

Utvärdering av storskaliga system för kompostering och rötning av källsorterat bioavfall

Bilaga 3: Utvärdering av miljöpåverkan

RVF Utveckling 2005:06

En rapport från BUS-projektet

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

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

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

Delprojekt 3: Driftdatainsamling via webben (ingen rapport)

Delprojekt 4: Innsamling av bioavfall från flerfamiljehus – lösningar och verkemidler för store fellesløsninger (RVF Utveckling rapport nr 2005:08)

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

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

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

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

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

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

Projektet är finansierat av:

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



RVF Utveckling 2005:06
©RVF Service AB

Förord

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

April 2005

Håkan Rylander

Ordf. RVFs Utvecklingskommitté

Weine Wiquist

VD RVF

Innehåll

Innehåll	3
1 Metodik och förutsättningar	4
1.1 Övergripande tillvägagångssätt	4
1.2 Metodik och förutsättningar vid bedömning av miljöpåverkan	5
1.2.1 Allmänt	5
1.2.2 Metodik och förutsättningar för bedömning av emissioner till luft från de utvärderade rötningsystemen	7
2 Resultat och diskussion	17
2.1 Miljöpåverkan från de utvärderade systemen i nuläget	17
2.1.1 Driftdata som ligger till grund för miljöbedömningen	17
2.1.2 Jämförelse av emissioner till luft vid användning av biogas respektive fossilbränsle	18
2.1.3 Översiktlig jämförelse av emissioner vid produktion och distribution av biogas och fossilbränsle	20
2.1.4 Produktion av näringsämnen i rötrest och kompost	24
2.2 Miljöpåverkan i framtiden – systemens potential	24
2.2.1 Teoretisk potential	26
2.2.2 Verklig potential	30
2.2.3 Förbättringspotential för rötningsystemen	32
2.3 Jämförelse av miljöpåverkan med de nationella miljökvalitetsmålen	33
2.3.1 Nuläge	33
2.3.2 Framtida potential	33
2.4 Ekonomisk värdering av miljöpåverkan	35
2.4.1 Miljöekonomisk värdering	35

1 Metodik och förutsättningar

1.1 Övergripande tillvägagångssätt

Den miljöpåverkan som de utvärderade systemen ger upphov till har bedömts i förhållande till de nationella miljökvalitetsmålen.

Av de 15 uppsatta målen är det 6 st som är aktuella i detta sammanhang. Dessa redovisas i Tabell 1 nedan tillsammans med relevanta delmål. I tabellen anges även de huvudsakliga parametrar som är relevanta vid de olika biologiska behandlingsmetoderna.

Tabell 1 Relevanta nationella miljökvalitetsmål och delmål¹⁾

Nationella miljökvalitetsmål	Relevanta delmål	Kompostering	Rötning
Nr.1. Begränsad klimatpåverkan	Minskade utsläpp av växthusgaser (CO ₂ , CH ₄ och N ₂ O)	CH ₄ , N ₂ O	CO ₂ , CH ₄ och N ₂ O
Nr.2. Frisk luft	Minskade halter av SO _x , NO _x , och NMVOC i utomhusluft	-	SO ₂ , NO _x , NMVOC
Nr.3. Bara naturlig försurning	Minskade utsläpp av SO _x och NO _x till luft		SO ₂ och NO _x
Nr.4. Giffri miljö	Uppfyllelse av riktvärden för miljö-kvalitet i rötrest och kompost – tungmetaller och komplexa organiska föreningar	Kompost-kvalitet	Rötrest-kvalitet
Nr 7. Ingen övergödning	Minskade vattenburna utsläpp av fosforföreningar Minskade vattenburna utsläpp av kväveföreningar Minskade utsläpp av ammoniak Minskade utsläpp av kväveoxider till luft	P _{tot} N _{tot} NH ₃ , NH ₄ NO _x	P _{tot} N _{tot} NH ₃ , NH ₄ NO _x
Nr.15. God bebyggd miljö	Minskning av deponerade avfalls-mängder Senast 2010 skall 35 % av källsorterat matavfall behandlas biologiskt Användning av förnyelsebara energikällor Lukt/buller	Deponerade mängder Lukt/buller	Deponerade mängder Förnyelsebar energi Lukt/buller

1) Kemisk nomenklatur:

CH ₄ Metan	NO _x Kväveoxider	N Kväve
CO ₂ Koldioxid	CO Kolmonoxid	P Fosfor
SO _x Svaveloxider	N ₂ O Dikväveoxid (lustgas)	
NH ₃ Ammoniak	NMVOC Flyktiga organiska ämnen exklusive metan	

Miljöpåverkan har bedömts utifrån två perspektiv:

1. Nulägesanalys

Här konstateras vilka faktiska miljöeffekter som hittills har uppnått genom de undersökta anläggningarna.

2. Systemens framtida potential

I detta scenario undersöks vilka miljöeffekter som storskaliga biologiska behandlingssystem, baserat på resultatet av nulägesanalysen, har möjlighet att uppnå på sikt. Jämförelse har i första hand gjorts för de parametrar som kvantifierats i miljökvalitetsmålen.

Utvärderingen av miljöpåverkan har baserats på insamlade driftdata från de undersökta behandlingsanläggningarna som redovisas i Bilaga 1. Viss påverkan (såsom lukt och buller) har utvärderats kvalitativt via enkät/intervjufrågor tillsammans med egna bedömningar.

Nyckeltal från den tekniska utvärderingen har i efterföljande steg använts för att bedöma potentialen hos biologiska behandlingssystem när det gäller att uppnå de nationella miljökvalitetsmålen.

All miljöpåverkan har inte kunnat bedömas kvantitativt på grund av att nödvändiga emissionsdata för de olika parametrarna saknas i dagsläget.

1.2 Metodik och förutsättningar vid bedömning av miljöpåverkan

1.2.1 Allmänt

Det skall understrykas att bedömningen av miljöpåverkan inte här helt fullständig utan endast ger en del av den totala bilden för anläggningar för biologisk behandling. För en fullständig bedömning krävs livscykelanalysmetodik, vilket är en omfattande forskningsuppgift som faller utanför ramarna för denna studie.

Den huvudsakliga miljöpåverkan från rötningssystem är starkt kopplad till själva produkterna biogas och rötrest.

Biogas är ett förnyelsebart bränsle som kan ersätta fossilbränsle, antingen direkt vid värmeproduktion genom förbränning i förbränningspannor eller, efter rening, som drivmedel i fordon, dvs förbränning i fordonsmotorer.

Vid förbränning av biogas erhålls inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären eftersom avfallet oundvikligen skulle ha brutits ned på något annat sätt om det inte hade rötats. Vid bedömning av miljöpåverkan har i denna utvärdering klarlagts hur många ton fossilt CO₂ som idag ersätts av befintlig biogasproduktion och som i framtiden kan ersättas av förnyelsebar biogas.

Vid alla typer av förbränning erhålls även positiva följd effekter i form av reducerade emissioner till luft jämfört med de utsläpp som bildas vid användning av petroleumbaserade bränslen. I ett miljöperspektiv reduceras här framför allt emissionerna av kväveoxid, flyktiga organiska ämnen och partiklar. Dessa minskningar kan få mycket stor betydelse på ett lokalt plan och då kopplat till luftkvaliteten i stadskärnor.

Bedömningen av de aktuella anläggningarnas miljöpåverkan i nuläget baseras på vilka faktiska mängder biogas som dessa system producerat ur de avfallsmängder som behandlats och hur denna biogas använts. Miljöpåverkan från biogasanvändningen i form av minskade emissioner till luft – jämfört med motsvarande användning av fossilbränslen – har därefter uppskattats baserat på schablonvärden. I bedömningen av miljöpåverkan ingår också förluster i systemen vid *produktion* av biogas och fordonsbränsle (miljöpåverkan från biogasanvändningen redovisas *med* respektive *utan* förluster). Tillvägagångssättet för bedömning av emissioner till luft redovisas i detalj i kapitel 1.2.2 nedan.

Rötrest är en näringsrik restprodukt som kan ersätta mineralgödsel. Den har framför allt ett relativt högt kväveinnehåll, men innehåller även fosfor, spårämnen och mullbildande ämnen. På samma sätt som för biogasen har bedömningen av miljöpåverkan även här konkretiserats i form av faktisk mängd näring (kväve, fosfor) och mull som producerats ur det behandlade avfallet.

Miljöpåverkan från komposteringsanläggningar härrör från den mängd kompost som produceras ur behandlat avfall vid de undersökta anläggningarna. I likhet med rötresten är kompost en näringsrik produkt (framför allt med avseende på kväve och fosfor) som kan ersätta mineralgödsel och har ett högt mullinnehåll.

Även komposteringsanläggningar ger upphov till emissioner till luft, framför allt ammoniak, metan och lustgas, men även olika organiska ämnen och luktämnen.

I Tabell 2 nedan redovisas en sammanfattning av hur de olika aktuella parametrarna utvärderats i denna studie.

Tabell 2 Sammanfattning av utvärderingsbas för respektive parameter

Parameter	Beräknings- eller mätmetod alternativ bedömning
CO ₂	Beräknats utifrån uppgift om använda mängder biogas respektive fossilbränsle och schablonvärden för CO ₂ -utsläpp för dessa bränslen.
CH ₄	Bedömda värden utifrån anläggningsutformning samt befintlig kunskap från tidigare studier
N ₂ O	Bedömning har ej genomförts på grund av avsaknad av data
SO ₂	Beräknas utifrån schablonvärden för förbrända mängder bränslen
NO _x	Beräknas utifrån schablonvärden för förbrända mängder bränslen
VOC (exkl. CH ₄)	Beräknas utifrån schablonvärden för förbrända mängder bränslen
NH ₃	Kvalitativ uppskattning utifrån anläggningsutformning, driftdata samt olika forskningsstudier
Tot-N	Uppmätt i lak- och avloppsvatten från anläggningarna ¹⁾
Tungmetaller	Mäts i rötrest och kompost som tillförs mark ²⁾
Komplexa (svårnedbrytbara) organiska föreningar	Mäts i rötrest och kompost som tillförs mark ²⁾
Lukt	Kvalitativt, via anläggningsutformning, antal registrerade klagomål, etc ²⁾
Buller	Se lukt ²⁾
Deponerade mängder	Utvärderas ej (deponiförbud).

1) Endast enstaka mätningar har utförts.

2) Behandlas i bilaga 1a.

Miljöpåverkan från systemen är starkt avhängig av systemens utformning vilket behandlas till viss del i Teknikutvärderingen (Bilaga 1a) samt huvudrapportens resultatdel.

1.2.2 Metodik och förutsättningar för bedömning av emissioner till luft från de utvärderade rötningssystemen

Bedömningen av emissioner till luft från de utvärderade rötningssystemen har baserats på jämförelse mellan biogas och fossilbränsle och genomförts med utgångspunkt i såväl *produktion* som *användning* av respektive bränsle.

Vid bedömning av minskade emissioner till luft vid *användning* av producerad biogas har jämförelse gjorts dels vid *värmeproduktion* dels vid *fordonsbränsleanvändning*. För fordonsbränsleanvändning har jämförelsen gjorts för lätta fordon och tunga fordon med användning av bensin respektive diesel. En detaljerad utvärdering av alternativa drivmedel har genomförts i en separat studie¹. I fallet värmeproduktion har jämförelse gjorts mellan användning av biogas och användning av eldningsolja.

