Rapport SGC 172

Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar

©Svenskt Gastekniskt Center – Januari 2007

Svenskt Gastekniskt Center AB
Margareta Persson
Owe Jönsson

BioMil AB
Alexandra Ekstrandh
Anders Dahl

Rapport SGC 172 •1102-7371 • ISRN SGC-R-172-SE

SGC Svenskt Gastekniskt Center AB

SGC:s FÖRORD

FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dylikt i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns på SGC:s hemsida www.sgc.se.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare:
Svenska Gasföreningen, E.ON Gas Sverige AB, E.ON Sverige AB, Göteborg Energi AB, Lunds Energi AB och Öresundskraft AB.

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Avfall Sverige
E.ON Gas Sverige AB
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Jörgen Held

Sammanfattning

I biogasanläggningar, där det sker biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränsle kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framförallt fyra skäl till varför dessa utsläpp skall minimeras. Dessa är säkerhetsaspekter, växthusgaser, ekonomi och lukt.

Metan är den brännbara komponenten i biogas och gasen utgör huvuddelen av innehållet i biogas, ca 55-75 vol-%. Metan är en växthusgas med 21 gånger större växthuspåverkan än koldioxid. Detta tillsammans med säkerhetsaspekter och även ekonomi gör att utsläppen av metan från ett biogassystem skall reduceras. Det skall dock hållas i minnet att genom rötning av ex. gödsel så reduceras metanutsläpp som annars hade inträffat. Beroende på vilket substrat som rötas och till vad gasen används kan utsläppen av metan från biogassystem uppgå till 8-26 % innan växthuspåverkan blir likvärdig med ett referenssystem med fossila bränslen.

För att få en systematisk genomgång av utsläppen från biogas- och uppgraderingsanläggningar föreslog Avfall Sverige, (tidigare Svenska Renhållningsverksföreningen) att anläggningar bör göra ett frivilligt åtagande om att inventera anläggningen på utsläpp. Åtagandet innebär att anläggningen förbinder sig att vart tredje år inventera anläggningen på utsläpp. Vid varje inventering skall eventuella utsläpp som inte kan åtgärdas direkt kvantifieras och plan på åtgärd anges. De totala utsläppen från anläggningen skall summeras och ett mål uppges på utsläppen efter att föreslagna åtgärder genomförts.

Svenskt Gastekniskt Center AB, SGC, och BioMil AB, fick i uppdrag att utforma det frivilliga åtagandet för biogasanläggningar och uppgraderingsanläggningar. Informationen i denna rapport beskriver hur systemet är utformat och hur inventeringen skall gå till. Vidare ges exempel på åtgärdandet av eventuella utsläpp.

Först markerar anläggningen olika möjliga utsläppskällor på en skiss över anläggningen. Därefter inventeras utsläppsobjekten med läcksökningsinstrument och läckspray. Eventuella utsläpp som detekteras skall om möjligt åtgärdas direkt. Om det inte är möjligt skall en noggrannare mätning under en längre tid genomföras för att kvantifiera utsläppet. Kvantifiering av utsläpp genomförs av en mätkonsult som upphandlas av Avfall Sverige. Instrument som kan användas för noggrannare bestämning av halten metan i utsläpp är t.ex. FTIR, FID, och gaskromatograf. Gasprov kan även tas ut och skickas för analys.

Mest kritiska utsläppsobjekt på en biogasanläggning är de delar som inte är kopplade till anläggningens gassystem men där det ändå kan finnas ett gasutsläpp. Det gäller exempelvis hygieniseringsutrustning och lagring av rötrest.

I uppgraderingsanläggningar sker det huvudsakliga utsläppet av metan i restgasen som leds ifrån anläggningen. Metoder att reducera detta utsläpp är först att justera anläggningen och om denna åtgärd inte är tillräcklig, destruera metanet genom termisk, katalytisk eller biologisk oxidation.

