alternativ 4a-avfall och alternativ 4b-glykol). Ur ekonomisk synpunkt vore kombinationen rötning enligt alternativ 3 samt enbart rötning av glykolen i alternativ 4 det mest intressanta. Denna kombination skulle generera mer biogas och storleksfördelar skulle erhållas för kostnaderna att konvertera biogasen till drivmedel för fordon.

Tabell 24. Pris på uppgraderad gas för att alternativens kostnader ska vara lika stora som intäkterna.

	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4	Alt 4b-glykol	Alt 4a-avfall
Intäkter (Mkr/år)						
Behandlingsavgifter	12,9	2,4	7,2	5,8	3,3	2,4
Gas	14,8	7,1	6,5	8,6	2,5	6,1
Växtnäring	0,3	0,2	0,5	0,2	-	0,2
Summa, intäkter	28,1	9,7	14,3	14,6	5,9	8,7
Kostnader (Mkr/år)						
Rötning, kapitalkostnad	11,6	4,7	6,4	6,4	1,7	4,7
Rötning, driftkostnad	3,5	1,7	2,4	3,0	1,2	1,8
Tillsats av NP & pH-justerare	0,5	-	-	0,7	0,7	-
Transporter, avfall och rötrest	6,0	0,2	0,8	0,2	-	0,2
Spridningskostnader	2,9	0,2	0,7	0,2	-	0,2
Gasrening, kapitalkostnad	2,7	2,1	3,0	2,9	1,6	1,3
Gasrening, driftkostnad	0,9	0,7	1,1	1,1	0,7	0,6
Summa, kostnader	28,1	9,7	14,3	14,6	5,9	8,7
Gaspris, kr/kWh för 0-resultat	1,86	1,99	0,61	1,08	0,57	1,72

Tabell 25. Ekonomiskt resultat för de 4 olika alternativen om gaspriset varierar mellan 0,6 och 0,9 kr/kWh (exklusive moms).

Gaspris	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4-total	Alt 4b-glykol	Alt 4a-avfall
	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat
kr/kWh	Mkr/år	Mkr/år	Mkr/år	Mkr/år	Mkr/år	Mkr/år
0,9	-7,7	-3,9	3,1	-1,4	1,5	-2,9
0,8	-8,5	-4,2	2,1	-2,2	1,0	-3,3
0,7	-9,3	-4,6	1,0	-3,0	0,6	-3,6
0,6	-10,1	-5,0	-0,1	-3,8	0,1	-4,0

Miljövinst

Miljöpåverkan har beräknats med beaktande av utsläpp av koldioxid och kväveoxider. Två aspekter har beräknats. Dels påverkan av förändring av transportbehov i de olika alternativen jämfört med dagens situation. Dels påverkan från utbyte av fossilt bränsle till biogasbränsle vid fordonsdrift. Spridningen av rötresten som gödselmedel är en annan miljövinst, men beräkning av denna ingår ej i uppdraget.

Beräkning av transportförändring

Anläggningarna kommer att påverka transportmönstret för avfallet. Vid denna beräkning har beräkningen skett utifrån räkneshabloner för emissioner baserat på antalet tonkilometer. Dessa beräkningar baseras på Dalemo (1999) och IVL (2001). Förändringen av transportavstånd baseras på antagna avstånd enligt tabellen 25. Sammanfattande förändringar av utsläppen av NO_x och CO₂, relaterat till förändrade transporter, framgår av tabell 27. Detta bygger på antagandena att transporter sker med tankbil med släp och att tankbilen drivs med diesel. Vidare bygger beräkningarna på att bilen efter transport går tom under returreisan.

Tabell 26. Transportförändringar om avfall och glykol rötas istället för dagens omhändertagningsmetod. Mängder avser alternativ 1. Avstånden för transport av A-glykol utgår ifrån transportmönstret från säsongen 2002/2003. Transport Arlanda – Käppala sker i pipeline. Avstånden avser enkel resa.

Substrat	Plats för omhändertagande idag	Plats för omhändertagande vid biogas - produktion	km ton	
			km	ton
Fettavskiljare, Sigtuna	Henriksdal	Brista	-45	356
Fettavskiljare, Arlanda	Bro	Brista	-30	120
Hushållsavfall	Uppsala	Brista	-35	2520
Restaurang och handel, Sigtuna	Uppsala	Brista	-35	600
Restaurang Arlanda	Bro	Brista	-30	220
Latrin, Arlanda	Käppala	Brista	10	1564
A-glykol	Eskilstuna	Brista/Arlanda	-140/ -150	468
A-glykol	Västerås	Brista/Arlanda	-80/ -90	232
A-glykol	Käppala	Brista/Arlanda	10/0	429
B-glykol	Käppala	Brista/Arlanda	10	106000
Rötrest	-	Runt Brista	25-50 ^{*)}	

*) Avståndet varierar med mängd och kvalitet. Större mängd kräver längre transporter för att hitta avsättningsytor. Sämre kvalitet (mer tungmetaller etc.) kräver större transporter för att hitta avsättningsytor. Avstånden för alternativen 1-4 är ansatta till 50 km, 35 km, 35 km respektive 25 km.

Tabell 27. Förändringar i emissioner av CO₂ och NO_x för transporter i de fyra studerade alternativen jämfört mot dagens situation. Det negativa värdet tolkas som att alternativet ger en minskning av emissionerna som är förknippade med transporter.

	M ton km	NO _x	CO ₂
Alternativ 1	10,0	6,8	690
Alternativ 2	0,17	0,12	12
Alternativ 3	0,96	0,65	66
Alternativ 4	-1,04	-0,7	-71

Beräkning av miljövinst från biogas

Används biogasen till att ersätta fossilt bränsle fås en miljövinst i form av att koldioxidutsläppen minskar. Baserat på emissionsdata för bussar (IVL, 2001), se tabell 28 har denna vinst beräknats. Beräkningarna har skett utifrån antagandet att biogasen används till att driva bussar som i annat fall hade drivits på diesel, se tabell 29. I dessa beräkningar har det ansatts att 1 kWh diesel ersätts med 1,2 kWh biogas. Detta beror på att en gasdriven bussmotor har en lägre verkningsgrad än dieseldriven.

Tabell 28. Emissioner av NO_x och CO₂ från biogas respektive diesel. Värdena är omräknade till biogasekvivalenter.

Utsläpp från buss		
	NO _x	CO ₂
	g/MJ	g/MJ
Biogas	0,17	0,90
Diesel	0,63	63,8
Förändring	-0,46	-62,9

Tabell 29. Förändrade emissioner av NO_x och CO₂ då biogas ersätter diesel som drivmedel för bussar. De negativa värdena ska tolkas som att alternativet ger en minskning av emissionerna jämfört mot den idag rådande situationen.

	Gasproduktion	NO _x	CO ₂
	GWh/år	ton/år	ton/år
Alternativ 1	8,0	-13	-1810
Alternativ 2	3,6	-6	-815
Alternativ 3	10,8	-18	-2444
Alternativ 4	8,0	-13	-1810

Sammanlagd miljövinst

I tabell 30 finns den sammanlagda miljövinsten beräknad vad det gäller utsläpp av koldioxid och kväveoxider. Varje alternativ anger en total miljövinst. Jämförelse mellan alternativen visar att miljövinsten är stor i fall glykol inte behöver transporteras med bil och om glykolens rötrest kan ledas till spillvattennätet.

Tabell 30. Förändrade emissioner av NO_x och CO₂ i de fyra studerade systemen.

	NO _x ton	CO ₂ ton
Alternativ 1	-6	-1120
Alternativ 2	-6	-803
Alternativ 3	-17	-2378
Alternativ 4	-14	-1881

Tidigare erfarenheter

Rötning av glykol

Vid Albany International Airport, New York, har en fullskaleanläggning med fluidiserad bädd uppförts för behandling av avisningsglykol (Gibson, 2002). Avisningssäsongen pågår från oktober till maj och anläggningen startades upp i samband med avisningssäsongen 1998-99. Enligt Gibson (2002) har anläggningen fungerat väl under de år den varit i drift. Från början levererades det anaerobt behandlade glykolvattnet till ett näraliggande reningsverk, men 2001 byggdes ett aerobt polersteg vilket gör det möjligt för dem att låta vattnet gå direkt till recipienten Shaker Creek. Det amerikanska naturvårdsverket rekommenderar renings-tekniken som "Best Available Technology". En sammanställning på uppgifter från anläggningen redovisas i tabell 31.

Tabell 31. Data från rötgasanläggning vid Albany Airport.