Själva produktionssteget vid produktion av biogas respektive fossilbränsle ger upphov till vissa förluster till luft och för att erhålla en rättvisande jämförelse måste även dessa emissioner inkluderas. Till den miljöpåverkan som uppskattats

¹ Rehnlund, Blinge, mfl, Framtida möjligheter med nya drivmedel, Naturvårdsverket rapport nr 5405, 2004

vid användningen av biogas respektive fossilbränsle har därför adderats den miljöpåverkan som uppstår vid produktionen. I fallet biogas har inräknats förluster vid såväl rötningsanläggningarna som gasuppgraderingsanläggningarna. Dessa har bedömts dels på basis av data från anläggningarna, dels genom olika tidigare studier (det skall understrykas att de uppgifter som använts är mycket osäkra, se nedan kapitel 1.2.2.3).

1.2.2.1 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BEDÖMNING AV MILJÖPÅVERKAN VID ANVÄNDNING AV BIOGAS FÖR FORDONSDRIFT

Kvantitativa jämförelser av minskade emissioner vid fordonsdrift är mycket vanskelig av många skäl. En snabb utveckling av fordonens förbränningsmotorer sker fortlöpande, vilket kontinuerligt förändrar emissionsmängderna från förbränningsmotorer. Tidigare jämförande studier av nyttjande av biogas respektive diesel i tunga fordon gav mycket stora skillnader till biogasens fördel¹. Dessa har med årens lopp minskat, framför allt genom utvecklingen av partikelfilter i dieselmotorer. En snabb utveckling sker för gasfordon varför varje jämförelse riskerar att snabbt bli inaktuell. Fordonsparkernas verkliga ålder släpar samtidigt efter i många fall jämfört med den senaste tekniken vilket ytterligare försvårar situationen. Åldern beror i sin tur även på om fordonen leasas (byten sker mer ofta) eller köps in.

Jämförelse av emissioner försvåras ytterligare av att olika fordonstyper och fabrikat ger olika resultat, liksom variationer i bränslekvaliteten. Emissionsmängder anges även på många olika sätt vilket komplicerar jämförelser. Några rent teoretiska beräkningsövningar för olika driftfall har inte varit aktuella i denna studie som fokuseras på verkliga, konkreta förhållanden.

Ytterligare komplikationer tillkommer när framtida förhållanden skall bedömas. Lagstiftningen för nya fordon skärps successivt under de kommande åren. 2008 kommer genom det europeiska regelverket så gott som alla nya fordon att omfattas av gränsvärden för emissionsnivåer som är i paritet med utsläppen från gasfordon. Teoretiskt sett blir det då ingen skillnad i utsläpp. Däremot är det osäkert om man kan närma sig dessa låga nivåer och fortfarande använda diesel. För att uppfylla gränsvärdena kan det krävas en övergång till annat alternativt bränsle. En jämförelse med biogas som ersättning av fossilbränsle blir då inte längre meningsfull. När det gäller utvecklingen av dieselfordon och vilka emissionsnivåer som man på sikt kan klara går åsikterna isär. Inte förvånade hör biltillverkarna till de mer optimistiska, men inte desto mindre är osäkerheten mycket stor.

I denna studie har därför en mer övergripande, begränsad, jämförelse genomförts, baserad på de totala mängderna biogas som uppgraderats till fordonsbränsle samt emissionsdata för bränsleanvändning. För emissioner från *produktion* har schablonvärden inte använts utan emissionerna (metanförlusterna) har klarlagts på basis av uppgifter från anläggningarna. Samma schablonvärden har använts vid

¹ t ex Alternativbränsleutredningen, SOU 1996:184.

uppskattning av anläggningarnas potential för framtiden vilket naturligtvis kan ifrågasättas. Utvecklingen för diesel och biogas är dock som diskuterats ovan så osäker att antaganden i olika riktningar inte kan anses meningsfulla i det här sammanhanget. Det förefaller klart att gränsvärdena för emissioner från alla fordon på längre sikt kommer att vara jämbördiga med emissioner från gasfordon, oavsett typ av bränsle.

Miljöpåverkan från användande av biogas i fordon har baserats på uppgifter om total mängd uppgraderad gas, antalet kommunala fordon som tankar gas från den aktuella anläggningen samt emissionsdata enligt kap 1.2.2.1.1 nedan. Miljöpåverkan från lätta respektive tunga fordon skiljer sig åt och fördelningen mellan de båda har använts för att uppskatta hur stor andel av den totala mängden biogas som används som drivmedel i respektive fordonstyp. De tunga kommunala fordonen (bussar, sopbilar) är normalt i drift många fler timmar per dygn än de lätta kommunala fordonen. Några uppgifter kring varje fordons årliga körsträcka har inte inhämtats i denna studie. Här har antagits att de lätta kommunala fordonen i genomsnitt körs ca 2 h/d och de tunga (sopbilar, bussar) ca 5 h/d (relationen 2:5 är här avgörande för beräkningen, inte de faktiska körsträckorna, då emissionerna är baserade på energiinnehållet i bränslet (lätta fordon ca 1 liter biogas/mil och tunga ca 6 liter/mil). När det gäller körsträcka har antagits en genomsnittlig proportion 5:2 för tunga respektive lätta fordon, vilket också ingått i viktningen.

Utöver de osäkerheter som förknippas med emissionsdata tillkommer osäkerheter i driftdata. Alla anläggningar har inte lämnat uppgifter om antal fordon och vid anläggningen som leder producerad gas direkt in på naturgasnätet saknas uppgift kring hur stor andel som används till fordonsbränsle. Dessutom tillkommer eventuella andra fordon utöver kommunala fordon, vilka inte är inkluderade i de lämnade uppgifterna. Sådana fordon bedöms dock i de aktuella kommunerna vara få i nuläget.

1.2.2.1.1 Val av emissionsdata för bedömning av miljöpåverkan vid användning av biogas som fordonsbränsle

Emissionsdata som här använts för att bedöma emissioner till luft i det fall biogas används som fordonsbränsle är huvudsakligen rekommenderade värden i IVLs ”Miljöfaktahandbok för bränslen”¹.

IVLs miljöfaktahandbok är från 2001 och därmed ännu relativt relevant (data kan dock vara hämtade från undersökningar som gjorts under mitten av 1990-talet). Den innehåller en stor brist i fallet biogasproduktion, nämligen att de emissionsnivåer till luft som anges vid produktion av biogas (inklusive uppgradering) baserar sig på den gasuppgraderingsanläggning i Sverige som har högst metanförluster av alla anläggningar. Anläggningen i fråga består av äldre skrubbteknik med en utformning som inte längre uppförs. Metanförlusterna är nästan 10 ggr så höga som vid de flesta nya, moderna anläggningar. Jämfört med den anläggning i Sverige som har lägst emissioner är förlusterna ca 100 ggr så höga. Detta gör att slutsatserna naturligtvis riskerar bli mycket missvisande. Detta gäller dock endast

¹ Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001

produktion av fordonsbränsle och dessa uppgifter används inte denna studie: nedanstående bedömning av förluster relateras istället till inhämtade uppgifter vid de aktuella anläggningarna. Övriga värden för biogasanvändning bedöms som användbara.

Miljöbedömningen baseras därmed inte i alla delar av värden från livscykelanalyser. Syftet med denna studie är dock huvudsakligen att göra en övergripande bedömning baserad på faktiska förhållanden vid de undersökta anläggningarna. Fakta som framkommer med avseende på faktiska förhållanden kan därefter ingå i framtida livscykelanalyser för att ge mer rättvisande resultat.

Emissionsnivåerna som anges i Miljöfaktahandboken för *användning* av fordonsbränsle bedöms som mer tillförlitliga och ändamålsenliga för en övergripande studie av detta slag.

IVLs studie anger dock inga värden för metanemissioner vid användning av biogas i fordon. Värdena för oförbränt metan vid fordonsanvändning har i stället hämtats från Rehnlund och Blinges utvärdering av alternativ drivmedelsanvändning från 2004¹ där olika man gjort olika överväganden för val av emissionsdata vid fordonsdrift med olika alternativa bränslen. Trots de brister som ursprungsstudien² (varifrån man hämtat data) uppvisar genom att den har några år på nacken bedöms dessa värden vara de mest användbara framför allt genom att jämförbarheten mellan olika värden är bättre än i många andra studier och skillnader i motortyp, körcykel osv är eliminerade. (Behovet av uppdaterade och jämförbara emissionsdata är dock mycket tydligt).

Tabell 3 nedan sammanfattar de emissionsdata som här använts för bedömning av emissioner till luft vid användning av biogas respektive bensin och diesel som drivmedel i fordon. I Tabell 4 redovisas egenskaperna för de bränslen som jämförts.

Tabell 3 Emissioner till luft vid användning av biogas respektive fossilbränsle som fordonsbränsle³

		Fossilbränslen		Biogas	
		Bensin i lätta fordon	Diesel Mk1 i tunga fordon	Uppgraderad biogas i lätta fordon	Uppgraderad biogas i tunga fordon
CO ₂	mg/MJ	74 000	73 000	0	0
NO _x	mg/MJ	35	720	28	167
SO _x	mg/MJ	9,2	1,6	0 ¹⁾	0 ¹⁾
NM VOC	mg/MJ	28	11	18	4,2
N ₂ O	mg/MJ	20	3,0	i.u.	i.u.
CH ₄	mg/MJ	7,0	6,0	20 ¹⁾	38 ¹⁾
Stoft	mg/MJ	3,5	11	1,9	1,7

1) Detta värde har hämtats från Rehnlund (2004) och är inte direkt jämförbart med övriga data eftersom det erhållits under andra förhållanden.

¹ Rehnlund, Blinge mfl, Framtida möjligheter med nya drivmedel, Naturvårdsverket rapport nr 5405, 2004

² Blinge et al, Livscykelanalys av drivmedel – en studie med utgångspunkt från svenska förhållanden och bästa tillgängliga teknik, KFB-meddelande 5, CTH, 1997

³ Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001

Tabell 4 Bränslekvalitet för de bränslen som använts vid bedömning av miljöpåverkan vid användning av biogas respektive fossilbränseln som fordonbränsle

	Kvalitet	Energiinnehåll ²⁾
Biogas	67 % CH ₄ ¹⁾	6,7 kWh/Nm ³
Renad biogas	97-99 % CH ₄	Ca 10 kWh/Nm ³
Diesel	Mk1	9,8 kWh/l

1) Baserat på medelvärde vid befintliga anläggningar

2) 1 kWh = 3,6 MJ

1.2.2.2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BEDÖMNING AV MILJÖPÅVERKAN VID ANVÄNDNING AV BIOGAS FÖR VÄRMEPRODUKTION

Om producerad biogas inte uppgraderas som drivmedel förbränns det i någon förbränningsanläggning och används i uppvärmningsändamål. En del av biogasen används internt till uppvärmning av biogasanläggningen och rötprocessen. Överskottet kan därefter säljas externt och utnyttjas som fjärrvärme.

I det fall biogas används till fjärrvärme sker detta i praktiken på två sätt:

- Biogas förbränns i mindre förbränningspanna vid anläggningen och värmets tillvaratas genom värmeväxling mot befintligt fjärrvärmenät (returledning)
- Biogas uppgraderas och leds in på naturgasnätet varefter värmeproduktion sker i central fjärrvärmeanläggning

Biogasen kan även användas till produktion av el och värme i gasmotorer eller mindre gasturbiner. Inte vid någon av de befintliga anläggningarna sker detta idag, varför detta alternativ inte redovisas här.

En liten del av gasen facklas idag vid de undersökta anläggningarna. Detta sker normalt endast vid driftstörningar och i det fall man inte får avsättning för biogasen. Verkningsgraden i facklor varierar med dess ålder och utformning. Öppna facklor är vanliga vilket ger sämre verkningsgrad, sämre kontroll över luftflödet och därmed högre emissioner. Utsläppen av oförbränd metan från öppna facklor är svåra att mäta men leverantörsuppgifter anger värden omkring 1 %. Moderna, mer tekniskt avancerade facklor kan reducera utsläppen till omkring 0,01-0,1 %.