SAMMANFATTNING 1

1. INLEDNING 4

1.1. Bakgrund 4

1.2. Syfte 4

1.3. Metod 5

1.4. Definitioner 5

1.5. Avgränsningar 5

1.6. Frivilliga åtagande - utförandet 5

1.7. Införande av systemet – fyra block 7

2. MILJÖNYTTAN AV BIOGASSYSTEM 8

2.1. Förnybar energi 8

2.2. Avfallshantering 8

2.3. Biogödsel 9

2.4. Utsläpp från biogassystem i relation till referenssystem med fossila bränslen 9

3. INVENTERING AV UTSLÄPP 12

3.1. Regelverk 12

3.2. Systemgränser 14
3.2.1 Biogasanläggning 14
3.2.2 Uppgraderingsanläggning 15

3.3. Emissioner som skall inventeras 16

3.4. Utsläppsobjekt för inventering 18
3.4.1. Biogasanläggning 19
3.4.2. Uppgraderingsanläggning 21

3.5. Mätmetoder 22

3.6. Förslag till genomförande av inventering 25

3.7. Kvantifiering av utsläpp 26

3.8. Metoder för åtgärdande av utsläpp 33
3.8.1. Metoder för att minska utsläpp från biogasanläggningar 33
3.8.2. Metoder för att minska utsläpp från uppgraderingsanläggningar 34

BILAGOR

Bilaga 1. Inventeringsprotokoll - biogasanläggning

Bilaga 2. Inventeringsprotokoll - uppgraderingsanläggning
Bilaga 1-2 finns även tillgänglig som excel-mall

Bilaga 3. Avvikelserapport- biogasanläggning

Bilaga 4. Avvikelserapport - uppgraderingsanläggning
Bilaga 3-4 finns även tillgänglig som word-mall

Bilaga 5. Kvantifieringsprotokoll – biogasanläggning

Bilaga 6. Kvantifieringsprotokoll - uppgraderingsanläggning
Bilaga 5-6 finns även tillgänglig som excel-mall

Bilaga 7. Frivilligt åtagande om inventering av utsläpp från biogasanläggning

Bilaga 8. Frivilligt åtagande om inventering av utsläpp från uppgraderingsanläggning

Bilaga 9. Strömningsberäkning

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Vid biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, rötning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränsle kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framförallt fyra skäl till varför dessa utsläpp skall minimeras. Dessa är:

- säkerhetsaspekter	Biogas består i huvudsak av metan, CH_4, vilken är en brännbar och explosiv gas. Vid en halt av 4-16 % metan i luft kan gasblandningen antändas.
- förhindra utsläpp av växthusgaser	Metan ger 21 gånger högre bidrag till växthuseffekten än koldioxid. I ett biogassystem kan det även förekomma små halter av dikväveoxid, N_2O, även kallat lustgas. Denna gas bidrar ca 300 ggr mer till växthuseffekten än koldioxid.
- luktproblem	Utsläpp från biogassystem kan medföra luktproblem, vilket drabbar anställda och närboende.
- ekonomi	Anläggningen säljer gas eller använder gasen internt, förluster genom utsläpp kan bli kostsamt.

I en studie[1] genomförd av SwedPower under 2004 genomfördes mätningar av utsläpp på ett antal biogas- och uppgraderingsanläggningar. I studien konstateras att i de anläggningar som undersöktes förekom små utsläpp i ett antal delar av anläggningarna. Det har även tidigare genomförts mätningar på utsläpp från uppgraderingsanläggningar[2] vilket visat att anläggningarna inte alltid lever upp till de nivåer på utsläpp som leverantörerna garanterat.

Med detta som bakgrund föreslog Avfall Sverige (tidigare Svenska Renhållningsverksföreningen), att biogasanläggningar bör göra ett frivilligt åtagande om att inventera anläggningen på utsläpp. Åtagandet innebär att anläggningen förbinder sig att återkommande inventera anläggningen på utsläpp. Vid varje inventering skall eventuella utsläpp som inte kan åtgärdas direkt kvantifieras och plan på åtgärd anges.

Svenskt Gastekniskt Center AB, SGC, och BioMil AB, fick i uppdrag att ta fram ett frivilligt åtagande för biogasanläggningar och ett för uppgraderingsanläggningar. Informationen skall underlätta inventeringen och åtgärdandet av eventuella utsläpp.

1.2. Syfte

Syftet med denna rapport är att:

- beskriva hur inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggning kan gå till,
- ge exempel på metoder för åtgärdande av eventuella utsläpp,
- föreslå dokument om frivilligt åtagande om inventering av utsläpp.