Använd mängd glykol/år	568	m ³
COD-ekvivalent/år	954	ton
Glykolvatten/år	113600	m ³
COD-koncentration in	8,4	kg/m ³
Fluidiserad bädd (2 st)	2x153	m ³
HRT	16	d
Organisk belastning	13	kg COD/m ³ , d
Temperatur	32	°C
Metanproduktion	3,2	GWh/år

Rötning av matavfall

JTI har vid ett flertal tillfällen rötat matavfall både från restauranger, livsmedelsaffärer och hushåll i laboratorie- och pilotskala.

Matavfallet har varit mycket välsorterat och samlats in med emballerande papperspåsar alternativt att det läggs direkt i rullkärl som transporterats till JTI:s pilotanläggning.

JTI har samrötat källsorterat matavfall från VAFAB-regionen med vallgröda. Hushållen lade matavfallet i papperspåsar och dessa hämtas separat. Det använda matavfallet visade sig var mycket välsorterat och under en kortare period registrerades mängden felsorterat till mindre än 1 % (Nordberg m.fl., 1997). Detta innebar att

andelen plast och metaller var mycket liten och att malningen vid pilotanläggningen kunde göras utan någon avancerad förbehandling. Ingen ackumulering av sedimentande material kunde iaktas i försöksanläggningens lagertankar eller rötkammare. Den låga felsorteringsgraden innebär också att tungmetallnivåerna i rötresten var låg. Matavfall från hushåll har även visat sig vara ett utmärkt substrat för rötning och vid försök i laboratorieskala med en totalomblandad termofil röttningsprocess har belastning på 12 kg VS/m³ och dag och 6 kg VS/m³ och dag för mesofil uppnåtts (Nordberg & Jarvis, 1997).

Andra röttningsförsök vid JTI med mindre välsorterat matavfall från hushåll har visat på att ca 15 % avfallet har sjunkit till botten i den tank där en pumpbar slurry av matavfall har lagras inför rötning (Edström m.fl., 1992).

TRAAB:s biogasanläggning i Vänersborg som rötar ca 8000 ton matavfall per år, får bildning av sediment (av tunga föremål som exempelvis grus och glas) och svämtäcke (lätta föremål som plast och korkar) i både hygieniseringstankar och rötkammare (Fredriksson, pers. medd.). Hushållen sorterar ut de tre olika fraktionerna matavfall, brännbart och en deponirest. Hushållen lägger matavfallet i en grön påse, det brännbara i röd och deponiresten i en påse med annan färg än röd eller grön. Uppsamlingen av dessa fraktioner sker med ett gemensamt fordon. En optisk sorteringsanläggning separerar bort de röda och de gröna påsarna.

Ecoferm har sedan 1996 drivit en pilotanläggning på Sofielunds återvinningsanläggning i Huddinge för termofil rötning av framför allt källsorterat matavfall från restauranger. Anläggningen rötar ett par hundra ton matavfall per år och de kan visa på kontinuerligt låga halter av tungmetaller i rötresten. De har periodvis också haft bildning av sediment och svämtäcke i rötkammaren.

VAFAB håller för närvarande på att uppföra en biogasanläggning i Västerås för att röta 14000 ton matavfall från hushåll och den beräknas att tas i drift under år 2005.

Investeringsbehovet för danska och svenska biogasanläggningar

Utgående från en sammanställning över 11 danska biogasanläggningar har investeringsbehovet (exkl. hantering och konvertering av gas) relaterat till anläggningsstorleken beräknats. Investeringsbehovet var i medeltal beräknat till ca 17 miljoner DDK/MW gaseffekt, vilket motsvarar 2 miljoner DDK/GWh producerad biogas per år (Wengholt m.fl., 1999; Hjort-Gregersen, 1998). Detta motsvarar ca 23 miljoner SEK/MW eller 2,7 miljoner SEK/GWh producerad biogas per år.

I en sammanställning över 7 svenska biogasanläggningar har, på samma sätt, investeringsbehovet (exkl. uppgradering av biogas) relaterat till anläggningsstorleken beräknats till ca 25 miljoner SEK/MW (Bjurling & Svärd 1998; Wengholt m.fl., 1999).

Dessa sammanställningar kan ge en indikation vad det gäller investeringsbehovet för att uppföra en biogasanläggning i den aktuella regionen som funktion av storlek. Det skall dock noteras att det är ett relativt stort intervall mellan anläggningarna med de lägsta respektive det högsta investeringsbehovet. Detta kan troligtvis till stor del förklaras med att utformningen av anläggningen är beroende av vilka

substrat som ska rötas, storlek, och behovet av förbehandling samt lokala förutsättningar.

Jämförelse med tidigare utredning

En tidigare studie har genomförts där gaspotentialen från glykol bedömdes. Utredningen genomfördes år 2000 av Sweco VBB Viak (Adolphsson m.fl., 2000). En utmärkande skillnad mellan denna studie och den tidigare studien är bedömd gaspotential från glykolen.

Skillnaden förklaras främst av två olika faktorer.

1. Mängden A-glykol. Adolphsson m.fl. (2000) bygger beräkningarna på en mängd A-glykol omfattande 9000 m³/år. Rapporten använder siffror för säsongen 1998/1999. Uppsamlad mängd A-glykol för olika säsonger redovisas i tabell 32. Som framgår av tabellen varierar mängden A-glykol. Denna rapport räknar med data från de senaste tre säsongerna, vilket ger ett medelvärde på 5350 ton. Beräknad mängd A-glykol är därför 41 % lägre i denna rapports beräkning än i Adolphsson m.fl. (2000). Mängderna B-glykol har inte någon större skillnad.

Tabell 32. Mängd A-glykol. Källa LfV Glykolrapporter

År	Uppsamlad mängd A-glykol (ton)
1998/1999	8000
1999/2000	6600
2000/2001	5806
2001/2002	5487
2002/2003	5331
2003/2004	5233

2. Omräkningsfaktorn för gaspotentialen. Adolphsson m.fl. (2000) har beräknat COD-innehållet i glykolen till 3110 ton/år. Utifrån detta har energiinnehållet beräknats till 19,6 GWh/år, vilket skulle innebära 6,3 kWh/kg COD.

Våra beräkningar baseras på en mängd A-glykol om 5350 ton och 106 000 ton B-glykol. Tillsammans beräknas dessa innehålla 1350 ton COD.

Den teoretiska maximala mängden metangas som kan fås är 0,35 m³/kg COD (Zitomer, 2001). Vidare är energiinnehållet i metangas 9,8 kWh/m³. Detta ger i sin tur 3,43 kWh/kg COD vilket är 54 % av det värde Sweco VBB Viak kom fram till. Rötning av 1350 ton COD ger därför enligt våra beräkningar 4,4 GWh/år.

Diskussion

Bedömning av producerad gas såsom biogas

Mot bakgrund av regelverk för förnybar energi är det viktigt att bedöma huruvida producerad gas är framställd ur biologiskt material eller ej. Biologiska substrat innebär att råvarorna är av icke-fossilt ursprung vilket i sin tur innebär att inget nettobidrag av kol sker till biosfären. Minskade nettobidrag bedöms av svenska myndigheter som viktigt på grund av klimatpåverkande faktorer etc. Samtidigt är också svenska myndigheter intresserade av en bättre återanvändning av material så att förbrukningen av materiella resurser hålls på en låg nivå för att minska belastningen på miljön. Detta är två principer som är viktiga för LFV att ta hänsyn till vid utredningen av en eventuell satsning på produktion av fordonsgas. JTI har gjort en summarisk utredning av läget:

- Enligt lagen om skatt på energi, LES (SFS 1994:1776) är metangas från biologiska processer skattebefriad verksamhet (§11, 2 kap). Gasproduktion med en anaerob reaktor är en biologisk process.
- I reglerna för punktskatter för koldioxid vill regeringen undanta biogas från koldioxidskatt och anger då i sin förfrågan till EU att ”kolatomerna har ett biologiskt ursprung” (EU, 2003). Här är frågan om glykolens kolatomer kan anses ha ett biologiskt ursprung.
- I reglerna för produktion av el och rätten till miljöcertifikat för miljövänlig el anges att ”biogas, som bildats när organiskt material såsom gödsel, slam från kommunala och industriella reningsverk, hushållsavfall samt avfall från livsmedelsproduktion, restauranger och handeln brutits ned av metanproducerande bakterier under syrefria förhållanden” (SFS 2003:120). Gas från glykol och hushållsavfall skulle kunna tolkas såsom ett kommunalt eller industriellt reningsverk och därför vara godkänt utifrån reglerna.