Emissioner till luft vid förbränning varierar kraftigt. Framför allt är det pannans ålder, underhåll och optimering som avgör hur stora emissionerna blir. Vid större förbränningsanläggningar skulle man kunna förmoda att förutsättningarna att erhålla en god verkningsgrad är högre. Dessutom kan det finnas avancerad rökgasrening. Leverantörer av brännare anser dock att pannans storlek är mindre avgörande för resultatet än dess ålder och menar att nya pannor bör kunna uppnå liknande nivåer som större förbränningspannor under förutsättning att de installeras och drivs på ett korrekt sätt. NO_x-bildning beror till mycket stor del på lufttillförseln vid förbränningen. Kan tillflödet optimeras kan emissionerna hållas lägre.

1.2.2.2.1 Val av emissionsdata för bedömning av miljöpåverkan vid användning av biogas för värmeproduktion

Liksom för fordonsbränsle har i fallet värmeproduktion emissionsdata hämtats från IVLs miljöfaktahandbok. Värmeproduktion med fossilbränsle har antagits ske i fjärrvärmeverk med eldningsolja Eo1. I IVLs undersökning saknas emissionsdata för förbränning av biogas för värmeproduktion. Jämförelse har därför gjorts med data för förbränning av naturgas i fjärrvärmeverk, vilket väl representerar användning nr 2 ovan och antas approximera användning nr 1.

De emissionsdata som använts i utvärderingen redovisas i Tabell 5 nedan.

Biogas och naturgas bedöms vid förbränning ge emissioner i samma storleksordning, framför allt NO_x och oförbränd metan, eftersom det är endast metandelen i biogasen som förbränns och koldioxiden endast passerar genom brännaren. SO_x -emissionerna skiljer sig dock sannolikt eftersom svavelhalten i vissa fall kan vara hög i biogas (speciellt vid rötningsanläggningar för slakteriavfall). Tillsats av järnklorid vid rötningen kan dock väsentligt reducera svavelhalterna i rötgasen som därmed kan närma sig naturgaskvalitet med avseende på svavel. Vid utvärderingen av värmeproduktion görs dock ingen jämförelse av SO_x -emissionerna på grund av alltför stor osäkerhet. (I fallet fordonsbränsle renas biogasen och därmed tas även svavel bort).

Emissioner till luft vid förbränning av biogas respektive eldningsolja redovisas nedan samt energiinnehållet i de olika bränslena. Uppgifter om emissioner vid förbränning av biogas till luft har som diskuterats ovan approximerats med förbränning av naturgas.

Tabell 5 Emissioner till luft vid förbränning av biogas respektive fossilbränsle för uppvärmningsändamål¹

Fossilbränsle			Biogas
Eldningsolja, Eo1 i fjärrvärmeverk			Förbränning av naturgas ¹⁾ i värmeverk
CO ₂	mg/MJ	76 000	56 000 ²⁾
NO _x	mg/MJ	98	49
SO _x	mg/MJ	180	0 ³⁾
NM VOC	mg/MJ	3,0	1,0
N ₂ O	mg/MJ	0,5	0,5
CH ₄	mg/MJ	0,5	0,10
Stoft	mg/MJ	-	-

1) Naturgas innehåller 90-99 % metan

2) Vid approximering med biogas har detta värde satts till 0 (enl diskussion ovan)

3) Biogas kan innehålla högre halter svavel än naturgas (enl diskussion ovan)

¹ Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001

Tabell 6 Bränslekvalitet för de bränslen som använts vid bedömning av miljöpåverkan vid värmeproduktion

	Kvalitet	Energiinnehåll ²⁾
Biogas	67 % CH ₄ ¹⁾	6,7 kWh/Nm ³
Eldningsolja	Eo1	10 kWh/l

1) Baserat på medelvärde vid befintliga anläggningar

2) 1 kWh = 3,6 MJ

Överslagsmässigt ersätter vid förbränning således 1 Nm³ renad biogas (metan) ungefär 1 liter eldningsolja, motsvarande ett utsläpp av (76 000 · 3,6) mg = 274 g fossil koldioxid.

1.2.2.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR BEDÖMNING AV MILJÖPÅVERKAN VID PRODUKTION AV BIOGAS OCH FORDONSBÄNSLE

Miljöpåverkan från produktion av biogas och uppgradering av denna till fordonsbränsle härrör främst från eventuella emissioner till luft från systemen. Förluster av metan är de enda emissioner till luft från rötnings- och gasuppgraderingsanläggningarna som med någon säkerhet har varit möjliga att bedöma i dagsläget. För övriga emissioner såsom ammoniak och VOC saknas data för en bedömning.

Någon individuell bedömning har inte kunnat genomföras för varje anläggning, utan en genomsnittlig procentuell andel förluster av totalt producerad biogas och uppgraderad biogas har uppskattats för rötnings- och gasuppgraderingsanläggningarna och utgjort beräkningsunderlag. På basis av de tidigare studier som gjorts, erhållna driftdata samt med hänsyn taget till anläggningsutformning (slutet/öppet) har en övergripande bedömning av anläggningarnas miljöpåverkan i form av emissioner till luft (förluster) gjorts.

Metanförluster kan huvudsakligen uppstå på följande ställen i produktionskedjan:

1. Rötningsanläggningen (mellanlagring samt avvattning av rötrest)
2. Långtidslagring för rötrest (hos slutanvändaren)
3. I gasuppgraderingsanläggningen

Dessutom kan metanförluster ske vid spridning av rötrest i jordbruket. Dessa ingår inte i bedömningen här. Det kan dock noteras att nedmyllning av rötresten enligt uppgift normalt inte sker.

Långtidslagring sker normalt hos slutanvändaren och tillhör således egentligen inte själva anläggningen. Rötresten långtidslagras dock idag i öppna system vid de flesta anläggningar. Lagringstiden varierar kraftigt och anläggningsägaren har små möjligheter att påverka denna eftersom den styrs helt av jordbrukets behov.

1.2.2.3.1 Metanförluster vid rötningsanläggningar

Förlusterna är mycket starkt kopplade till anläggningarnas utformning och hur processerna vid anläggningarna fungerar. Detta diskuteras i den tekniska utvärderingen i Bilaga 1 och relaterats även där till miljöpåverkan.

Vid själva rötningsanläggningen är rötammare och gashanteringssystem normalt helt gastäta och vid normal drift bedöms inte några signifikanta metanförluster uppstå i dessa anläggningsdelar (eventuella driftfel måste också åtgärdas omgående, inte minst av säkerhetsskäl). Metanförluster kan uppstå i de delar av anläggningen där rötrest behandlas i öppna system, dvs i ej gastäta mellanlager samt i avvattningssteget i de fall rötresten avvattnas (se Bilaga 1a). Ungefär hälften av befintliga anläggningar i drift har gastäta mellanlager idag och är således så gott som helt gastäta, med försumbara metanförluster. Vid de anläggningar som är slutna men inte gastäta kan dock mer signifikanta metanförluster ske.

Få mätningar av emissioner till luft har skett vid anläggningarna och nödvändiga data saknas därför för att med säkerhet genomföra en kvantitativ bedömning av individuella anläggningar. Ett mindre antal forskningsstudier har genomförts på olika håll. Resultaten från studier är ofta svåra att överföra till olika anläggningar (i en del fall har också endast labstudier genomförts) och kan endast användas som indikationer. I en nyligen avslutad BUS-rapport¹ har dock mätningar genomförts vid några av rötningsanläggningarna i denna studie. Dessa visade på metanförluster mellan 0,5-1 % vid rötningsanläggningarna.

På basis av anläggningsutformning, utrötningsgrad i rötresten, temperaturen i utgående rötrest och jämförelse mellan aktuella förhållanden med indikationer från olika studier av metanavgång från avloppsslam och rötrest^{2,3} bedöms i *storsleksordningen* 1 % av den totala metanproduktionen från de utvärderade rötningsanläggningarna avgå till luft idag. Enskilda anläggningar kan dock ha lägre eller högre förluster beroende på anläggningsutformning.

1.2.2.3.2 Metanförluster vid gasuppgraderingsanläggningar

Även i gasuppgraderingsanläggningen, där bland annat koldioxid och svavel avskiljs från metan, kan läckage av metan ske (se Bilaga 1b). Förlusten anges normalt som procentandel metanförlust av inkommande rågasflöde. Några få mätningar har utförts här i anläggningsägarnas egen regi.

Gasuppgraderingsanläggningarna har i denna studie angivit metanförluster i enkätsvar. De flesta beräknar metanförlusterna genom massbalanser på systemen eller anger leverantörens garantivärde (<2 %). Mätningar genomförs normalt ej.

¹ Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas, Swedpower, 2005. Delprojekt 2 inom RVFs BUS-program.

² Metanemission fra lagring av bioforgasset organisk dagrenovation, Danska Miljøstyrelsen, 2003

³ Flodman, Emissioner av metan, lustgas och ammoniak vid lagring av avvattnat rötslam, RVF Utveckling 02:15.

På två system vid avloppsreningsverk har oberoende mätningar genomförts i en tidigare studie¹. Vid dessa mätningar uppmättes 2,1-2,7 % metanförluster. Systemen kördes dock endast intermittent med låg belastning varför mätningarna inte kan anses helt representativa (förlusterna kan sannolikt minskas vid optimerad fulldrift). I den parallella BUS-2-studien² uppmättes förluster på mellan 1 och 4 % vid några av gasuppgraderingsanläggningarna. Dessa resultat stämmer relativt väl med storleksordningen på erhållna uppgifter från leverantörer och anläggningsägare vad gäller gasuppgraderingsanläggningar.

I huvudrapportens resultatdel och i Bilaga 1b (kapitel 3.6.1) redovisas de förluster som anges av anläggningarna i erhållna enkätsvar. Vid de två äldre anläggningarna är metanförlusterna betydligt högre än vid de nya. Med äldre avses här anläggningar som använder teknik som inte är aktuell längre. I genomsnitt (viktat medelvärde) anges metanförlusterna vid äldre anläggningar (som står för ca 30 % av uppgraderad gas i dagsläget) till 4,7 %. Omkring 70 % av den biogas som uppgraderas behandlas i anläggningar som i genomsnitt anger ca 2 % förluster, dvs garantivärdet för nya anläggningar. På sikt kommer de nya systemen att utgöra en ännu större andel av hela produktionen eftersom endast ca 35 % av deras kapacitet utnyttjas i dagsläget (se Bilaga 1b kapitel 3.3).

I miljöbedömningen har de av anläggningsägarna angivna värdena använts och viktats vilket ger *ett genomsnittligt värde av 3 % metanförluster vid gasuppgraderingsanläggningar*. Det skall poängteras att de flesta uppgifter som erhållits är garantivärden som angivits av leverantören (beräknade värden) och inte uppmätta värden.

Kommentar kring metanförluster:

Metanförluster har diskuterats mycket i rötningssammanhang. I olika sammanhang har det bland annat framförts att några procents metanförluster i systemen ointetgör all ”miljönytta” som anläggningarna ger upphov till. Huruvida metanförlusterna egentligen skall ingå överhuvudtaget i en bedömning av systemens miljöpåverkan är inte helt självklart eftersom detta beror på vad som är alternativet till rötningen. Vid tidigare avfallshantering där avfallet deponerades bildades stora mängder metan som fritt gick ut till luften. Genom rötning samlas istället detta metan upp och utnyttjas som förnyelsebar energikälla och i fallet fordonsbränsle får man ytterligare fördelar i form av minskade emissioner av skadliga utsläpp.