Det övergripande målet är att:

- anläggningsägare genom systemet med frivilligt åtagande får hjälp att strukturerat inventera sin anläggning på utsläpp,
- anläggningsägare genom systemet med frivilligt åtagande får bättre kunskap om utsläppen från sin anläggning,
- ev. utsläpp identifieras och reduceras,
- biogasbranschen får bättre underlag och därmed bättre trovärdighet i frågan om utsläpp.

[1] Ingemar Gunnarsson, et al, *Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas*, Swedpower, RVF Utveckling 2005:07.
[2] Margareta Persson, *Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas, SGC rapport 142, 2003.*

1.3. Metod

Systemet med frivilligt åtagande förankras hos branschen genom att Avfall Sverige´s expertgrupp för rötning utgör referensgrupp till projektet. I referensgruppen deltar även E.ON Gas, som också finansierar en del av projektet.

Möjliga utsläppsobjekt och metoder för åtgärdande av ev. utsläpp sammanställs utifrån litteraturstudier och erfarenheter hos utförarna av projektet och anläggningsägare i referensgruppen.

1.4. Definitioner

Biofilter	Ventilationsluft leds igenom filter bestående av jord, kompost, lecakulor eller bark. Föroreningar i luften absorberas i filtermaterialet och bryts ned av mikroorganismer. Kan även benämnas kompostfilter.
Normalkubikmeter, Nm^3	Volym vid 273,15 K (0 °C) och 1,01325 bar.
Samrötningsanläggning	Anläggning där flera olika substrat rötas samtidigt. I Sverige är rötning av gödsel tillsammans med avfall från livsmedelsindustri och hushållsavfall vanligt förekommande. Benämns i denna rapport som biogasanläggning.
Restgas	Koldioxidrik gas som avskiljs från biogasen i uppgraderingsanläggningar. Gasen innehåller koldioxid och låga halter metan. Vid användning av recirkulerande vattenskrubber är restgasen utspädd i luft och vid enkelt genomströmmande vattenskrubber finns restgasen i det utgående vattnet. Används Pressure Swing Adsorption (PSA) eller kemisk absorption för avskiljning av koldioxid är restgasen inte utspädd med luft.

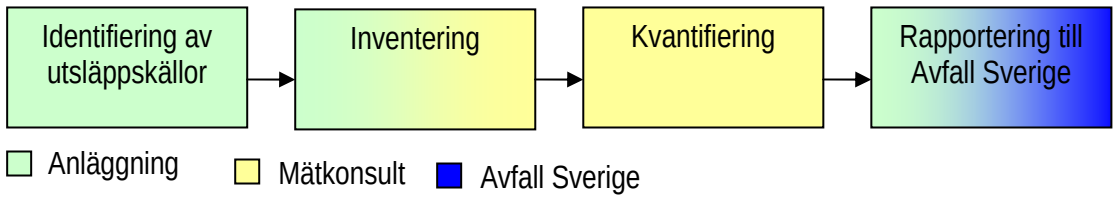
1.5. Avgränsningar

Denna rapport beskriver inventering av utsläpp på uppgraderingsanläggningar och biogasanläggningar av typen samrötningsanläggningar, inte slamrötning. Denna avgränsning görs då det frivilliga åtagandet initierades av Avfall Sverige och målet i ett första steg är att få Avfall Sverige:s medlemmar att ansluta sig till systemet. I nästa steg är målet att så många anläggningar som möjligt ansluts till systemet.

I kapitel 3.2 definieras den yttre systemgränsen för inventeringen av utsläpp. I kapitel 3.4 beskrivs olika möjliga utsläppsobjekt.

1.6. Frivilliga åtagande - utförandet

Det frivilliga åtagandet om inventering av utsläpp kan beskrivas av följande skiss:



Identifiering av utsläppskällor

Personal på anläggningen upprättar en skiss över anläggningen där möjliga utsläppskällor markeras. I kapitel 3.4 beskrivs olika möjliga utsläppsobjekt. Skissen skickas till den av Avfall Sverige upphandlade mätkonsulten för att ge mätkonsulten en överblick över anläggning-

ens utformning. Vidare kan mätkonsulten uppmärksamma anläggningen på om någon viktig del uteslutits.

Inventering
I kapitel 3.5 beskrivs mätmetoder som kan användas vid inventeringen. I kapitel 3.6 beskrivs hur inventeringen kan genomföras.