Konklusionen är att detta är en komplex fråga som LFV behöver ta ställning till. Inte bara skattefrågor är aktuella utan kanske även den ram av miljötillstånd som Arlanda bedrivs inom. Vidare behandling här ligger utanför detta uppdrags omfattning.

Rötning av glykol

Vid rötning av glykol påverkar flödena både ekonomi och storlek på anläggning och lagringsbehov. Beräkningar har skett utifrån önskan att få en jämn gasproduktion under året, i enlighet med beställningen. Utgående från att biogasanläggningen fritt kan disponera ca 5000 m³ av den befintliga volymen för glykollagring vid Arlanda, för att lagra merparten av den under vintern genererade A-glykolen till sommaren, är detta ekonomiskt fördelaktigt för biogasanläggningen. Detta beror dels på att den erforderliga röt-kammarvolymen kan göras mindre, dels att ingen extern gas måste införskaffas under sommarperioden för att kompensera då gasproduktionen minskar. Om däremot biogasanläggningen måste göra en investering för att lagra A-glykolen, kan slutsatsen bli en annan, men detta har inte studerats i denna förstudie.

För rötning av enbart glykol har en fluidiserad bädd antagits som reaktorutformning i beräkningarna. Grunden till detta är att det finns uppgifter på pilotförsök samt att det dessutom finns en produktionsanläggning byggd i USA. Det är dock mycket troligt att även andra reaktorkoncept, t.ex. UASB (upflow anaerobic sludge blanket) skulle kunna fungera väl så bra.

Vid behandling av enbart glykol så krävs enligt beräkningarna tillförsel av kväve, fosfor och pH-neutraliserande medel. Beräkningarna utgår från de pilotförsök som rapporterats, men det är viktigt att framhålla att det kan finnas förutsättningar för att optimera tillförseln och därmed minska kostnaderna. Några uppgifter på kvantiteter av tillskott som görs på fullskaleanläggningen i USA har ej hittats. Om alternativet med separat rötning av glykol övervägs bör kontakt tas med Albany International Airport för att t.ex. göra studiebesök och få klarhet i hur väl processen har fungerat under driftstiden samt vilka kvantiteter av pH-reglerande ämnen och näring som används.

En konsekvens av att tillföra extra kväve och fosfor till alternativet med enbart glykolrötning innebär inte bara ökade kostnader utan även att belastningen på reningsverket avseende kväve och fosfor ökar om rötad vätska tillförs spillvatten-systemet. I dag ses glykolen som ett välkommet tillskott till reningsverket eftersom det ger en extra kolkälla till kvävereningssteget. En ökad tillförsel av N och P tillsammans med en minskad mängd lättillgängligt kol kommer att upplevas negativt utifrån reningsverkets perspektiv.

Om Arlanda installerar urinseparerande toaletter skulle denna urin användas för att förse alternativ 1 eller 4b-glykol med dess behov med tillsats av kväve och fosfor. Baserat på uppgifter på hur mycket kväve och fosfor som finns i människan urin (fosfor dimensionera urinmängden, jämför tabell 8 och figur 3 och 4) skulle alternativ 1 motsvara 12000 pe (i detta fall menas den totala mängden urin som 12000 människor utsöndrar per dag) och alternativ 4b-glykol motsvarande 14000 pe.

Det har ej legat i uppdraget att ge förslag på hur den rötade glykolen i alternativ 4b-glykol ska omhändertas och kostnaden för detta.

Alternativ 3

I alternativ 3 har mängden avfall satts till tre gånger mängderna i alternativ 2. Orsaken är att diskussioner med LFV och Sigtuna kommun uttryckte en önskan att finna en avfallsmängd som ger en ekonomiskt rimlig anläggning. Bedömningen utifrån givna data och beräkningar är att anläggningen då behöver minst en tredubbel mängd avfall.

Rötrestkvalitet

Användning av latrin från Arlanda kan starkt ifrågasättas. Latrinen innehåller en mer eller mindre okänd blandning av baktericider vilket kan förstöra en anaerob nedbrytning. Erfarenheter från SBR-anläggningen vid Arlanda är negativa. Enligt personal på Arlanda avstannade den aeroba nedbrytningen när latrin tillsattes. Vidare går för närvarande biogödsel som innehåller rötat latrin ej att certifiera, vilket medför att ingen rötrest som genereras vid de 4 studerade alternativen går att klassa som biogödsel. Samtidigt ger latrinen litet bidrag både till biogas-

produktionen och till växtnäring till rötresten, varför effekten skulle bli liten av att exkludera denna fraktion i de studerade alternativen. Rötrest som kan klassas som biogödsel är lättare att hitta avsättning för på jordbruksmark, vilket bör beaktas vid fortsatt utredning.

I de ekonomiska beräkningarna förutsätts att rötresten kan spridas på åkermark och att därmed recirkulering av växtnäring kan ske. Rimligheten i detta antagande kan ifrågasättas, speciellt för alternativ 1, beroende på att glykolen samrötas med avfallen. Om det ej går att få avsättning av rötrest till åkermark måste rötresten omhändertas på annat sätt. Ett alternativ skulle kunna vara att avvattna slammet, efter rening av vattenlösliga växtnäringssämnen släppa vätskefasen till spillvatten-nätet och förbränna den fasta fasen.

Osäkerhet i beräknad gasproduktion

Den substratinventering som har genomförts visar på att framför allt att mängden A-glykol och matavfall från hushållen skulle kunna vara större och signifikant skulle kunna bidra till en högre biogasproduktion än den framräknade i de studerade alternativen. Om mängden A-glykol är 5487 ton per år med en COD-halt på 260 kg/m³ skulle detta leda till att biogasproduktionen skulle stiga med 2 GWh/år i alternativ 1 och 4. Om mängden matavfall istället skulle ökas till 3280 ton per år skulle detta leda till att biogasproduktionen skulle stiga med 0,8 GWh/år. Lägg dessa två ökade gasproduktioner ihop skulle det medföra en ökad gasproduktion med 36 % för alternativ 1 och 4.

Substratinventeringen visade också på att framför allt att mängden COD via A- och B-glykolen skulle kunna vara överskattad. Om mängden A-glykol istället är 5233 ton per år med en COD-halt på 35 kg/m³ skulle detta leda till att biogasproduktionen skulle sjunka med 2 GWh/år i alternativ 1 och 4. Om på samma sätt mängden B-glykol istället är 95200 ton per år med en COD-halt på 4,7 kg/m³ skulle detta leda till att biogasproduktionen skulle sjunka med 0,3 GWh/år.

Gasanvändning

I denna förstudie har det ej inkluderats något LNG-system som backup, om driftstörningar inträffar antingen vid röttningsanläggningen eller i gasreningsanläggningen. Detta kan vara nödvändigt, om de fordon som använder biogasen som drivmedel enbart går på gas. Eftersom Statoil bygger en biogasmack som förses med biogas via lastbilstransport från Stockholm finns därmed en viss backupkapacitet.

I förstudien har det antagits att all producerad biogas säljs som drivmedel och att biogasanläggningens värmebehov täcks via en annan energibärare.

Slutsatser och rekommendation

Utredningen har beaktat fyra olika alternativ för uppförande av en biogasanläggning. Resultatet av varje alternativ är följande.

Alternativ 1 visade sig ur många aspekter ett dåligt alternativ. Alternativet kräver stora investeringar i rötchammare och lagerbehållare för rötrest, den låga torr-

substans halten i substratet ger ett dåligt utnyttjande av röt-kammarvolymen, det finns stora tveksamheter vad det gäller avsättningen för rötresten på åkermark, transportbehovet är mycket stort varför miljövinsten med att använda biogas som fordonsbränsle delvis äts upp av detta. Stort investeringsbehov och stora kostnader för att hantera rötrest och glykol medför att priset på producerad biogas som drivmedel åt fordon blir mycket högt.

Alternativ 2 visade sig också vara ett dåligt alternativ. Orsaken till detta är framför allt att substratmängderna är för små vilket leder till allt för höga kapital och driftkostnader vilket också medför att priset på producerad biogas som drivmedel åt fordon blir mycket högt.

Alternativ 3 visade sig vara ett intressant alternativ. Biogasproduktionen i detta alternativ var 3 ggr större än i alternativ 2 varför betydande storleksfördelar har erhållits både vad det gäller miljönytta liksom att pressa kostnaderna. Detta leder till att det beräknade priset på producerad biogas som drivmedel åt fordon ligger på samma storleksordning som fossilbaserade drivmedel. Dock bör flygplanens latrin ej tas med i behandlingen så att rötresten kan klassas som biogödsel.