Om avfallet i stället komposteras kommer nedbrytningen (under förutsättning att fullständigt aeroba förhållanden erhålls) att ske helt till koldioxid utan metanbildning vilket skulle vara mer fördelaktigt jämfört med metanläckaget vid rötning. Å andra sidan skulle då inte något förnyelsebart bränsle produceras och kunna utnyttjas. Som påpekats tidigare ingår i denna utvärdering inga jämförelser med

¹ Starberg och Welin, Metanförluster vid avloppsreningsverken i Henriksdal och Bromma - Emissionsmätningar, Stockholm Vatten rapport nr 22, aug 2004

² Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas, Swedpower, 2005. Delprojekt 2 inom RVFs BUS-program.

alternativa behandlingsmetoder för avfall. Ovanstående förtjänar dock poängteras för att rätt perspektiv skall behållas i diskussionerna kring miljöpåverkan.

Vid uppskattning av metanförkluster (och andra emissioner) är det också viktigt att hålla i minnet att förluster inte med nödvändighet behöver uppstå i en viss omfattning. Korrekt utformade och processoptimerade anläggningar ger mycket små emissioner till luft. Eftersom biologiska behandlingsanläggningar i ett historiskt perspektiv utgör ny teknik finns det utrymme att förfinas systemen, vilket också kunnat konstateras vid genomgång av systemen. I teknikutvärderingens resultatdel redovisas även förslag på förbättringsåtgärder som kan genomföras vid anläggningarna för att minimera förlusterna.

1.2.2.3.3 Val av emissionsdata för bedömning av förluster vid produktion av biogas respektive fossilbränsle

För en fullständig jämförelse av miljöpåverkan måste även förluster från produktion av fossilbränsle inkluderas. I IVLs miljöfaktahandbok¹ redovisas emissionsdata för sådana förluster, baserade på LCA-metodik. Data för produktion och distribution inkluderar således hela bränslecykeln, råvaruutvinning, transporter etc fram till slutanvändning.

Någon direkt jämförelse mellan uppmätta metanförkluster (= del av produktionsförlusterna vid biogasframställning) kan därmed inte göras med emissionsdata i IVLs handbok för förluster vid fossilbränsleproduktion. I sådant fall måste även för biogasframställning göras en fullständig livscykelanalys inklusive till exempel emissioner från transporter av avfall och biogas, vilket inte ingår i denna studie. Det finns förvisso data i IVLs handbok som redovisas för biogasframställning, men dessa är baserade på äldre teknik och bedöms inte vara representativa i det här sammanhanget (se tidigare diskussion kapitel 1.2.2.1.1). Syftet med denna studie har ju också varit att klarlägga faktiska emissioner i nuläget.

Emissionsdata för jämförelse av förluster vid produktion av biogas har – som beskrivits ovan – övergripande bedömts baserat på anläggningarnas angivna metanförkluster tillsammans med resultat från olika tidigare studier. Metanförklusterna har räknats om till koldioxidekvivalenter för bedömning av klimatpåverkan. Vid omräkningen har faktor 23 använts, dvs 1 viktsenhet metan motsvarar 23 viktsenheter koldioxid.

För att någon uppfattning om hur metanförklusterna jämför med produktionsförluster vid fossilbränsleframställning har en översiktlig jämförelse gjorts med emissionsdata för CO₂ från IVLs handbok. Där anges att förluster vid produktion och distribution av eldningsolja uppgår till 5900 mg CO₂/MJ. Förluster vid produktion och distribution av bensin uppgår till 5300 mg CO₂/MJ och för diesel 3500 mg CO₂/MJ.

¹ Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001

2 Resultat och diskussion

2.1 Miljöpåverkan från de utvärderade systemen i nuläget

I detta kapitel redovisas de utvärderade systemens miljöpåverkan som bedömts baserat på insamlade driftdata från anläggningarna (se Bilaga 1a och 1b) samt förutsättningar och antaganden som redovisats i detalj i kapitel 1 ovan.

Emissioner till luft vid användning och produktion av biogas jämförs här med emissioner från användning och produktion av fossilbränsle.

2.1.1 Driftdata som ligger till grund för miljöbedömningen

De nyttigheter som producerats vid de utvärderade anläggningarna under undersökningsperioden summeras nedan i Tabell 7 (se även Bilaga 1).

Producerad biogas används huvudsakligen till värmeproduktion eller upparbetas till drivmedel. I begreppet värmeproduktion ingår här all förbränning av biogas i någon typ av brännare, dvs fjärrvärmeproduktion, intern uppvärmning, osv. (Hurvida inter uppvärmning skall inbegripas här kan diskuteras, denna utgör dock en liten andel av gasproduktionen och påverkar inte resultatet i någon större utsträckning).

Tabell 7 Total produktion och användning av biogas samt produktion av rötrest och kompost vid de undersökta anläggningarna¹⁾

Produkt	Produktion	Enhet
Biogas till värmeproduktion	12,2	M Nm ³ /år
Biogas till drivmedel	7,5	M Nm ³ /år
Biogas totalt	19,7	M Nm ³ /år
Rötrest	12 500	ton TS/år
Kompost	35 000	ton TS/år

1) Från insamlade driftdata, se Bilaga 1a, 1b och 1c.

2) 3,4 M Nm³/år av denna mängd uppgraderas och tillförs till naturgasnätet huvudsakligen för fjärrvärmeproduktion samt en mindre andel fordonsbränsle

Enligt enkätsvar används uppgraderad biogas från de undersökta anläggningarna i dagsläget till drift av totalt 165 lätta fordon och 158 tunga fordon. Baserat på de antaganden och förutsättningar som redovisats i kapitel 1.2.2.1 går i dagsläget därmed omkring 90 % av den uppgraderade biogasen från de undersökta anläggningarna till tunga fordon och ca 10 % till lätta fordon. Denna fördelning har använts vid efterföljande bedömning av minskade utsläpp till luft. *Fördelningen gäller endast vid de befintliga röttningsanläggningarna i studien.* Om planerade

röttningsanläggningar samt gasuppgraderingsanläggningar vid avloppsreningsverk inkluderas kommer förhållandet att förändras: de lätta kommunala fordonen blir då betydligt fler jämfört med de tunga, totalt ca 600 st respektive 300 st enligt enkätsvar.

2.1.2 Jämförelse av emissioner till luft vid användning av biogas respektive fossilbränsle

Nedan redovisas totala mängderna reducerade emissioner vid användning av producerad biogas från de utvärderade anläggningarna, jämfört med fossilbränsleanvändning. De uppskattade emissionsmängderna har baserats på emissionsdata från Tabell 5 tillsammans med faktiskt uppmätta mängder producerad gas enligt Tabell 7 samt antaganden och förutsättningar för beräkningarna enligt kapitel 1 ovan. Beräkningarna är utförda *med* respektive *utan* metanförluster (redovisas i kapitel 2.1.3).

Som beskrivits i kapitel 1 har jämförelse gjorts med eldningsolja i fallet värme- och diesel respektive bensin vid drivmedelsanvändning. Det skall poängteras att jämförelsen bygger på data från undersökningar gjorda för ett antal år sedan och att förändringar – framför allt vid drivmedelsanvändning – sker mycket snabbt (se tidigare diskussion kapitel 1.2.2.1 och 1.2.2.2).

Tabell 8 Jämförelse av emissioner vid användning av biogas respektive fossilbränsle (eldningsolja) för värmeproduktion – nuläge¹⁾

Emission	Fossilbränsle	Biogas	Differens	Differens omräknad	Biogasproduktion till värme- produktion	Biogasproduktion till värme- produktion	Minskade emissioner
	Eldningsolja, Eo1 i fjärrvärmeverk mg/MJ	Förbränning av naturgas i värmeverk mg/MJ	mg/MJ	g/kWh	M Nm ³ /år	GWh/år	ton/år
CO ₂	76 000	0 ²⁾	76 000	274	12,2	81,7	22 400
NO _x	98	49	49	0,176	12,2	81,7	14,4
SO _x	30	0 ³⁾	i.u.	-	12,2	81,7	-
CO	15	10	5	0,018	12,2	81,7	1,47
NMVOC	3,0	1,0	2	0,0072	12,2	81,7	0,59
N ₂ O	0,5	0,5	0	0	12,2	81,7	0,0
CH ₄	0,5	0,10	0,4	0,00144	12,2	81,7	0,12
Stoft	-	-	-		12,2	81,7	-

1) Emissionsdata har hämtats från Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001, se kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

2) För biogas har detta värde satts till 0 (se kapitel 1.2.1)

3) Emissioner av SO_x från förbränning av naturgas (0) är sannolikt inte representativ för halten i biogas, varför beräkningen inte genomförs för SO_x. Svavelhalten i biogas varierar beroende på inkommande avfall och vilka olika reducerande åtgärder som vidtas (svavel kan reduceras genom t ex tillsats av järnklorid vid rötningen eller avskiljas med andra metoder vid gasuppgraderingen).

Tabell 9 Jämförelse av emissioner vid användning av biogas respektive fossilbränsle (bensin) för fordonsdrift med lätta fordon – nuläge^{1,2}

	Fossilbränslen	Biogas	Differens	Differens, omräknad	Biogasproduktion till lätta fordon (rågas)	Biogasproduktion till lätta fordon	Minskade emissioner
	Bensin i lätta fordon	Uppgraderad biogas i lätta fordon					
	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	g/kWh	M Nm ³ /år	GWh/år	ton/år
CO ₂	74 000	0	74 000	266	0,52	3,5	932
NO _x	35	28	7	0,0252	0,52	3,5	0,09
SO _x	9,2	0 ²	9,2	0,0176	0,52	3,5	0,12
CO	180	35	145	0,522	0,52	3,5	1,83
NMVOC	28	18	10	0,036	0,52	3,5	0,13
N ₂ O	20	-	-	-	0,52	3,5	-
CH ₄	7,0	20 ²	-13	-0,0468	0,52	3,5	-0,16
Stoft	3,5	1,9	2	0,0576	0,52	3,5	0,02

Tabell 10 Jämförelse av emissioner vid användning av biogas respektive fossilbränsle(diesel) för fordonsdrift med tunga fordon – nuläge^{1,2}

	Fossilbränslen	Biogas	Differens	Differens, omräknad till g/kWh	Biogasproduktion till tunga fordon (rågas)	Biogasproduktion till tunga fordon	Minskade emissioner
	Diesel Mk1 i tunga fordon	Uppgraderad biogas i tunga fordon					
	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	G/kWh			ton/år
	mg/MJ	mg/MJ	mg/MJ	g/kWh	M Nm ³ /år	GWh/år	ton/år
CO ₂	73 000	0	73 000	263	7,0	46,7	12 286
NO _x	720	167	553	2,0	7,0	46,7	93,1
SO _x	1,6	0 ²	1,6	0,00576	7,0	46,7	0,27
CO	11	1,7	9	0,03348	7,0	46,7	1,57
NMVOC	11	4,2	7	0,02448	7,0	46,7	1,14
N ₂ O	3,0	-	-	-	7,0	46,7	-
CH ₄	6,0	38 ²	-32	-0,1152	7,0	46,7	-5,39
Stoft	11	1,7	9	0,0335	7,0	46,7	1,57

¹ Emissionsdata har huvudsakligen hämtats från Uppenberg et al, Miljöfaktahandbok för bränslen, IVL-rapport B 1334-B, 2001, se kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

² Rehnlund, Blinge m fl, Framtida möjligheter med nya drivmedel, Naturvårdsverket rapport nr 5405, 2004

Nedan redovisas den uppskattade *totala* mängden minskade emissioner till luft som *användandet* av biogas från de undersökta anläggningarna gett upphov till under undersökningsperioden (12 mån). Metanförluster är ej inkluderade här (se vidare, Tabell 15).