Det finns två alternativ på hur inventeringen utformas:

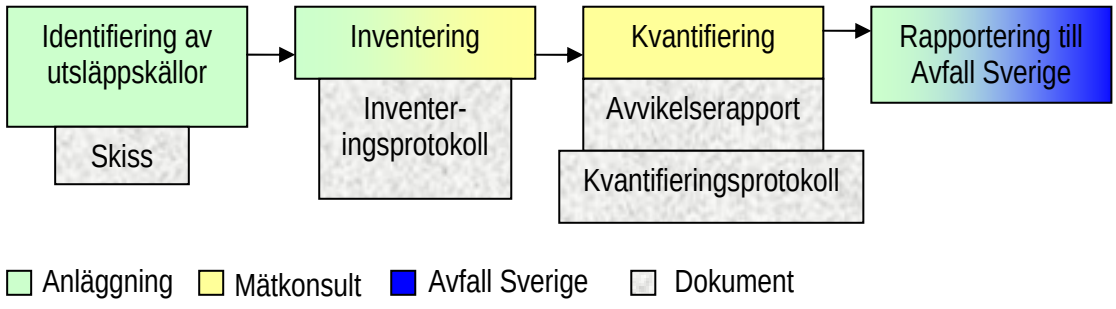
- Mätkonsulten genomför en fullständig inventering av anläggning i enlighet med skissen från anläggningen.
- Anläggningen utför en enkel inventering själv enligt skissen. Anläggningen kan välja att inte inventera utsläppsobjekt som ingår i anläggningens underhållsplan, då dessa ska kontrolleras oftare än vad som krävs enligt frivilligt åtagande. Exempel på underhållsplan ges av bilaga 2 i BGA 05[3]. Om utsläppsobjekt som ingår i underhållsplanen inte inventeras vid läcksökning enligt frivilligt åtagande skall mätkonsulten kontrollera att den täthetskontroll som krävs enligt anläggningens underhållsplan genomförts.

I båda fallen används inventeringsprotokollet för att markera eventuell detektering av utsläpp, se bilaga 1 och 2.

Kvantifiering
Utsläpp som identifieras men som inte kan åtgärdas direkt ska kvantifieras. Detta skall göras av mätkonsulten, oberoende av om inventeringen genomförs av mätkonsult eller anläggningens egen personal. I kapitel 3.7 ges beskrivning av hur kvantifiering kan gå till. För varje utsläpp som kvantifieras ska mätkonsulten redogöra för typ av utsläpp, metanutsläpp och förslag på åtgärd i en avvikelserapport, se bilaga 3 och 4. I kvantifieringsprotokollet, se bilaga 5 och 6 summeras utsläppen. Mätkonsulten levererar avvikelserapporter och kvantifieringsprotokoll till anläggningen.

Rapportering till Avfall Sverige
Anläggningen kompletterar kvantifieringsprotokollet med planerad åtgärd för utsläppen, i kapitel 3.8 ges beskrivning av metoder för åtgärdande av utsläpp. Slutligen anger anläggningen i kvantifieringsprotokollet vilket metanutsläpp som anläggningen förväntas ha när de planerade åtgärderna genomförts. Anläggningen skickar därefter kvantifieringsprotokoll och avvikelserapporter till Avfall Sverige. Avfall Sverige gör en sammanställning av vilka utsläpp som förekommer, orsak och åtgärd, denna information skickas tillbaka till anläggningarna för kunskapsuppbyggnad. Information om genomsnittligt utsläpp från anläggningar i branschen kan även användas för information utåt.

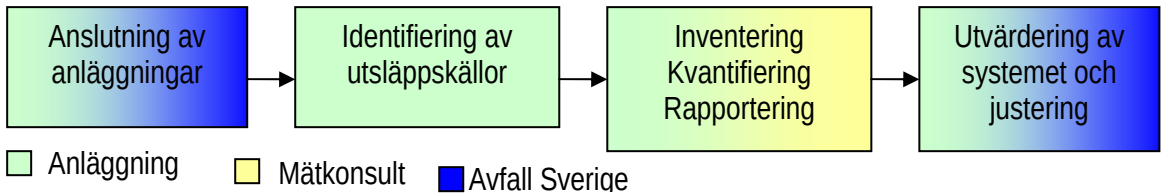
Dokumenten som hanteras i det frivilliga åtagandet summeras i följande bild:



[3] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.