Alternativ 4 visade sig också vara ett intressant alternativ. Glykolrötningen enligt alternativ 4b-glykol visade sig vara kostandseffektiv. Rötningen av enbart glykol i alternativ 4 kan också generera fordonsgas till ungefär samma kostnad som vid alternativ 3. En separat avfallsrötning som också inkluderades i detta alternativ baserar sig på samma förutsättningar som alternativ 2, varför gaspriset för avfallsrötningen blir högt. Totalt sätt ger alternativ 4 ett dyrare pris på producerad biogas som drivmedel åt fordon än fossilbaserade drivmedel.

Utgående från resultaten från förstudien rekommenderas Sigtuna kommun och Luftfartsverket att fortsätta undersöka förutsättningarna för en kombination av alternativ 3 och alternativ 4b-glykol. Denna kombination skulle ge en gasproduktion på 15 GWh/år vilket bedöms ge goda förutsättningar för att kunna producera biogas av drivmedelkvalitet till konkurrenskraftigt pris jämfört mot fossilbaserade drivmedel. En fortsatt undersökning skulle kunna utgöras av att ta kontakter med grannkommuner och entreprenörer för att undersöka om avfallsunderlaget för rötning kan utökas, genomföra flera analyser framför allt på den uppsamlade glykolen, hämta hem kunskap från en befintlig glykolröttningsanläggning på Albany International Airport i New York samt genomföra röttningsförsök i laboratorie skala med glykol för att studera behovet av tillsatsämnen, processtabilitet och skaffa dimensioneringsunderlag innan en mer detaljerad projektering genomförs.

Referenser

- Adolphson, T., Lindberg, A., Larsson, B. Millers-Dalsjö, D. 2000. Förstudie: Alternativ behandling av glykol och andra substrat för biogasproduktion. Uppdragsnummer 1130202 00. VBB Viak. Stockholm.
- Avfallsplan för Sigtuna kommun 2005-2008. Remisshandling 2004-10-11.
- Bjurling, K. & Svärd. Å. 1998. Samrötning av organiskt avfall – en studie av svenska biogasanläggningar. VA-teknik, LTH. Lund.
- Commission Regulation (EC) No 436/2001
- Dalemo, M. 1999, Environmental System Analysis of Organic Waste Management, Agraria 146, SLU
- Edström, M. 1996. Biogas och växtnäring kretslopp stad-land. Rötningförsök med organiskt avfall i Uppsala. JTI-rapport Kretslopp & Avfall Nr 2. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Edström, M., Thyselius, L., Blomberg, M. 1992. "Brogasprojektet" Biogas ur organiskt avfall och växtbiomassa. Uppdragsrapport åt Bro kommun. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- EU. 2003. Europeiska Kommissionen, C(2003)407fin, Statligt stöd N 480/2002, Punktskattelättnad för koldioxidneutrala drivmedel
- Hjort-Gregersen, K. 1998. Biogafællesanlæg Økonomiske resultater og analyser. Statusrapport 1998. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiska Institut. København
- IVL 2001, Miljöfaktabok för bränslen, Del.2 Bakgrundsinformation och Teknisk bilaga, IVL Svenska Miljöinstitutet AB
- Komisar, S.J., Weinert, C.G., Veltmann, s., Switzenbaum, M.S. and Hickey, R.F. (1998) "Complete On-site Treatment of Aircraft De-Icing Wastewater Using a Sequential Anaerobic Fluidized Bed - Slow Sand Filter System". In proc. Water Environment Federation Technical Exposition and Conference 1998 (WEFTEC'98), 341-349
- Kärman, E., Jönsson, H., Gruvberger, C., Dalemo, M., Sonesson, U., Stenström, T. A. 1999. Miljösystemanalys av hushållens avlopp och organiska avfall – syntes av hanteringssystem undersökta inom FoU-programmet "Organiskt avfall som växtnäingsresurs". VA-Forsk Rapport 1999- 15. VAV AB, Stockholm
- LFV. 2000, Karakterisering av toalettavatten från flygplan. Intern LFV-rapport, dnr SA 2000-0662-03
- LFV. 2003, Rapport 2003: Spillvatten totalt från Arlanda.
- Nordberg 2002. PROGRESS REPORT #2. AGROPTI Gas. Demonstration of an optimised production system for biogas from biological waste and agricultural feedstock. European commission, Directorate-general for energy and transport contract NNE5/2000/484. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Nordberg, Å. & Jarvis, Å. 1997. Mesofil och termofil rötning av källsorterat hushållsavfall. NUTEK projekt nr P223-3, Dnr. 8621-95-10924. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Nordberg, Å., Edström, M., Pettersson C.-M., Thyselius, L. 1997. Samrötning av vallgrödor och källsorterat hushållsavfall. JTI-rapport Kretslopp & Avfall Nr 13.
- Persson, M. 2003. Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas. Rapport SGC 142. Svenskt Gastekniskt Center, Malmö.
- Sahlqvist, Å.2002. Intern LFV-rapport, dnr SA 2002-1501-03.

- SFS 1994:1776, Lag (1994:1776) om skatt på energi
 SFS 2003:120, Förordning (2003:120) om elcertifikat
 SPCR120, Certifieringsregler för biogödsel, SP Sveriges Provnings- och
 Forskningsinstitut, version 2004-10-01
 Vafab, MälarEnergi, LRF. 2003. The Växtkraft-project* in Västerås. Status report
 - September 2003.
 Wengholt, E., Svärd, Å. Nilsson, S., Fransson, G., Karlsson, S., Mjöberg, P.,
 Dahl, O., Karlsson, A.-C., Nilsson, T., Thyselius, L., Edström, M.,
 Gruvberger, C., Berg, J., Nielsen, J. B H., Lind, J., Friström, A. 1999. OPTI-
 gas. Studie av infrastruktur för biogas som fordonsbränsle från energigröda,
 gödsel och organiskt avfall, med optimal re-cirkulation av näringsämnen.
 Växjö kommun.
 Wikberg, A., Blomberg, M., Mathisen, B. (1998), Composition of Waste from
 Slaughterhouses, Restaurants and Food Distributors, AFR-report 234,
 Naturvårdsverket, Stockholm.
 Weiland, P., Trösch, W., Oeschner, H., Gosch, A., Philipp, W., Kuhn E., Schulz,
 H., Winkler, M., Vollmer, G.-R., Gronbach, G., Henze, H.-C. 1998.
 Kofermentation. Arbeitspapier 249. KTBL, Darmstdt. (In German).
- Zitomer, D & Tonuk, G. 2003, Propylene Glycol Deicer Biodegradation Kinetics:
 Anaerobic Complete-Mix Stirred Tank Reactors, Filter and Fluidixed Bed.
 Zitomer, D. 2001, Waste Aircraft Deicing Fluid: Management and Concersion to
 Metahnde, Marquette University. Milwaukee, MI. USA

Personliga meddelanden

- Fredriksson, J. 2004. TRAAB
 Sahlgren, P. 2004. Sigtuna kommun.
 Sahlqvist, Å. 2004. Luftfartsverket.
 Ånger, T. 2001. VAFAB

Information på Webbplats

- RVF. 2004. Hälften av all mat blir sopor.
 Gibson. 2002. Let the Bugs Do the Work, <http://www.progressiveengineer.com/>
 Shell. 2004. Produktblad för diesel och bensin.