Tabell 11 Uppskattad total årlig mängd minskade emissioner till luft från användning av biogas från de utvärderade anläggningarna jämfört med användning av fossilbränsle – nuläge¹⁾

Biogasens användning	Biogasproduktion	Reduktion av emissioner till luft							
	Årlig mängd	Fossilt CO ₂ ton/år	NO _x ton/år	SO _x ton/år	CO ton/år	NM VOC ton/år	N ₂ O ton/år	CH ₄ ton/år	Stoft ton/år
Värmeproduktion	12,2 M Nm ³ /år	22 400	14,4	i.u.	1,5	0,6	0,0	0,12	-
Drivmedel	7,5 M Nm ³ /år	13 200	93,2	0,39	3,4	1,3	-	-5,5	1,6
Totalt (avrundat)	19,7 M Nm ³ /år	35 600	108	-	4,9	1,9	-	-5,4	-

1) Summering av Tabell 6, 7 och 8 ovan. Totalsumma har endast beräknats för de parametrar där data finns för både värmeproduktion och drivmedelsproduktion. Metanförluster eller andra produktionsförluster är ej inkluderade, jfr Tabell 15.

Det är tydligt från ovanstående att fossilbränsleersättningen är den viktigaste av de ovan undersökta miljöeffekterna. Reduktionen av koldioxid vid användning av biogas från de utvärderade befintliga rötningsanläggningarna uppgår i nuläget till ca 35 600 ton/år jämfört med motsvarande fossilbränsleanvändning.

Siffran –5,4 ton CH₄/år i tabellen ovan är oförbränd metan vid förbränning. Denna mängd motsvarar $5,4 * 23 = 124$ ton CO₂-ekvivalenter.

2.1.3 Översiktlig jämförelse av emissioner vid produktion och distribution av biogas och fossilbränsle

För att erhålla en rättvisande jämförelse måste även emissioner från produktion och distribution jämföras. Emissionsdata för en sådan jämförelse saknas här. Nedan redovisas övergripande den totala bilden av systemens klimatpåverkande effekter mätt som koldioxidekvivalenter genom att inkludera emissioner från produktion.

2.1.3.1 METANFÖRLUSTER

Metanförlusterna är de enda emissioner till luft från rötningsanläggningarna som med någon säkerhet kan bedömas i dagsläget. För övriga emissioner såsom ammoniak, lustgas och VOC saknas data för en bedömning. Beräkningarna har baserats på de förutsättningar som anges i kapitel 1.2.2.3.

Metanförlusterna redovisas i Tabell 13 och Tabell 13 nedan och omvandlas därefter till koldioxidekvivalenter (Tabell 14). Förlusterna anges dels för användningsområde (gasuppgradering respektive värmeproduktion), dels för rågasproduktion (vid rötningen) och rengasproduktion (uppgraderingsanläggningar). Äldre och nya uppgraderingsanläggningar behandlas separat. Begreppet äldre används här i betydelsen *inaktuell teknik*, dvs teknik som inte kommer att användas i framtiden.

Tabell 12 Metanförluster till luft vid de undersökta rötningsanläggningarna

Parameter	Enhet	Värde
Biogasproduktion	M Nm ³ /år	19,7
Metanproduktion	M Nm ³ /år ¹⁾	13,2
Andel metanförluster	% av inkommande rågas	1 ²⁾
	M Nm ³ CH ₄ /år	0,132
	ton CH ₄ /år	94

1) Genomsnittlig metanhalt 67 % (från driftdata)

2) Uppskattat värde baserat bl a på resultat från mätningar genomförda i BUS-2¹, se kap 1.2.2.3.

Tabell 13 Uppskattade metanförluster till luft vid de undersökta gasuppgraderingsanläggningarna

Enhet		Metanförluster		
		Äldre anläggningar (inaktuell teknik)	Nya anläggningar	Totalt
Rågasflöde till rening	M Nm ³ /år	4,2	6,7	10,9 ¹⁾
Metan i inkommande rågasflöde	M Nm ³ metan/år ²⁾	2,8	4,5	7,3
Andel metanförluster	% av metan i inkommande rågas	4,7 ³⁾	1,9 ³⁾	3 ³⁾
Metanförluster vid gasuppgraderingsanläggningar	M Nm ³ metan/år	0,132	0,0855	0,218
	ton CH ₄ /år ⁴⁾	93,7	60,7	154

1) Totala summan biogas som behandlas i gasrening skiljer sig jämfört med den mängd som används som drivmedel. Detta beror på att en del av gasen i vissa fall uppgraderas och införs på naturgasnätet och används därefter huvudsakligen till värmeproduktion.

2) Genomsnittlig metanhalt 67 % (från driftdata)

3) Viktade medelvärden. Angivna värden har i de flesta fall ej uppmätts utan är beräknade eller uppskattade värden, se kapitel 1.2.2.3.2.

4) Volymvikt för CH₄ = 0,71 kg/Nm³

Om medelvärdena för äldre och nyare anläggningar viktas erhålls således i genomsnitt 3 % metanförluster för samtliga undersökta gasuppgraderingsanläggningar.

¹ Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas, Swedpower, 2005. Delprojekt 2 inom RVFs BUS-program.

Tabell 14 Uppskattade direkta metanförluster (produktionsförluster) vid de utvärderade rötnings- och gasuppgraderingsanläggningarna^{1,2}

Utvärderade anläggningar	Metanförluster, ton CH ₄ /år	Koldioxidekvivalenter, ton CO ₂ /år
Rötning	94	2 160
Gasuppgradering	154	3 540
Totalt	248	5 700

1) sammanfattning av Tabell 12 och Tabell 13 ovan

2) se kapitel 1.2.2.1

Förluster vid *produktion* av biogas och fordonsbränsle bedöms alltså totalt sett uppgå till ca 5700 ton koldioxidekvivalenter/år i dagsläget.

För att bedöma hur förlusterna inverkar resultatet redovisas i Tabell 15 nedan minskade emissioner vid *användning* av biogas (jämfört med fossilbränsle) *när dessa metanförluster inkluderats*. Värdena skall jämföras med Tabell 11 tidigare (emissioner utan metanförluster). I jämförelsen ingår inte emissioner vid produktion av fossilbränsle; inverkan av metanförlusterna blir således något större än i verkligheten.

Tabell 15 Total årlig mängd minskade emissioner till luft vid användning av biogas¹⁾ jämfört med användning av fossilbränsle, metanförluster vid biogasproduktion inkluderade

Biogasens användning	Biogasproduktion	Reduktion av emissioner till luft ¹⁾							
	Årlig mängd (före förluster)	Fossilt CO ₂ ton/år	NO _x ton/år	SO _x ton/år	CO ton/år	NM VOC ton/år	N ₂ O ton/år	CH ₄ ton/år	Stoft ton/år
Värmeproduktion	12,2 MNm ³ /år	21 810	14	- ²⁾	1,4	0,57	0,0	0,11	-
Drivmedel	7,5 MNm ³ /år	12 510	88	0,36	3,2	1,20	-	-5,2	1,5
Totalt (avrundat)	19,7 MNm ³ /år	34 300	104	-	4,7	1,77	-	-5,1	-

1) Jämfört med fossilbränsleanvändning. I jämförelsen ingår inte produktionsförluster vid produktion av eldningsolja respektive bensin och diesel, se diskussion i kapitel 1.2.2.3.3.

2) Utgående från Tabell 11 samt de framräknade metanförlusterna ovan, 1 % vid rötningsanläggningar, 3 % vid gasuppgraderingsanläggningar.

Fossilbränsleersättningen *utan* metanförluster uppskattas motsvara en reduktion av 35 600 ton koldioxid/år (enl Tabell 11). Inkluderas förlusterna minskar mängden till 34 300 ton (enl Tabell 15). Således ger metanförlusterna en ytterligare reducering av emissionsminskningen vid *användning* av biogas med 1 300 ton/år.

Mängden oförbränd metan påverkas endast marginellt, minskar från 124 till (5,1 * 23 =) 117 ton koldioxidekvivalenter/år.

De uppskattade totala metanförlusterna vid produktion och användning av producerad biogas vid de befintliga utvärderade anläggningarna (mätt som koldioxidekvivalenter) sammanfattas i Tabell 16 nedan.

Tabell 16 Sammanfattning av uppskattade förluster vid produktion och användning av biogas respektive fossilbränsle

Produktion och förluster	Koldioxid- ekvivalenter ton CO ₂ /år
Producerad fossilbränsleersättning vid utvärderade rötningsanläggningar ¹⁾	35 600
Metanförluster (direkta) vid rötnings- och gasuppgraderingsanläggningar ²⁾	-5 700
Minskning av reducerade emissioner vid användning av biogas (på grund av att mängden tillgänglig biogas minskar genom direkta metanförluster) ³⁾	-1 300
Förluster vid produktion och distribution av fossilbränsle ⁴⁾	+2 300
Totalt:	30 900

1) från Tabell 11

2) från Tabell 14

3) från jämförelse Tabell 14 och Tabell 15

4) se kapitel 1.2.2.3.3

Produktion av olja och diesel i en mängd som motsvarar energiinnehållet i nuvarande biogasproduktion i de undersökta biogasanläggningarna enligt ovan ger då upphov till 2 300 ton CO₂/år (se kapitel 1.2.2.3.3). Denna ”vinst” kan då tillgodoräknas biogasen, dvs 35 600 + 2 300 ton = 37 900 ton fossilt koldioxid ersätts. Om metanförlusterna till sist dras bort erhålls ett netto på 30 900 ton CO₂. Således är totala miljöpåverkan med avseende på enbart klimatpåverkan betydligt större än miljöpåverkan från metanförlusterna.

Man kan konstatera att förlusterna vid produktion och distribution av eldningsolja, diesel och bensin ger upphov till koldioxidutsläpp som är ungefär 40 % av metanförlusterna (mätt som CO₂-ekvivalenter) vid *de utvärderade anläggningarna* (2 300 respektive 5 700 ton CO₂/år). Olje- och dieselproduktion är en mogen teknik som förfinat sina metoder att minimera förluster under många årtionden. Samma utveckling har påbörjats för biogasproduktion och kan på sikt förmodas fortsätta. Jämförelsen är dock inte fullständig (se diskussion i kapitel 1.2.2.3.3.).

2.1.4 Produktion av näringsämnen i rötrest och kompost

Mängden mull och näringsämnen som producerats vid de undersökta rötnings- och komposteringsanläggningarna redovisas nedan. Dessa värden är baserade på medelvärden från insamlade driftdata (se Bilaga 1a, 1c).

Tabell 17 Total mängd producerade näringsämnen från de utvärderade anläggningarna i nuläget

	Mängd TS, ton/år	Mull % VS av TS	N _{tot} kg/ton TS ¹⁾	NH ₄ -N kg/ton TS ¹⁾	P kg/ton TS ¹⁾	N ton/år	NH ₄ ton/år	P ton/år	Mull ton VS/år	Andel som återförts till jord- bruket %
Rötrest	12 500	65	100	70	15	1250	880	190	8 000	80 %
Kompost	35 000	60	20	0,1	6	700	35	210	21 000	8 %

1) Baserat på uppgifter från driftdatainsamlingen, se Bilaga 1a och 1c. Variationen i data uppskattas till ca 15-20 %. Det höga näringsinnehållet i rötresten förklaras av att de studerade anläggningarna behandlar stora mängder mycket näringsrikt avfall såsom slakteriavfall etc.

2.2 Miljöpåverkan i framtiden – systemens potential

Vid uppskattning av systemens potential med avseende på miljöpåverkan har två olika scenarier studeras för rötnings- och komposteringsystem.

Potentialen har här uppskattats för de parametrar som kvantifierats i miljökvalitetmålen, dvs minskningar av emissioner till luft.