1.7. Införande av systemet – fyra block

Det frivilliga åtagandet införs i fyra steg:



Anslutning av anläggningar
Det frivilliga åtagande sluts mellan Avfall Sverige och anläggningsägare. Ett dokument finns för biogasanläggningar och ett för uppgraderingsanläggningar, se bilaga 7 och 8. Det är Avfall Sverige´s uppgift att informera och tillfråga samtliga sina medlemmar om de vill ansluta sig till systemet.

Identifiering av utsläppskällor
Anläggningen går igenom anläggningen och markerar möjliga utsläppskällor i en skiss över anläggningen. Detta ska göras till april 2007.

Inventering, kvantifiering, rapportering till Avfall Sverige
Avfall Sverige upphandlar en konsult som skall genomföra inventering och kvantifieringen av utsläpp. Avfall Sverige´s expertgrupp rötning diskuterar nivån på konsultens undersökning innan start. Anläggningsägaren skall inventera sin anläggning i enlighet med avtalet och riktlinjerna i denna rapport, samt skicka dokumentation i form av kvantifieringsprotokoll och avvikelserapporter till Avfall Sverige. Detta medför att Avfall Sverige får en återkoppling om att det frivilliga åtagandet uppfylls och kan påminna ev. anläggningar som gått med på det frivilliga åtagandet men inte skickat in dokumentation.

Avfall Sverige skall hantera dokumentationen från anläggningarna konfidentiellt. Utifrån materialet kan en sammanställning göras som beskriver hur situationen med utsläpp ser ut generellt för branschen.

Den första inventeringen och kvantifiering skall vara genomförd 2007-12-31. Inom en månad från detta datum skall dokumentation skickas till Avfall Sverige. Inventeringen skall därefter göras vart tredje år. Den andra inventeringen skall således vara genomförd senast 2010-12-31 och inom en månad från detta datum skall dokumentation skickas till Avfall Sverige. Ansluter sig en anläggning till systemet senare skall första inventeringen genomföras innan 31 december innevarande år.

Det föreslås att Avfall Sverige inrättar en endagars kurs om systemet med frivilligt åtagande. Kursen kan innehålla information om metanutsläpp generellt och dess påverkan på växthuseffekten, beskrivning av olika mätmetoder, beskrivning av inventeringsprocedur, kvantifiering av utsläpp, samt diskussion kring metoder för att minska utsläpp. Minst en av personerna som deltar vid inventeringen av utsläpp på anläggningen skall ha genomgått denna kurs.

Utvärdering av systemet och justering
En utvärdering av systemet med inventering av utsläpp föreslås ske efter första inventeringsomgången, det vill säga i början av 2008. Vid utvärderingen skall bland annat systemets funktion, upplägg och emissioner som skall inventeras diskuteras. Utifrån kommentarerna vid utvärderingen justeras systemet med frivilligt åtagande.

2. Miljönyttan av biogassystem

I ett biogassystem omvandlas organiskt avfall till näringsrik gödsel och förnybar energi i form av biogas. Systemet utgör på detta sätt tre olika nyttor för samhället. I detta kapitel beskrivs dessa tre områden och miljönyttan som varje del medför. Vidare beskrivs hur stora utsläppen av metan från ett biogassystem kan vara innan systemet ger lika stort bidrag av växthusgaser som ett referenssystem med fossila bränslen.

2.1. Förnybar energi

Vid anaerob nedbrytning av organiskt material bildas biogas, en förnybar gas som i huvudsak består av metan och koldioxid. Beroende av metanhalt kan gasens värmevärde variera mellan ca 5-8 kWh/Nm^3. Vid förbränning av biogas ges inget nettobidrag av koldioxid till växthuseffekten, då kolet kommer från luftens koldioxid som bundits in av råvaran. Precis som andra energigaser kan biogas användas i en rad applikationer. Det vanligaste användningsområdet är värmeproduktion.

En annan applikation är kraftvärmeproduktion i stationära gasmotorer eller gasturbiner. El producerat från biogas kan beviljas elcertifikat. Certifikaten tilldelas elproduktion från vissa förnybara energikällor för att gynna produktionen. Målet är en ökning av elproduktionen från förnybara energikällor i Sverige med 17 TWh från 2002 års nivå till 2016.