Bilagor

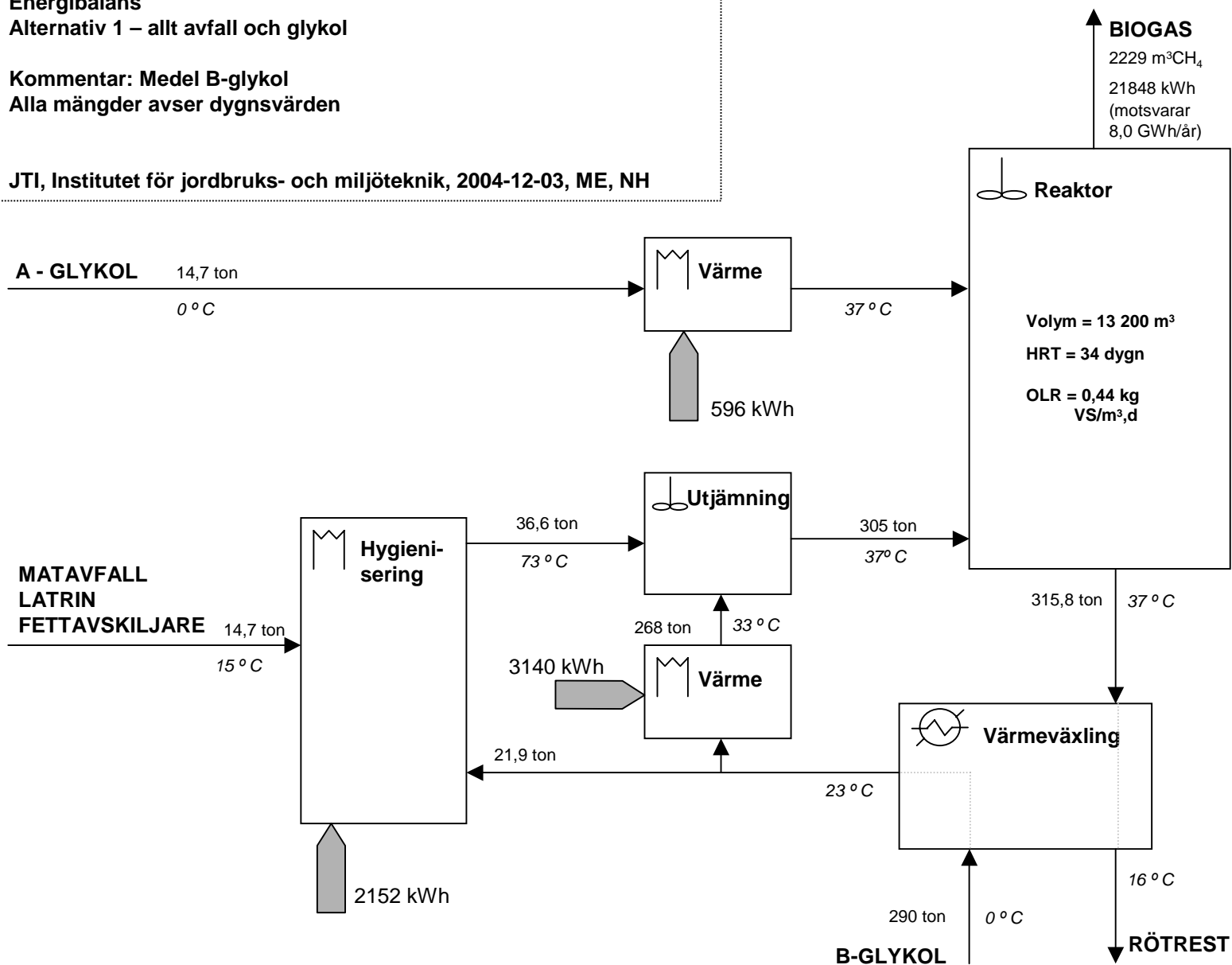
1. Processbilder
2. Energiflöden

LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda
Bilaga 1

Energibalans
Alternativ 1 – allt avfall och glykol

Kommentar: Medel B-glykol
Alla mängder avser dygnsvärden

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-03, ME, NH

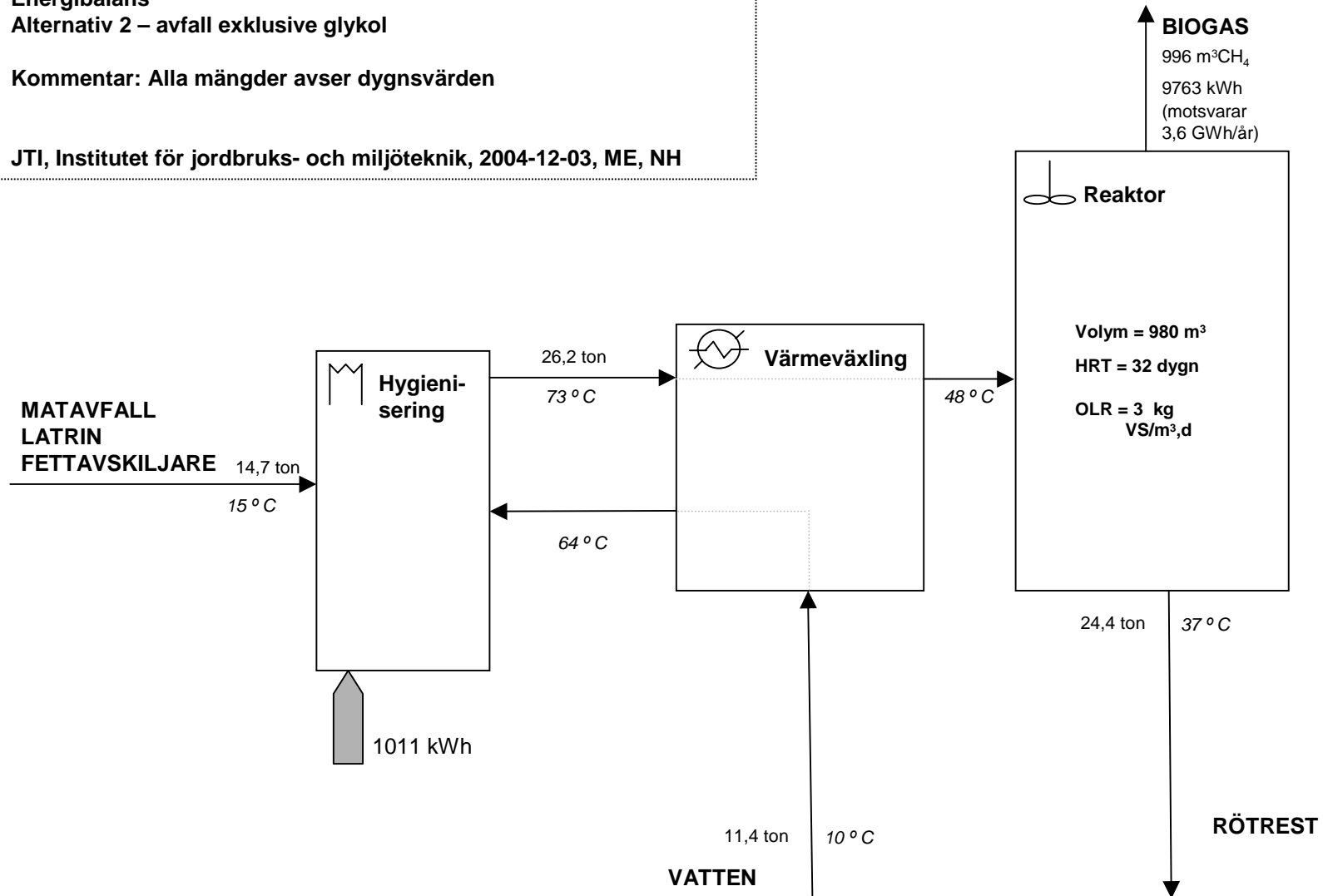


LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda
Bilaga 1

Energibalans
Alternativ 2 – avfall exklusive glykol

Kommentar: Alla mängder avser dygnsvärden

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-03, ME, NH

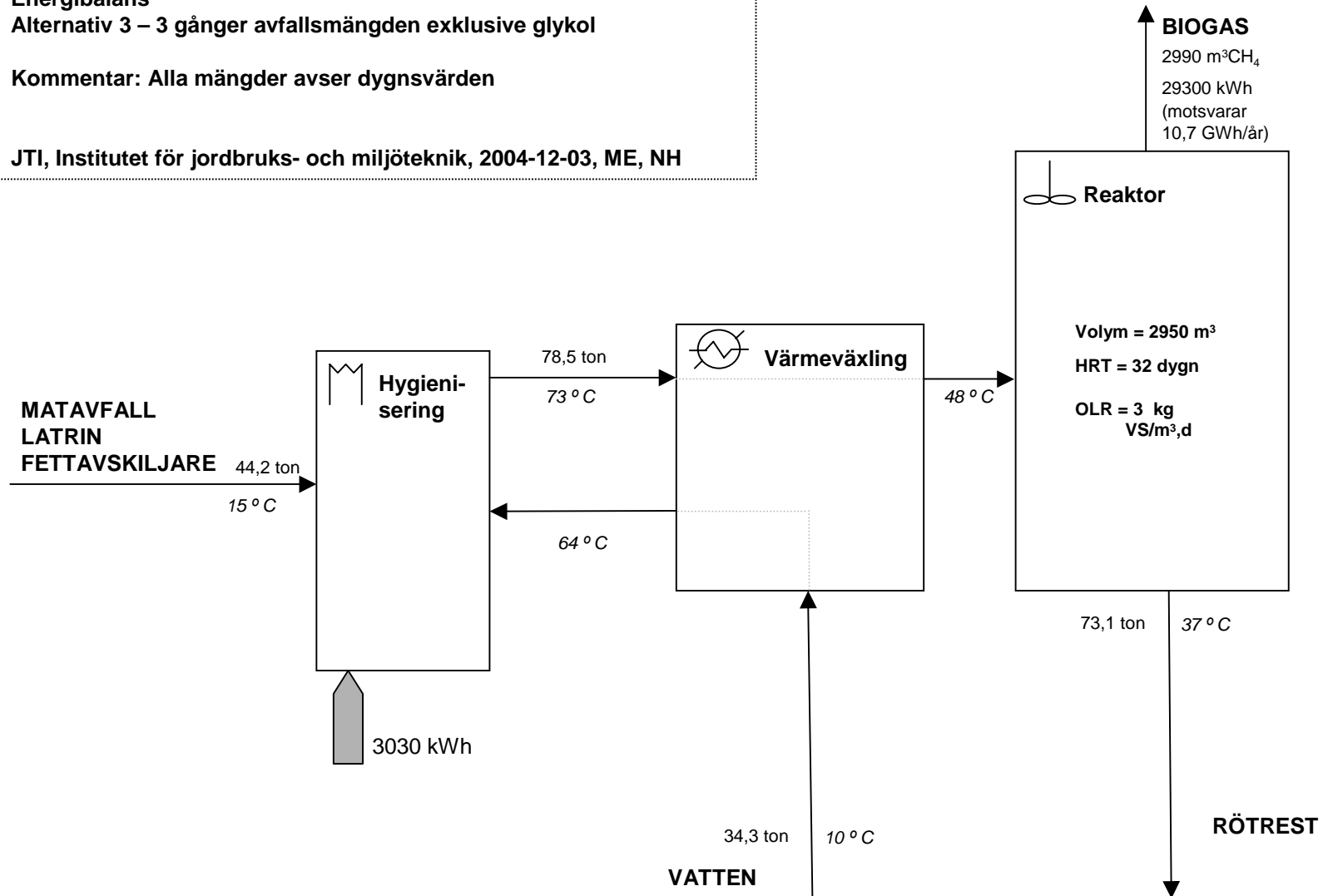


LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda
Bilaga 1

Energibalans