Utgångspunkten för att uppskatta potentialen för storskalig rötning och kompostering har varit de avfallsmängder som är lämpliga att behandlas biologiskt och därmed skulle kunna behandlas i respektive system. Beräkningarna har i denna studie baserats på *mat- och industriavfall*. Det är främst denna typ av avfall som berörs av deponiförbudet för organiskt avfall och de storskaliga biologiska behandlingsanläggningarna som studerats i denna studie är avsedda för behandling av just dessa typer. Dessutom har antagits att *en viss mängd* andra material såsom gödsel (för rötningsanläggningar) och parkavfall (kompostering) behandlas tillsammans med mat- och industriavfallet. Någon beräkning av potentialen för hela mängden gödsel eller park- och grönavfall har alltså inte gjorts.

Systemens potential har uppskattats utifrån rötnings- respektive komposteringsbart avfall enligt ovan tillsammans med nyckeltal från anläggningarna (dvs mängd biogas/ton behandlat avfall, mängd kväve/ton kompost, etc) som tidigare redovisats.

Följande två scenarier har undersökts:

1) Teoretisk potential, 100 %

Vid uppskattning av den teoretiska potentialen har hela avfallsmängden inräknats.

2) Verklig potential

I detta scenario har den teoretiska potentialen korrigerats för följande faktorer:

- Av ekonomiska skäl är det osannolikt att uppförande av biogas-anläggningar är genomförbart i glesbygdslänen, varför avfallsmängderna från dessa län har räknats bort. 6 % av avfallet kommer från dessa län.
- 10 % av avfallet antas hemkomposteras och denna mängd har räknats bort.
- Ett genomsnittligt sorteringsutbyte på ca 70 % antas för hushållsavfallen (baserat bland annat på resultatet av undersökningen i Bilaga 2 – källsortering och insamling)

Resultatet kommenteras även med avseende på vilken förbättringspotential av systemen som kan tänkas realistisk.

För båda scenarierna gäller att metanförlusterna har antagits marginella och i alla händelser lika eller mindre än produktionsförluster för motsvarande fossilbränsle.

Potentialen för utveckling och förbättring av rötnings- och gasuppgraderingssystemen inkluderas genom olika förbättringsåtgärder och processoptimeringar bedöms potentialen ytterligare kunna ökas med i storleksordningen 10 %. Häri ingår framför allt energi- och processoptimering samt fortsatt utveckling av gasuppgradering mot nollförluster.

I fallet kompostering har potentialen beräknats för hushållsavfall och annat matavfall eftersom detta är det mest intressanta i detta sammanhang. Slakteriavfall och andra avfall är generellt mindre lämpliga att kompostera, framför allt på grund av lukt- och hanteringsproblem. Endast mycket små mängder av sådant material komposteras också idag. Strukturmaterial är inkluderat i uppskattningarna av kompost eftersom metoden förutsätter att sådant blandas in. Strukturmaterialet kan då utgöras av park- och grönavfall. Naturligtvis finns ytterligare en potential som gäller allt park- och grönavfall utöver vad som används vid kompostering av matavfall, liksom för andra material som kan komposteras t ex stallgödsel. Dessa inkluderas dock inte här.

Hela mängden kompost och rötrest antas nyttiggöras i jordbruket eller på annat sätt.

Tabell 18 nedan redovisar de avfallsmängder som använts för bedömningen.

**Tabell 18 Avfallsmängder i Sverige som använts vid bedömningen av
rötningssystemens potential^{1,2}**

	TS	VS	Mängd, ton/år ¹	Mängd TS/år	Mängd VS/år
	%	%			
Hushållsavfall ²			4 211 290		
<i>varav lättnedbrytbart</i>	35	90	1 470 000	514 500	463 050
Gödsel	10	80	5 750 000	575 000	460 000
Livsmedelsavfall; tot	25	90	2 878 000	719 500	647 550
<i>varav.....Slakteri</i>	23		180 000	41 400	
<i>Sockerindustri</i>	38		500 000	190 000	
<i>Potatis</i>	6		465 000	27 900	
<i>Brännerier</i>	70		242 000	169 400	
<i>Bryggerier</i>	21		1 341 000	281 610	
<i>Fisk</i>	20		25 000	5 000	
Summa:				1 809 000	1 570 600

Näringsinnehållet i hela avfallsmängden som kan rötas/komposteras har uppskattats baserat på uppgifter om kväveinnehållet i respektive avfallsfraktion.

2.2.1 Teoretisk potential

2.2.1.1 BIOGAS

Biogas potentialen beror framför allt på mängden och typen av material som rötas i anläggningarna, men även på hur väl optimerad en anläggningarna är.

När det gäller avfallsmängderna har den teoretiska potentialen beräknats med utgångspunkt i följande antaganden (utgående från Tabell 18):

- 5 % av totala mängden hushållsavfall rötas i Typ R1-anläggningar, 95 % i Typ R2-anläggningar.
- Ca 5 % av det inkommande avfallet vid en Typ R1-anläggning utgörs av hushållsavfall.
- 40-50 % av inkommande avfall som behandlas vid Typ R2-anläggningar utgörs av hushållsavfall och resterande andel utgörs av andra material.
- Industriavfallet har fördelats 50/50 på de två anläggningstyperna.
- Slutligen har ”fyllts på” med en gödselfraktion som fördelats 50/50 på anläggningstyperna, upp till en maxgräns av 30 % av resulterande substratblandning, vilket därmed begränsat gödselmängden.

¹ Brolin et al, Flöden av organiskt avfall, NV Rapport 4611, 1996.

² RVF Avfallsstatistik för 2004 (i angiven mängd 1 470 000 ton ingår även restaurang- och handelsavfall)

Tabell 19 redovisar den antagna fördelningen av avfallet i de två anläggningstyperna.

Tabell 19 Antagen fördelning av avfallet vid beräkning av rötningsssystemens teoretiska potential¹⁾

ALT 1 – Teoretisk potential		Typ R1	Typ R2
Typ av avfall	Ton VS/år	Ton VS/år	Ton VS/år
Hushållsavfall (utsorterat organiskt avfall) samt restaurang & handelsavfall)	463 050	23 153	439 898
Gödsel	460 000	230 000	230 000
Livsmedelsindustri	647 550	323 775	323 775
Total mängd	1 570 600	576 928	993 673

1) från Tabell 18

Olika antaganden är nödvändiga för att kunna genomföra beräkningarna. Det skall dock påpekas att resultatet totalt sett – med den modell som använts här – inte är känsligt för förändringar i fördelningen av avfallet på Typ R1 och Typ R2-anläggningar (enskilda anläggningars resultat skulle dock naturligtvis påverkas).

Gasproduktionen har förutsättningar att bli högre i de anläggningar som rötar mycket fettrikt avfall än de som rötar enbart hushållsavfall. Typ R1-anläggningarna har därför ofta större förutsättningar att erhålla en högre gasproduktion än Typ R2-anläggningar för enbart hushållsavfall. (Ökning av gasproduktionen i Typ R2-anläggningar innebär i praktiken att hushållsavfallet rötas tillsammans med något annat mer energirikt material). Utifrån insamlade data har någon skillnad mellan R1- och R2-anläggningar vad gäller gasproduktion dock inte kunnat urskiljas. Sannolikt beror detta på osäkerheter vid provtagning och analys som diskuterats i Bilaga 1a. Dessutom finns endast en R2-anläggning i drift, vilket gör att underlaget är mycket litet. Någon åtskillnad i gasutbyte mellan de olika anläggningarna har därmed inte använts vid efterföljande uppskattning av biogaspotential.

För anläggningarna har beräknats en biogaspotential baserat på ovanstående avfallsmängder och framtagna nyckelfaktorer (medelvärden för driften), vilka redovisas i Tabell 20 nedan (se även Bilaga 1 samt huvudrapportens resultatdel). Vi här också förutsatt att anläggningarna inte har några driftproblem och går vid full belastning. Som diskuterats i Bilaga 1 under ”Prestanda och nyckeltal” bedöms nyckeltalen baserade på angivna driftdata som något höga. För att inte få en alltför optimistisk bedömning av biogaspotentialen har dessa därför justerats något och *beräkningarna av potentialen baseras således på de justerade värdena i Tabell 20 nedan.*

Tabell 20 Nyckeltal för de utvärderade rötningsanläggningarna¹⁾

	Medelvärden från drift-data	Justerade värden ²⁾
Metanhalt, % CH ₄	67	67
Utrötningsgrad, %	61	61
Nm ³ biogas/ton inkommande VS	730	610
Nm ³ biogas/ton nedbruten VS	1,3	1,0

1) Nyckeltal framräknade utifrån insamlade driftdata (5-9 anläggningar för respektive värde), se Bilaga 1a.

2) Justerade värden för uppskattning av potentialen

Uppskattning av potentialen för reduktion av emissioner har – som för nuläget ovan – skett genom jämförelse mellan emissioner vid användning av biogas och emissioner vid användning av fossilbränsle (här har valts eldningsolja Eo1, diesel Mk1 samt bensin). Emissionsdata har som tidigare baserats på schablonvärden från Uppenberg (se Tabell 3 och Tabell 5).

Tabell 21 Uppskattad total mängd minskade emissioner från användning av biogas från avfallsrötning jämfört med användning av fossilbränslen – teoretisk potential

Användning	Biogas- produk- tion ¹⁾	Reduktion av emissioner ²⁾				
	M Nm ³ /år	GWh/år	Fossilt bränsle M ton CO ₂ /år	NO _x ton/år	SO _x ton/år	NMVOC ton/år
All biogas till värme- produktion	960	6 400	1,8	1 100	-	47
All biogas till for- donsbränsle:						
Allt till tunga fordon	960	6 400	1,7	13 000	38	160
Allt till lätta fordon	960	6 400	1,8	165	217	236

1) Baserat på rötbara avfallsmängder enligt Tabell 19 samt nyckeltal för biogasproduktion från Tabell 20.

2) Jämförelsen har baserats på skillnad i emissioner till luft från användning av biogas och fossilbränslen (eldningsolja, diesel och bensin). Emissionsdata, se kapitel 1.2.2 (Tabell 3 och Tabell 5)

2.2.1.2 RÖTREST OCH KOMPOST

Den totala mängden näringsämnen som de olika systemen kan producera har uppskattats nedan, baserat på samma förutsättningar och nyckeltal som ovan samt följande antaganden.

Typ R1-anläggningarna som rötter en stor andel slakteriavfall har en rötrest med mycket högt näringsinnehåll ($N_{\text{tot}} = 10\text{--}12\%$ av TS, $P_{\text{tot}} = \text{ca } 1,2\text{--}1,8\%$ av TS) och detta blir inte fallet vid rötning av alla organiska avfallsfraktioner, pga variationer i det inkommande avfallets näringsinnehåll.

Därför har inte dessa nyckeltal använts vid uppskattning av systemens potential utan via uppgifter om näringsinnehåll i olika avfallsslag vilka redovisas i Tabell

22 nedan. Kväveinnehållet i den totala mängden avfall som kan behandlas med rötning har uppskattats till ca 3 % av TS (fullständiga uppgifter har ej funnits för vissa av de ingående avfallsfraktionerna). Hushållsavfall har ett något lägre kväveinnehåll av ca 20 g N/kg TS, dvs 2 % av TS. Vid rötning är kväveförlusterna mycket små och så gott som hela mängden kväve antas här bli kvar i det utrötade materialet. Detta gäller under förutsättning att rötresten myllas ned direkt vid spridning (vilket den generellt inte gör i dagsläget). Driftdata visade tidigare att ca 70 % av kvävet föreligger som ammoniumkväve, vilket stämmer väl med andra erfarenheter och studier.