Efter att biogasen renats och uppgraderas kan gasen användas som drivmedel i fordon. Under 2005 användes 0,16 TWh biogas som fordonsbränsle i personbilar, bussar och lastbilar i Sverige. Biogas utgör en viktig roll i omställningen av transportsektorn till alternativa och förnybara drivmedel. Enligt det så kallade biodrivmedelsdirektivet, 2003/30/EC, är Sveriges mål att förnybara drivmedel skall utgöra 5,75 % av försäljningen av drivmedel i vägtrafiksektorn år 2010.

Då biogas precis som naturgas i huvudsak består av metan kan biogas efter rening och uppgradering matas in på samma gasnät som naturgas distribueras i. På detta sätt fås full avsättning av gasen, vilket inte alltid är möjligt lokalt. Inmatning på gasnätet medför även att gasen kan nå ut till fler kunder.

Detta var de vanligaste applikationerna för biogas i Sverige idag. De största miljöfördelarna fås när biogas ersätter fossila fordonsbränslen. I slutanvändningen kan det medföra minskade utsläpp av ex. fossilt koldioxid, kväveoxider, kolväten, och partiklar.

2.2. Avfallshantering

Biogasanläggningar fyller en viktig funktion genom att biologiskt behandla organiskt avfall från livsmedelsindustri och hushåll. De flesta stora biogasanläggningar har byggts i just detta syfte. Sedan januari 2005 är det förbjudet att deponera organiskt avfall i Sverige. Vidare finns det en politisk vilja att öka den biologiska behandlingen av avfallet. Det framgår av ett delmål till miljömålet ”god bebyggd miljö”. Delmålet anger att 35 % av det organiska avfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker skall behandlas biologiskt år 2010. För avfall från livsmedelsindustrin gäller 100 % biologisk behandling år 2010.

En stor del av biogasproduktionen i Sverige sker idag på reningsverk, där slam från avloppsreningen rötas. Syftet med den biologiska behandlingen är stabilisering av slammet och minskning av slamvolymerna. Biogasproduktion sker på ca 135 reningsverk i Sverige.

2.3. Biogödsel

Vid biologisk behandling genom anaerob nedbrytning återfinns alla näringsämnen från substratet i rötresten. Vid biogasanläggningar som tar emot källsorterade rena fraktioner kallas denna produkt för biogödsel. Genom att sprida biogödseln på åkermark återförs näringsämnena till marken. Biogödsel är ett utmärkt gödningsmedel och kan minska användning av konstgödsel. Biogödsel skiljer sig mot det rötslam som erhålls vid slamrötning, den senare sprids normalt inte på åkermark.

Genom att röta gödsel förbättras dess egenskaper som gödningsmedel på ett flertal sätt. En viktig faktor är att biogödseln innehåller en högre andel lättillgängligt kväve för växterna då organiskt bundet kväve vid rötningen mineraliseras till ammoniumkväve. Mer lättillgängligt kväve gör att växterna i högre grad kan ta tillvara kvävet och risk för läckage av kväve från åkermarken i form av ammoniakavgång eller nitratläckage minskar. Ett annat sätt att minska mängden kväve på åkermarken under vintern och därmed läckaget är att samla in och röta kväverika skörderester från jordbruket som rester från sockerbetor.[4]

Vid konventionell hantering av gödsel fås utsläpp av bland annat ammoniak, metan och lustgas. Genom att samla in och röta gödseln kan dessa utsläpp reduceras. Det förutsätter dock att biogödseln efterrötas i slutna behållare och att metangasen som bildas samlas in och tas tillvara.

Vid konventionell lagring av gödsel sker utsläpp av ammoniak. Genom att samla in och röta gödseln kan dessa utsläpp minskas. Enligt en dansk studie[5] från 2001 kan rötning av svin- och nötgödsel minska utsläppen av metan med 52 respektive 30 % jämfört med konventionell hantering och lagring av flytgödsel. I studien har man även tittat på ett framtida mer optimerat system där tiden för gödseln att nå rötreaktorn minskats till en dag från i det tidigare fallet 15 dagar för svinflytgödsel och 30 dagar för nötflytgödsel. Enligt detta optimerade fall kan rötning av gödseln minska utsläppen av metan med 83 % för svinflytgödsel och 92 % för nötflytgödsel.