Alternativ 3 – 3 gånger avfallsmängden exklusive glykol

Kommentar: Alla mängder avser dygnsvärden

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-03, ME, NH

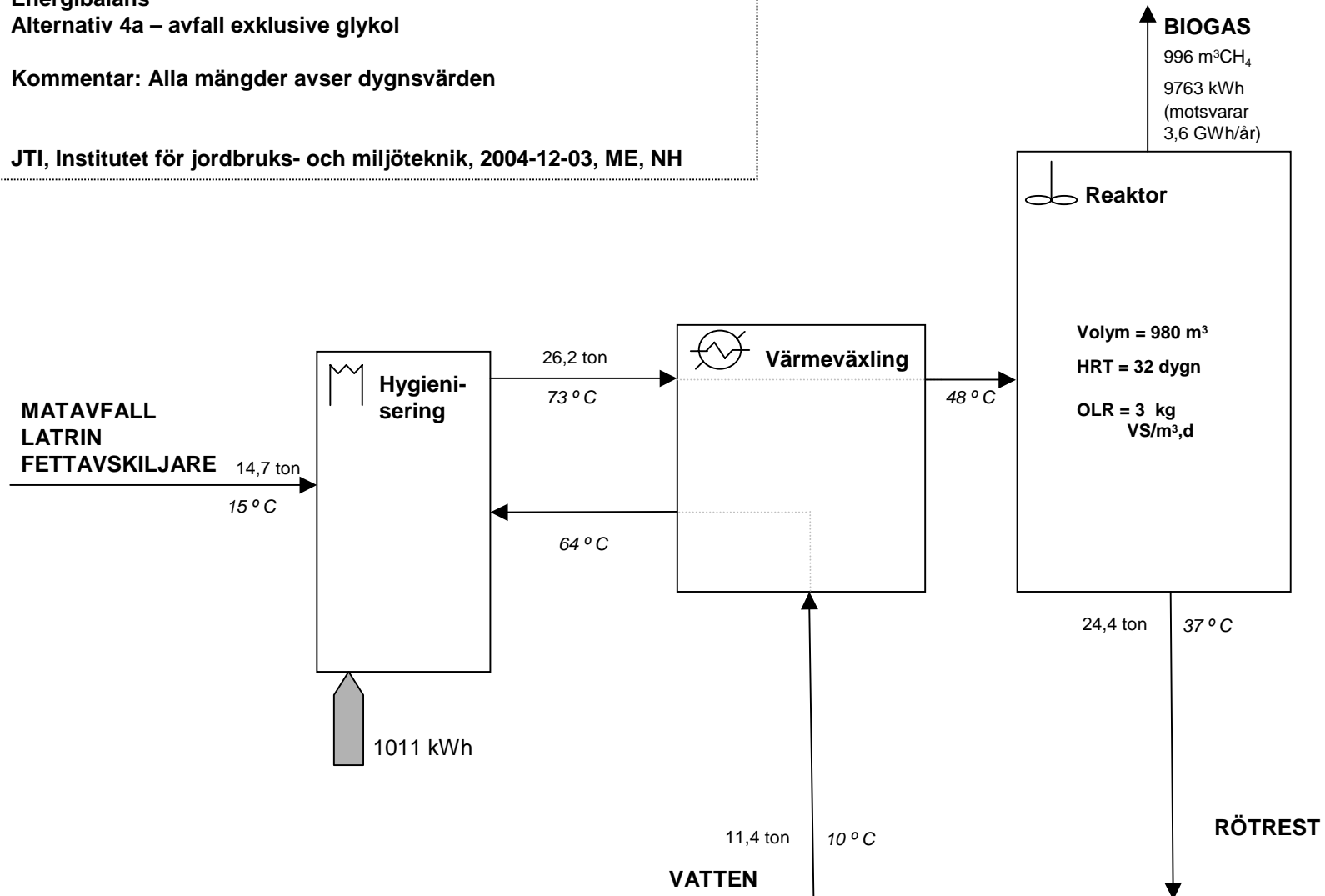


LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda
Bilaga 1

Energibalans
Alternativ 4a – avfall exklusive glykol

Kommentar: Alla mängder avser dygnsvärden

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-03, ME, NH

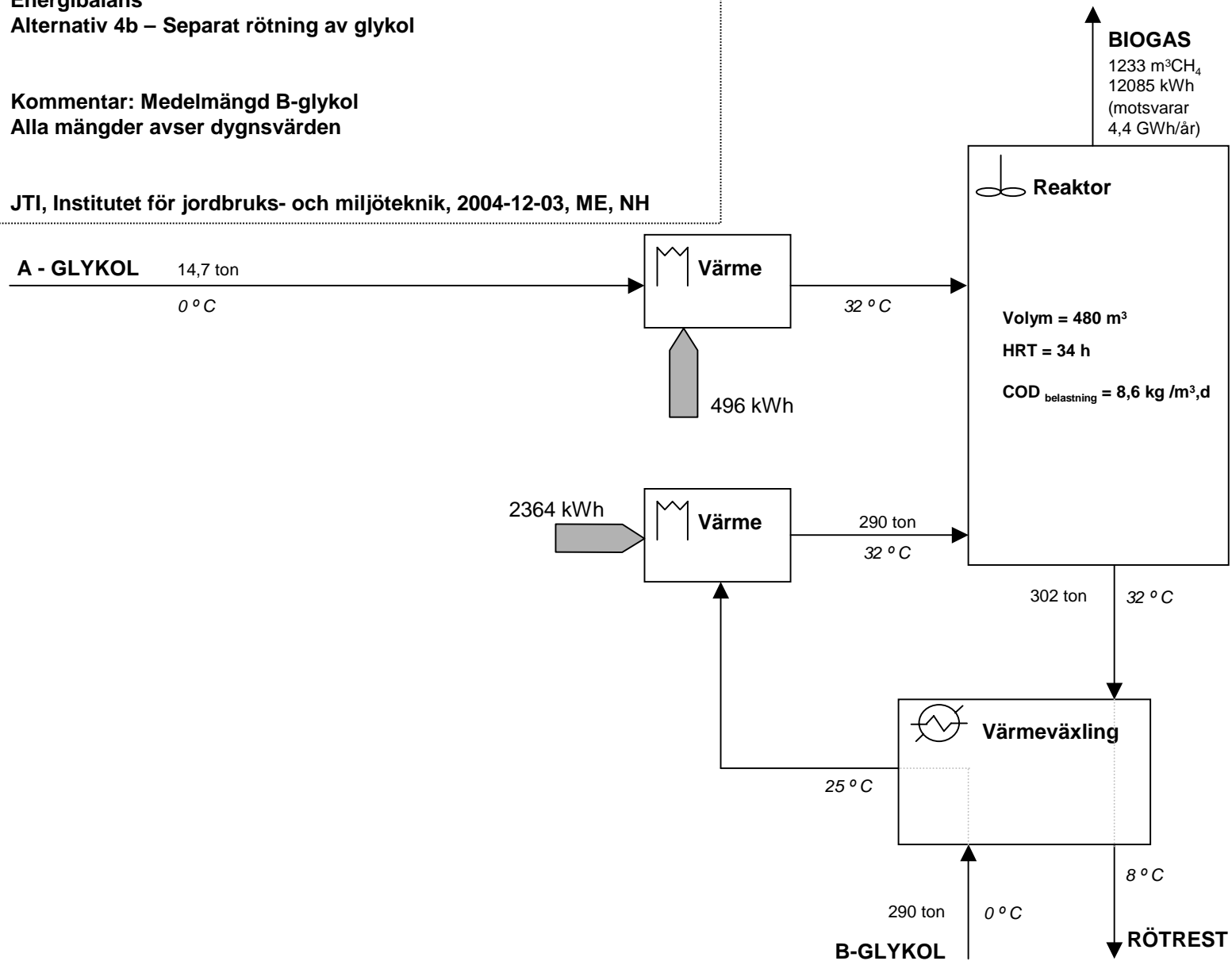


LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda
Bilaga 1

Energibalans
Alternativ 4b – Separat rötning av glykol

Kommentar: Medelmängd B-glykol
Alla mängder avser dygnsvärden

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-03, ME, NH



LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda

Bilaga 2

Processöversikt

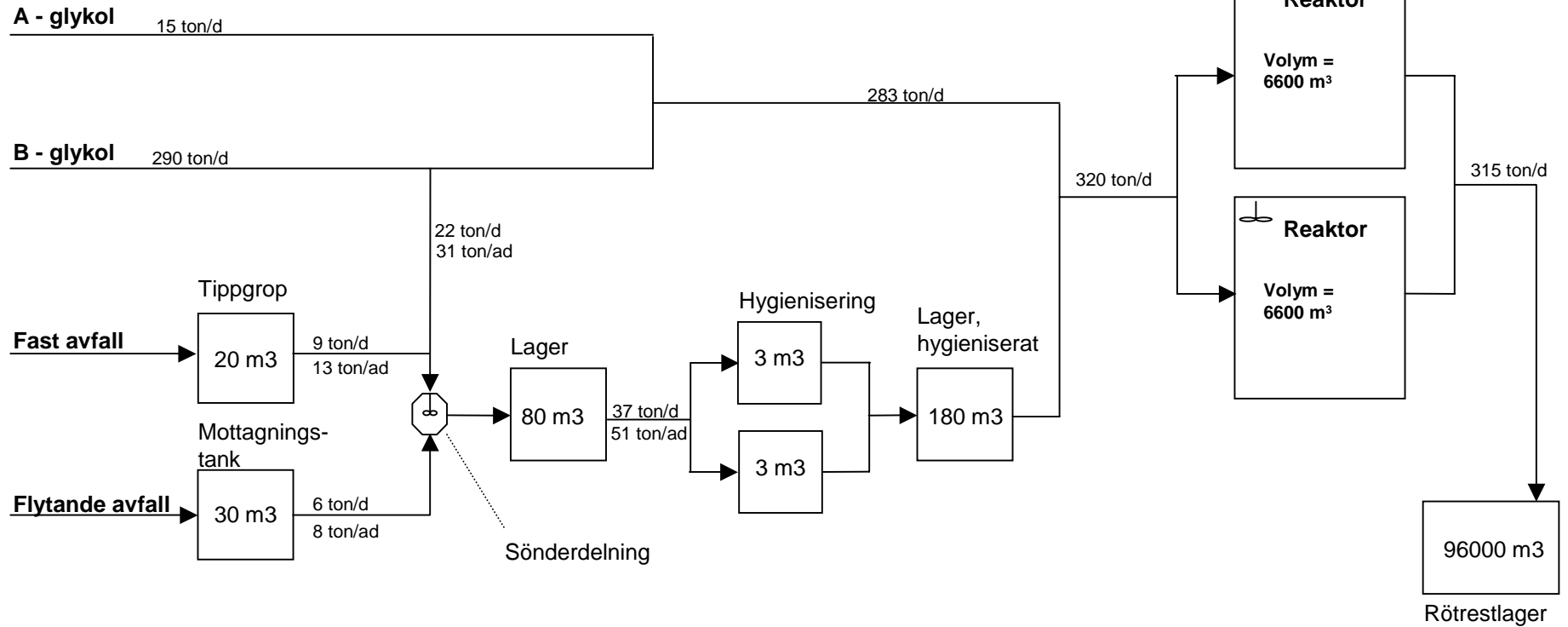
Alternativ 1

Karaktäristiska volymer och flöden för rötning

ton/d = ton per dag

ton/ad = ton per arbetsdag

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-02, ME, NH



LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda

Bilaga 2

Processöversikt

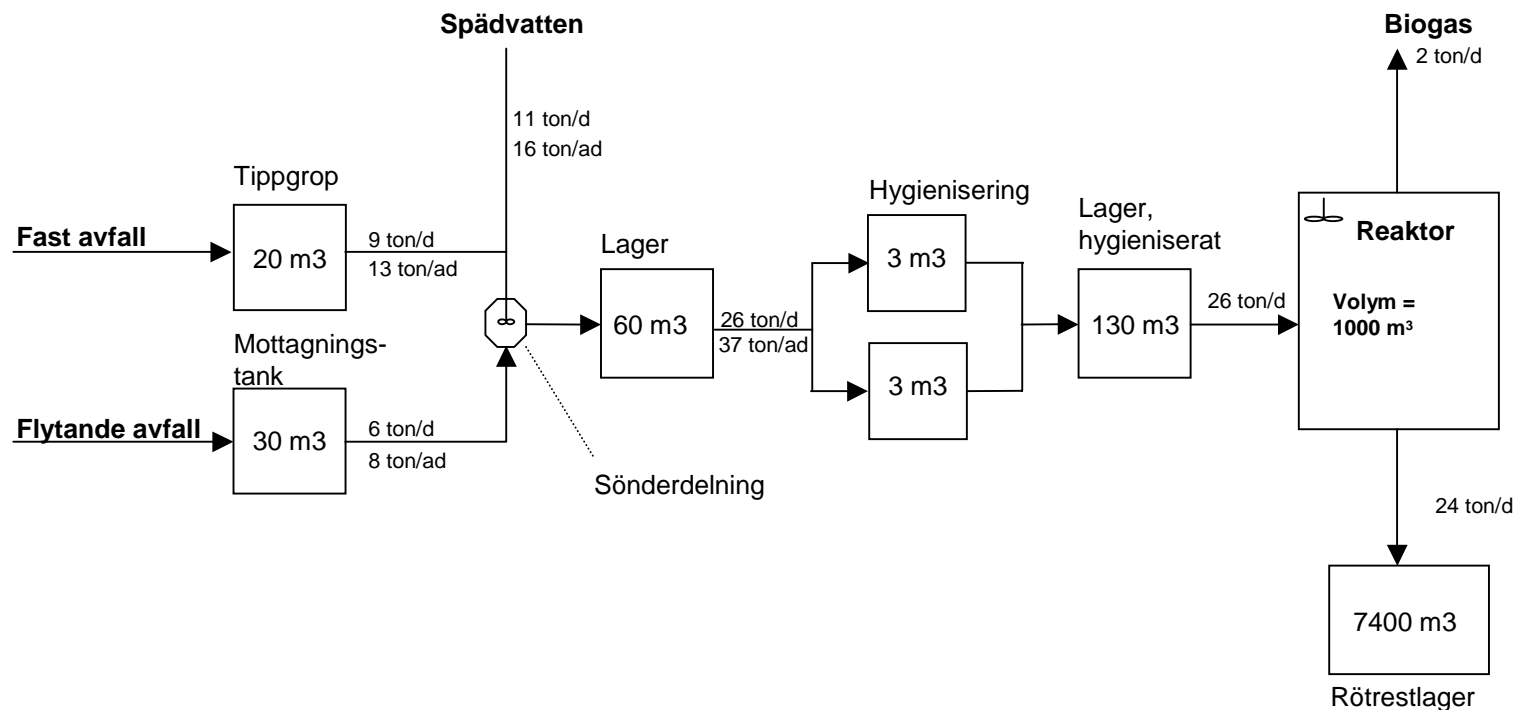
Alternativ 2

Karaktäristiska volymer och flöden för rötning

ton/d = ton per dag

ton/ad = ton per arbetsdag

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-02, ME, NH



LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda

Bilaga 2

Processöversikt

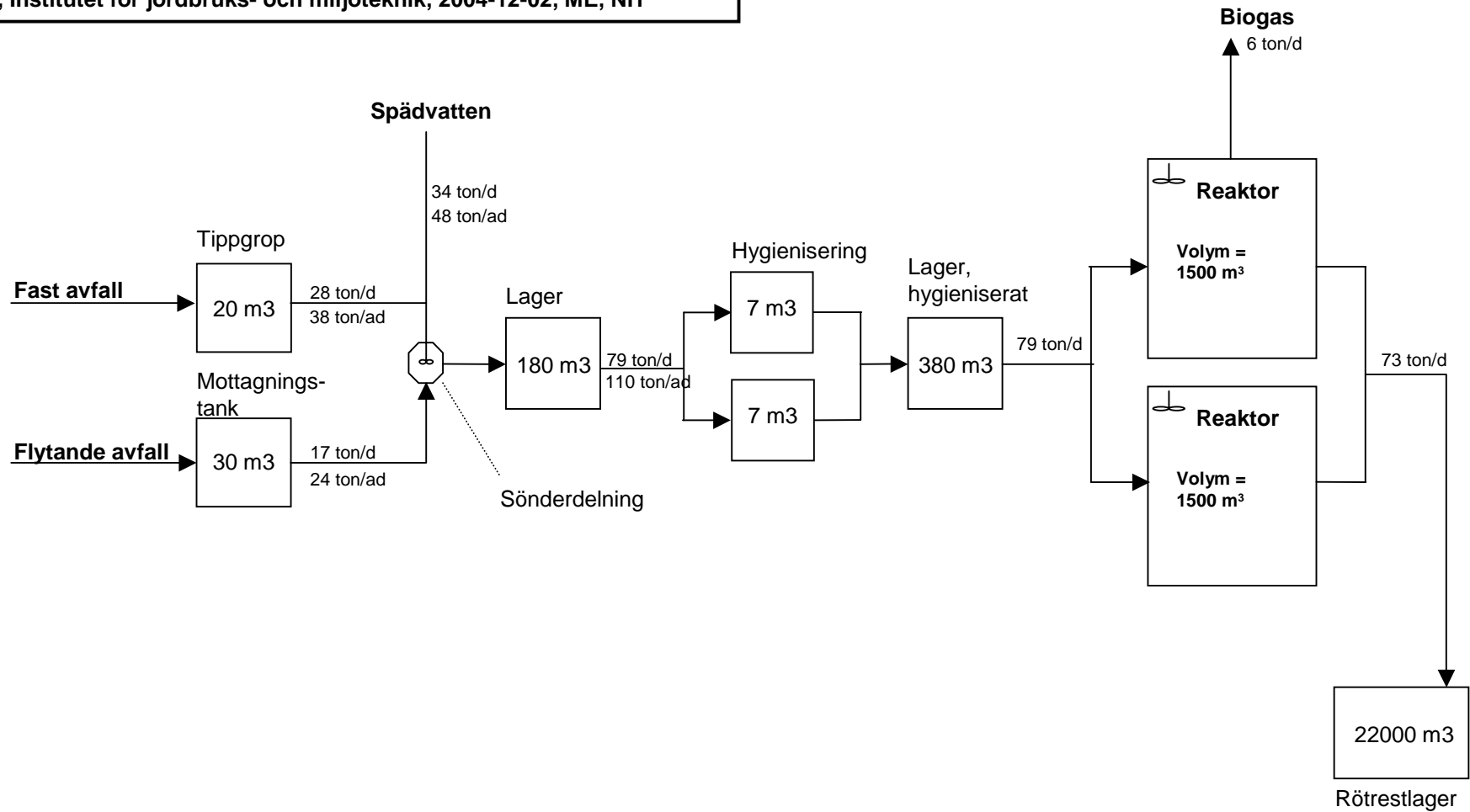
Alternativ 3