I fallet kompostering är det i huvudsak endast hushållsavfallet av ovanstående avfallsfraktioner som är aktuellt att kompostera. Baserat på nyckeltalen ger kompostering ger ett betydligt lägre innehåll av kväve i komposten än vad man kan förvänta sig baserat på näringsinnehållet i de inkommande materialen. Detta tyder på att i många fall avgår en stor andel av kvävet till luft under komposteringsprocessen. Kvävebalanserna vid kompostering är dock erfarenhetsmässigt svåra att få att stämma, varför det finns en hög osäkerhet här. Andelen kväve som avgår till luft beror också på en mängd faktorer (C/N-kvot, pH, temperatur, etc). Här har antagits att komposteringsprocessen är optimerad. Vid uppskattning av den teoretiska potentialen har antagits att 50 % av det inkommande kvävet kan bibehållas i komposten (ev genom återföring av ammoniak som avgår).

Någon åtskillnad görs inte med avseende på växttillgängligheten för de olika formerna av kväve som uppträder. Generellt är rötresten här mer fördelaktig i termer av omedelbar gödningseffekt eftersom ammoniumkvävet direkt kan omsättas. Vid användning av kompost kommer omvandlingen till växttillgängligt kväve att ta längre tid och har därmed en mer långsiktig potential.

Fosforhalt och -mängder i avfallet har uppskattats på samma sätt som för kvävet och redovisas i Tabell 22 nedan. Fosforinnehållet är högst i slakteriavfall och gödsel av de fraktioner som inkluderats här (ca 1 % av TS), medan matavfall från hushåll, restauranger och handel innehåller ca hälften så hög halt (ca 0,5 % av TS). Utifrån dessa har därefter totala mängderna beräknats och redovisas i Tabell 23.

Tabell 22 Kväve- och fosforinnehåll i avfallsfraktioner, teoretisk potential

Avfallsfraktion	Avfallsmängder ton TS/år	Kväveinnehåll ¹⁾ N _{tot}		Fosforinnehåll ¹⁾ P _{tot}	
		% av TS	ton/år	% av TS	ton/år
Hushållsavfall ²⁾ :	514 500	2	10 290	0,5	2 570
Samtliga övriga fraktioner:	1 294 500	3	38 835	1	12 900
Totalt, avr:	1 809 000	2,7	49 125	0,9	15 670

1) Brolin et al, Flöden av organiskt avfall, NV Rapport 4611, 1996 (avfallsmängder, se även Tabell 18).

2) I angiven mängd ingår också restaurangavfall och handelsavfall.

Tabell 23 Uppskattad total mängd producerade näringsämnen från rötning och kompostering – teoretisk potential¹⁾

	Mängd TS, ton/år	N _{tot} ton/år	NH ₄ ton/år	P ton/år	Mull % VS av TS	Mull Ton VS/år
Rötrestart	851 000	49 125	34 390	15 670	65	612 000
Kompost	360 150 ²⁾	5 145	-	2 570	60	234 000

1) Beräknat utifrån nyckeltal från de utvärderade anläggningarna tillsammans med uppskattade avfallsmängder i Tabell 18 och näringsinnehåll i Tabell 22.

2) Endast hushållsavfall (inklusive restaurang- och handelsavfall) dvs 514 500 ton TS/år har förutsatts komposteras (se även förutsättningar i inledning till kap 2.2). Enl. driftdata erhålls 0,7 ton kompost/ton hushållsavfall.

2.2.2 Verklighet potential

I detta scenario har den ovan beräknade teoretiska potentialen justerats för att avspejla verkliga förhållanden. Hela den röt- och komposterbara avfallsmängden som anges i Tabell 18 kommer i praktiken inte att kunna rötas på grund av lokala förutsättningar. Avfallsmängderna som kan tänkas behandlas i storskaliga anläggningar har korrigerats för hemkompostering, glesbygdslän och sorteringsutbyte, enligt följande:

- Avfallet från glesbygdslänet utgör ca 6 % av den totala mängden¹
- 10 % av avfallet antas hemkomposteras
- Ett sorteringsutbyte på ca 70 % antas för hushållsavfallen (baserat bland annat på resultatet av undersökningen i Bilaga 2 – källsortering och insamling) samt information från RVF.

De korrigerade avfallsmängderna som då är möjliga att röta redovisas i Tabell 24 nedan.

¹ Kommunstatistik från Statistiska Centralbyrån

Tabell 24 **Korrigerade avfallsmängder för uppskattning av systemens verkliga potential¹⁾**

ALT 2 – Verklig potential	Totalt ton TS/år	Totalt ton VS/år	Typ R1 ton VS/år	Typ R2 ton VS/år
Hushållsavfall (utsorterat organiskt avfall) samt restaurang- och handelsavfall	304 700	274 218	13 711	260 507
Gödsel	575 000	460 000	230 000	230 000
Livsmedelsindustri	719 500	647 550	323 775	323 775
Total	1 599 200	1 381 768	567 486	814 282

1) Utgående från Tabell 18.

Den ”verkliga” biogaspotentialen, efter korrigerings redovisas i Tabell 25 nedan. Metanförluster i systemen har antagits vara försumbara.

Tabell 25 **Uppskattad total mängd minskade emissioner från användning av biogas från avfallsrötning jämfört med användning av fossilbränslen – verklig potential¹⁾**

Användning	Biogasproduktion		Reduktion av emissioner			
	M Nm ³ /år	GWh/år	Fossilt bränsle M ton CO ₂ /år	NO _x ton/år	SO _x ton/år	NM VOC ton/år
All biogas till värme- produktion	840	5 600	1,6	1 050	-	42
All biogas till for- donsbränsle:						
Allt till tunga fordon	840	5 600	1,5	11 600	34	143
Allt till lätta fordon	840	5 600	1,6	147	193	210

1) Värden från Tabell 21 korrigerade för avfallsmängder enligt Tabell 24 ovan. Jämförelsen har baserats på skillnad i emissioner till luft från användning av biogas och fossilbränslen (eldningsolja, diesel och bensin). Emissionsdata har hämtats från kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

På samma vis som för biogaspotentialen ovan har den teoretiska potentialen för producerade näringsämnen justerats och redovisas nedan.

Tabell 26 **Kväve- och fosforinnehåll i avfallsfraktioner, verklig potential**

Avfallsfraktion	Avfallsmängder		Kväveinnehåll ¹⁾ N _{tot}		Fosforinnehåll ¹⁾ P _{tot}	
	ton TS/år	% av TS	ton/år	% av TS	ton/år	
Hushållsavfall ²⁾ :	305 000	2	6 100	0,5	1 525	
Samtliga övriga fraktioner:	1 294 500	3	38 835	1	12 900	
Totalt, avr:	1 600 000	2,8	44 940	0,9	14 430	

1) Brolin et al, Flöden av organiskt avfall, NV Rapport 4611, 1996 (avfallsmängder, se Tabell 24).

2) I angiven mängd ingår också restaurangavfall och handelsavfall.

Tabell 27 Uppskattad total mängd producerade näringsämnen från biologisk behandling av röt- och komposterbart avfall i storskaliga system – verklig potential

	Mängd TS, ton/år	ton N/år	ton NH ₄ /år ²⁾	ton P/år ²⁾	Mull % VS av TS	Mull ton VS/år
Rötrest	749 000 ¹⁾	44 940	31 450	14 430	70	540 000
Kompost	213 500 ²⁾	3 050 ³⁾	-	1 520	60	213 000

1) Utgående från förutsättningar för rötning Tabell 20 samt näringsinnehåll Tabell 26

2) Endast hushållsavfall (inklusive restaurang- och handelsavfall) dvs 305 000 ton TS/år har förutsatts komposteras. Enl driftdata erhålls 0,7 ton kompost/ton hushållsavfall.

3) 50 % av kväveinnehållet antas bli kvar i komposten(se kapitel 2.2.1.2).

2.2.3 Förbättringspotential för rötningssystemen

I dagsläget används i genomsnitt ca 20 % av gasen till intern uppvärmning. Genom ökad energioptimering och olika förbättringsåtgärder borde denna andel kunna minskas till omkring 10 %.

Således kan det *externa* utnyttjandet av gasen ökas, uppskattningsvis med i storleksordningen 10 %, genom avancerade metoder för värmeåtervinning kanske ännu mer (den praktiska tillämpningen av sådan teknik i rötningssystem behöver dock utvecklas).

2.3 Jämförelse av miljöpåverkan med de nationella miljökvalitetsmålen

2.3.1 Nuläge

Miljöpåverkan som erhållits från de utvärderade anläggningarna i nuläget har jämförts med de kvantifierade nationella miljökvalitetsmålen. Tabell 28 nedan redovisar resultatet av jämförelsen.

Tabell 28 Jämförelse av miljöpåverkan från de utvärderade rötningsanläggningarna i nuläget med huvudsakliga nationella miljökvalitetsmål

Parameter	Kvantifierat delmål	Reduktion av emissioner i dagsläget		
CO ₂	Minska med 4 % = 2,8 M ton CO ₂ -ekv/år	30 900 – 35 600 ton/år ¹⁾		
		Användning		
		Värmeproduktion ton/år	Fordon ton/år	Summa ton/år
NO _x	Minska till 148 000 ton/år	14	88	102
SO _x	Minska till 60 000 ton/år	- ²⁾	0,36	-
NM VOC	Minska till 241 000 ton/år	0,6	1,2	1,8

1) Med och utan metanförluster, se Tabell 11, 15 och 16. Jämförelsen har baserats på skillnad i emissioner till luft från användning av biogas och fossilbränslen (eldningsolja, diesel och bensin). Emissionsdata har hämtats från kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

2) - = uppgift saknas för bedömning

Som framgår av tabellen så har systemen på *nationell* basis hittills mycket begränsad effekt (30 900 ton CO₂/år jämfört med 2,8 M ton CO₂-ekv (totala utsläppen klimatpåverkande gaser uppgick 1990 till 72, 2 Mton CO₂-ekv), dvs ca 0,04 % av koldioxidmålet).

Det bör påpekas att de *lokala* effekterna på luftkvaliteten t ex i stadskärnor med biogasbaserad kollektivtrafik ändå kan vara mycket stora.

2.3.2 Framtida potential

Systemens framtida potential i de två scenarierna när det gäller att uppfylla nationella miljökvalitetsmål har undersökts genom att jämföra resultatet från beräkningarna i kapitel 2.2. med de miljökvalitetsmål som är kvantifierade. (Relevanta nationella miljökvalitetsmål för studien redovisas i Tabell 1, kapitel 1.1).

Jämförelsen har gjorts för tre olika fall som innebär att 100 % av gasen går till värme, lätta fordon respektive tunga fordon och redovisas i Tabell 29 – Tabell 30 nedan.

Tabell 29 Jämförelse av rötningssystemens teoretiska potential, i form av minskade emissioner, med de nationella miljö kvalitetsmålen (Scenario 1 – teoretisk potential)¹⁾

Parameter	Kvantifierat delmål	Teoretisk potential Minskade emissioner till luft ²⁾		
CO ₂	Minska med 4 % = 2,8 M ton CO ₂ /år	1,7M ton/år		
		Användning		
		All gas till värmeproduktion ton/år	All gas till lätta fordon ton/år	All gas till tungt fordon ton/år
NO _x	Minska till 148 000 ton	1100	165	13 000
SO _x	Minska till 60 000 ton	-	220	40
NM VOC	Minska till 241 000 ton/år	50	235	160

1) sammanställning av data från Tabell 21

2) Jämförelsen har baserats på skillnad i emissioner till luft från användning av biogas och fossilbränslen (eldningsolja, diesel och bensin). Emissionsdata har hämtats från kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

Tabell 30 Jämförelse av rötningssystemens verkliga potential, i form av minskade emissioner, med de nationella miljö kvalitetsmålen (Scenario 2 – verklig potential)¹⁾

Parameter	Kvantifierat delmål	Verklig potential Minskade emissioner till luft		
CO ₂	Minska med 4 % = 2,8 M ton CO ₂ /år ²⁾	1,5 ton/år		
		Användning		
		All gas till värmeproduktion ton/år	All gas till lätta fordon ton/år	All gas till tungt fordon ton/år
NO _x	Minska till 148 000 ton	1 050	150	12 000
SO _x	Minska till 60 000 ton	-	190	35
NM VOC	Minska till 241 000 ton/år	40	210	140

1) sammanställning av data från Tabell 25

2) 4 % av totala utsläppen av klimatpåverkande gaser baserat på 1990 års nivå

3) Jämförelsen har baserats på skillnad i emissioner till luft från användning av biogas och fossilbränslen (eldningsolja, diesel och bensin). Emissionsdata har hämtats från kapitel 1.2.2, Tabell 3 och Tabell 5.