Vid spridning av flytgödsel eller biogödsel finns en risk att en mindre mängd lustgas bildas. Enligt fältförsök är denna risk något lägre för biogödsel än för flytgödsel och genom att röta gödsel kan utsläppen av lustgas minska med ca 40 % vilket i sin tur är jämförbart med utsläppen från spridning av konstgödsel.[5]

Andra fördelar som biogödsel har som gödningsmedel jämfört med direkt spridning av gödsel är minskad lukt. Vidare är biogödseln vanligtvis enklare att sprida på åkermark då den är mer tunnflytande och har en mer homogen struktur. Rötning medför även reducering av en rad patogener och mängden grobara ogräsfrön. Det senare är framförallt viktigt för ekologisk odling.

En stor fördel med biogödsel jämfört med konstgödsel är att biogödseln kan innehålla mycket organiskt material. Detta leder till bättre markstruktur, förbättrad förmåga för marken att behålla vatten och minskad risk för packning av lantbruksmaskiner.

2.4. Utsläpp från biogassystem i relation till referenssystem med fossila bränslen

I Danmark genomfördes år 2002 en samhällsekonomisk analys och utvärdering av biogasanläggningar i landet. I Danmark finns det framförallt stora anläggningar med rötning av gödsel och organiskt avfall från industrin. I studien konstateras det att för en typanläggning med en

---

[4] Jordbruksverket, *Biogas ger energi till ekologiskt jordbruk*, Jordbruksinformation 22, 2005.
[5] Pål Börjesson och Maria Berglund, *Miljöanalys av biogassytem*, rapport nr 45, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, 2003.

hantering av 550 ton avfall per dag, bestående av 80 % gödsel och 20 % organiskt avfall, erhålls en reduktion av växthusgasutsläppen med 90 kg koldioxidekvivalenter per ton substrat till anläggningen. Reduktionen av utsläpp fås framförallt genom att biogasen ersätter fossila bränslen (till el- och värmeproduktion), reducerade utsläpp jämfört med konventionell hantering av gödsel samt minskade utsläpp av lustgas vid spridning av gödseln.[6]

Enligt en miljöanalys av biogassystem från Lunds Tekniska Högskolan år 2003 kan förlusterna av metan uppgå till 8-26 %, beroende av biogassystem, innan bidraget av växthusgaser från biogassystemet är likvärdigt med utsläppen från referenssystem med fossila bränslen. Förlusten anges som procentsats av producerad mängd metan i biogasanläggningen.[5]

I studien har ett antal olika biogassystem analyserats. Dessa bygger på en kombination av substrat och användningsområden i form av värmeproduktion, kraftvärmeproduktion och drivmedel. För varje system har bränslecykelemissioner samlats in, det vill säga utsläpp i samband med insamling/produktion av substrat, rötning, användning av biogas och spridning av biogödsel på åkermark. Dessa utsläpp har sedan jämförts med utsläpp för referenssystem i form av konventionell avfallshantering, jordbruksproduktion och energiproduktion. Vidare har det beräknats hur stora utsläppen av metan från biogassystemet kan vara (som procent av producerad mängd metan i anläggningen) innan vinsten i form av minskade växthusgasutsläpp jämfört med referenssystemet går förlorad.

Resultaten av studien visar att för gödsel kan utsläppen av metan från biogassystemet uppgå till 22-26 % av producerad mängd metan i anläggningen innan växthuspåverkan från biogassystemet blir likvärdig med referenssystemet. Den höga siffran beror av metanförluster i konventionella hanterings- och lagringssystem för gödsel. För organiskt avfall går gränsen vid 12-17 % metanförluster av producerad mängd metan i anläggningen innan vinsten i form av minskade utsläpp av växthusgaser jämfört med storskalig kompostering går förlorad. För vallbaserad biogas där alternativet är träda går gränsen vid 8-13 % förluster av metan av producerad mängd metan i anläggningen. Dessa siffror kan vara bra att ha i åtanke när utsläpp från biogassystem diskuteras.