Karaktäristiska volymer och flöden för rötning

ton/d = ton per dag

ton/ad = ton per arbetsdag

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-02, ME, NH



LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda

Bilaga 2

Processöversikt

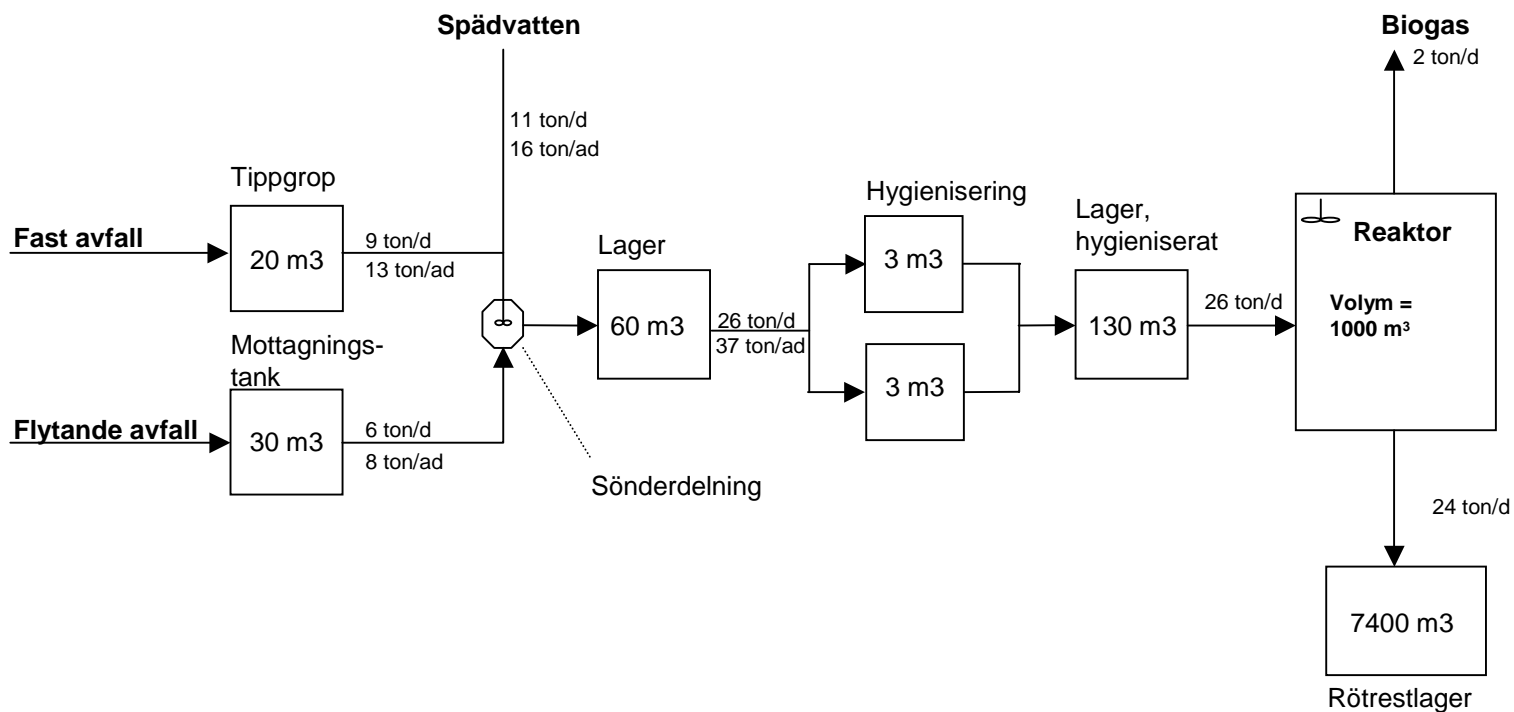
Alternativ 4a - avfall

Karaktäristiska volymer och flöden för rötning

ton/d = ton per dag

ton/ad = ton per arbetsdag

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-02, ME, NH



LFV2004 Biogasanläggning Sigtuna / Arlanda

Bilaga 2

Processöversikt

Alternativ 4b – glykol

Karaktäristiska volymer och flöden för rötning

ton/d = ton per dag

ton/ad = ton per arbetsdag

JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2004-12-02, ME, NH