Tabell 29 – Tabell 30 ovan visar att rötningssystemen har mycket god potential att på sikt bidra till att koldioxidmålet uppnås, oavsett om gasen används till fordonbränsle eller uppvärmning. Koldioxidmålet anges som minskning med 4 % av totala utsläppen av klimatpåverkande gaser baserat på 1990 års nivå, vilka då uppgick till ca 72 M ton koldioxidekvivalenter. En minskning med 4 % motsvarar då ca 2,8 M ton CO₂.

Omkring 1,5 M ton CO₂/år kan med de antagna förutsättningarna uppnås via rötningssystemen för avfallet, vilket alltså motsvarar ca 50 % av målet.

Måluppfyllelsen förutsätter naturligtvis att systemen är driftstabila och även att metanförluster i biogassystemen¹ är minimerade. Genom fortsatt teknisk utveckling bedömer vi att detta är fullt möjligt att uppnå (utvecklingen kan påskyndas bland annat genom förbättrat projektgenomförande och ökad kunskapsnivå, se huvudrapportens slutsatser). Utvecklingen pekar också på att gastäta system är ett realistiskt scenario och på sikt genomförbart; det är främst en kostnadsfråga.

För NO_x-utsläppen är potentialen avhängig av användningsområdet. Användning av biogasen i tunga fordon ger en signifikant minskning av kväveoxidutsläppen. 2003 uppgick NO_x-utsläppen till 206 000 ton/år och måste alltså fortsätta att minska med ca 30 % för att målet skall uppnås. En minskning från ca 315 000 ton/år har skett sedan 1999 framför allt genom minskade emissioner från trafik. Dock ökar trafiken och dessutom bedöms andelen tung trafik öka. Rötningssystemens potential enligt ovan uppgår till ca 6 % av dagens nivå, motsvarande ca 1/5 av den fortsatta minskning som krävs för måluppfyllelse.

I det fall biogasen används i lätta fordon eller till uppvärmning erhålls en betydligt mindre effekt med avseende på NO_x: omkring 0,1 respektive 0,5 % minskning från dagens nivå.

I praktiken kommer biogasen att användas till samtliga dessa ändamål, på sikt till övervägande del fordonsbränsle (om nuvarande utveckling består). Med en antagen fördelning av biogasen med 20 % till uppvärmning, 40 % till lätta fordon och 40 % till tunga fordon bedöms då NO_x-utsläppen minska med ca 4 900 ton/år, vilket motsvarar omkring 2,5 % av dagens utsläpp eller 8 % av den minskning som krävs för måluppfyllelse.

Systemens potential att uppfylla delmålen avseende SO_x och NMVOC är mycket små på en nationell nivå. Lokala effekter kan dock vara stora.

2.4 Ekonomisk värdering av miljöpåverkan

2.4.1 Miljöekonomisk värdering

I miljöekonomiska termer kan den potentiella miljöpåverkan som systemen ger upphov till grovt värderas i ett samhällsekonomiskt perspektiv genom olika beräkningsmodeller. Ett flertal värderingsstudier finns tillgängliga för att kunna bedöma ekonomiska konsekvenser av emissioner av olika föroreningar. Sådana modeller innehåller olika osäkerheter och ger av naturliga skäl endast en grov indikation på samhällsnytta. De flesta studier har endast värderat emissioner till luft varför det dagsläget är svårt att genomföra en värdering för samtliga miljömål.

¹ Huruvida metanförlusterna skall inräknas i nettoeffekten är inte helt entydigt utan beror på vilken alternativ avfallsbehandling som väljs som jämförelse (se kommentar kapitel 1.2.2.3.2). Någon sådan jämförelse har inte ingått i denna utvärdering.

I denna utvärdering har vi valt att använda två av de mest vanliga modellerna SIKA¹ och ExternE². Dessa ger här inte någon fullständig samhällsekonomisk analys utan utgör en *miljöekonomisk* värdering. Regionala åtgärdskostnader utgör bas för SIKA-studien medan Extern-E-studien använder sig av globala, regionala och lokala skador som de olika emissionerna åstadkommer. Värderingen blir därför olika i de båda fallen, vilket framgår av kalkylvärdena som redovisas i Tabell 31 nedan.

Tabell 31 Miljöekonomisk värdering enligt SIKA och Extern-E^{1,2}

Parameter	Kalkylvärden SIKA (kr/kg utsläpp)	Kalkylvärden ExternE- studien (kr/kg utsläpp)
CO ₂	1,50 ¹	0,35-1,2
NO _x	60	19
SO ₂	20	23
NMVOG	30	

Miljöpåverkan har övergripande värderats utifrån ett miljöekonomiskt perspektiv med hjälp av dessa kalkylvärden för emissioner tillsammans med framräknade emissionsmängder enligt tidigare avsnitt i denna bilaga. Värderingen har skett för nuläget och för Scenario 3. Resultatet redovisas i Tabell 33 nedan.

För båda fallen skall värderingen tolkas med stor försiktighet på grund av de osäkerheter som finns i såväl underlagsdata som emissionsdata samt genom den pågående utvecklingen av systemen.

Tabell 32 Miljöekonomisk värdering av uppnådda minskade emissioner till luft vid användning av biogas från de utvärderade rötningssystemen – nuläget¹⁾

Parameter	Uppnådda minskade emissioner från de utvärderade anlägg- ningarna ton/år	Totala värdet av mins- kade emissioner enligt SIKA M kr/år	Totala värdet av minskade emissio- ner enligt Extern-E Mkr/år
CO ₂	30 900	46	10-37
NO _x	102	6,1	1,9
SO ₂	-	-	-
NMVOG	1,8	0,054	-

1) Utgående från Tabell 16 och Tabell 31. Minskningen av emissioner har baserats på jämförelse mellan användning av biogas från de utvärderade anläggningarna och fossilbränsle för uppvärmning respektive fordonsbränsle, Tabell 8-10. Uppskattade metanförluster är inkluderade.

¹ Statens Institut för Kommunikationsanalys, SIKA rapport 2000:3

² ExternE-studien, Naturvårdsverket 2001

Det miljöekonomiska värdet av de minskade emissionerna till luft bedöms således i dagsläget till mellan ca 10 och 46 Mkr/år för koldioxid och ca 2-6 Mkr/år för kväveoxider.

Tabell 33 Miljöekonomisk värdering av rötningssystemens framtida potential med avseende på minskade emissioner till luft – enligt Scenario 2 (verklig potential)

Parameter	Verklig potential Minskade årliga emissioner ¹⁾ ton/år	Totala värdet av minskade emissioner enligt SIKA ²⁾ M kr/år	Totala värdet av minskade emissioner enligt Extern-E M kr/år ²⁾
CO ₂	1,5 M ton/år	2 250	500-1 800
NO _x	4 900 ton/år	290	93
SO ₂ ³⁾	158 ton/år	3,2	3,6
NMVOG	148 ton/år	4,4	-

1) Baserat på tabell 29 och 30. Minskningen av emissioner har baserats på jämförelse mellan användning av biogas och fossilbränsle för uppvärmning respektive drivmedel till fordon, se Tabell 3 och Tabell 5. Fördelningen av biogasen har antagits till 20 % till uppvärmning, 40 % till lätta fordon, 40 % till tunga fordon.

2) se Tabell 31

3) SO_x har här approximerats med SO₂

Potentialen för minskade koldioxidutsläpp ger, som framgår ovan, avsevärda effekter ur ett miljöekonomiskt perspektiv. Genom att minska koldioxidutsläppen genom avfallsrötning kan mellan 500 och 2 200 Mkr/år besparing uppnås enligt dessa modeller.

NO_x-potentialen är helt avhängig av användningen av biogasen. Störst miljöekonomiskt värde erhålls om biogasen används i tunga fordon. Vid den antagna fördelning av biogasen på olika användningsområden (se tabellnot) erhålls uppskattningsvis en miljöekonomisk vinst på mellan 90 och 290 Mkr/år.

I fallet värmeproduktion har jämförelse gjorts mellan användning av biogas och eldningsolja för att exemplifiera skillnaden i emissioner. Vilket bränsle som i praktiken kommer att ersättas är svårt att bedöma, men avgörs i många fall av lokala förutsättningar.

Värdet av minskningarna av SO_x och NMVOG är betydligt mindre i sammanhanget men uppgår ändå i absoluta termer till miljonbelopp. Värdet för svaveloxider är behäftat med större osäkerhet än övriga parametrar eftersom emissionerna inte utvärderats fullständigt för fallet uppvärmning. Under förutsättning att svavel avskiljs eller reduceras i biogasen, bedöms värmeproduktionen inte påverka resultatet i negativ riktning, dvs de totala minskade svaveldioxidmängderna från både fordonsanvändning och uppvärmning bedöms då uppgå till minst de angivna.

Ekonomisk värdering av rötrest och kompost är svår att genomföra då allmänt vedertagna kalkylvärden ej är etablerade för en sådan värdering. Kalkylvärdena

som använts här har hämtats från en nyligen genomförd Jordforskrapport¹, där nyttan av användning av olika biologiska produkter i Norge undersökts. I denna rapport har man gjort en samhällsekonomisk värdering, dvs inkluderat även en finansiell analys till den miljöekonomiska. Värderingen är alltså inte direkt jämförbar med SIKA eller Extern-E ovan.

Det har antagits att all rötrest används i konventionellt jordbruk och all kompost i jordtillverkning. I framräknade kalkylvärden ingår framför allt en värdering av produkternas gödslingsseffekt, men man har även värderat positiva effekter som produkterna har på jordens vattenhållande förmåga och på jorderosion.

Eftersom förutsättningarna i Norge skiljer sig från de svenska, kan denna analys inte direkt översättas till svenska förhållanden. Kalkylvärdena har trots sina begränsningar ändå använts i denna studie för att ge en indikation på storleken av det samhällsekonomiska värdet av rötrest och kompost.

Tabell 34 Samhällsekonomisk värdering av producerad rötrest och kompost (systemens framtida potential enligt Scenario 2, verklig potential)

Produkt ²⁾	Mängd ton TS/år	Kalkylvärde		Värdering
		NOK ¹⁾ /ton TS	SEK/ton TS	M SEK/år
Rötrest	749 000	531	568	425
Kompost	213 500 ²⁾	923	988	211

1) Från Tabell 27

2) 1 NOK = 1,07 SEK

Det samlade samhällsekonomiska värdet som på sikt kan uppnås genom producerad rötrest och kompost uppgår därmed enligt modellen i den norska studien till omkring 425 respektive 211 miljoner kronor per år.

¹ Lystad et al, Samfunnsøkonomisk nytte ved anvendelse av produkter fra biologisk nedbrytbart avfall i jord, Jordforsk rapport nr 4/03.

Rapporter från RVF 2005

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