Under 2003 uppgick utsläppen av metan i Sverige till 263 000 ton. Det motsvarar 5,5 miljoner ton koldioxidekvivalenter och ca 8 % av de samlade utsläppen av växthusgaser i Sverige.[7]

I Sverige är jordbruket den största källan till utsläpp av metan. Utsläppen av metan kommer framförallt från idisslares matsmältning, andra djurslag har en relativt liten påverkan. En annan stor utsläppskälla i Sverige är deponier. I tabell 1 listas utsläpp av metan i Sverige under 2003.

Källa till utsläpp		Metan, CH_4	
		(Gg = 1000 ton)	% av totalt
Energi	Förbränning	23	9
Lantbruket	Idisslande djur	134	51
	Gödselhantering	22	8
Avfall	Deponier	83	32
	Totalt:	263	100

Tabell 1. Utsläpp av metan i Sverige under 2003.[8]

[6] Lars Henrik Nielsen, Kurt Hjort-Gregersen,Peter Thygesen og Johannes Christensen, *Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg - med tekniske og selskabsøkonomiske baggrundsanalyser*, Fødevareøkonomisk Institut, Rapport nr. 136, 2002.
http://www.kvl.foi.dk/upload/foi/docs/publikationer/rapporter/nummererede%20rapporter/130-139/136.pdf
[7] Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet, *Sveriges fjärde nationalrapport om klimatförändringar*, Ds 2005:5, Stockholm.
[8] Swedens National Inventory Report 2006, Swedish Environmental Protection Agency, 2006.

Utsläppen från biogasanläggningar kan ställas i relation till exempelvis utsläppen från idisslande djur. Som exempel beräknas utsläppen från en biogasanläggning som producerar 3 miljoner normalkubikmeter (Nm^3) biogas per år med ett metaninnehåll av 65 % metan (19 GWh/år). Anläggningen antas ha ett metanutsläpp som motsvarar 2 % av producerad mängd metan i anläggningen, dvs 39 000 Nm^3 metan eller ca 45 ton metan. Detta utsläpp motsvarar 0,03 % av utsläppen från idisslande djur i Sverige (2003).

3. Inventering av utsläpp

3.1. Regelverk

Miljöbalken
För att upprätta och driva biogas- och uppgraderingsanläggningar krävs tillstånd enligt miljöbalken[9]. I tillståndet ges villkor, vilket kan innefatta krav på maximalt utsläpp till luft av ex. metan från anläggningen. Det är olika aktörer som prövar frågan om tillstånd beroende av hur mycket avfall som hanteras per år eller hur mycket gas som framställs. Anläggningarna delas in i A, B eller C anläggningar[10]:

A Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet där Miljödomstol prövar frågan om tillstånd.
Exempel: - anläggning som hanterar mer än 100 000 ton avfall per år.

B Tillståndspliktig miljöfarlig verksamhet där Länsstyrelsen prövar frågan om tillstånd.
Exempel: - anläggning för framställning av mer än 150 000 m^3 gasformiga bränslen per år,
- anläggning som hanterar mer än 50 men högst 100 000 ton avfall per år.

C Anmälningspliktig miljöfarlig verksamhet. Anmälan lämnas till tillsynsmyndigheten, vanligen Miljönämnden.
Exempel: - anläggning för framställning av högst 150 000 m^3 gasformiga bränslen per år,
- anläggning som hanterar högst 50 ton avfall per år,
- anläggning där mer än 1 miljon Nm^3 gas avsedd som motorbränsle hanteras per år.

Biogasanläggningar hanterar vanligtvis mer än 50 och mindre än 100 000 ton avfall per år och klassas således som B anläggning. Uppgradering av biogas innefattas av begreppet framställning av gasformiga bränslen.[11] En framställning av 150 000 m^3 renad gas per år motsvarar en produktion av 17 Nm^3 biogas per timme. Förutom pilotanläggningar är uppgraderingsanläggningar i Sverige större än detta och blir därmed B-anläggningar. För B-anläggningar söks tillstånd hos Länsstyrelsen. Tillsynsmyndighet är Länsstyrelsen eller den kommunala miljönämnden. I Naturvårdsverkets handbok[12] med allmänna råd om metoder för lagring, rötning och kompostering av avfall finns vägledning för tillståndsplikta anläggningar för att uppnå Miljöbalkens krav. Handboken upplyser om att förbehandling av inkommande substrat, rötningsprocessen samt efterlagring av rötrest bör ske i ett slutet system där producerad gas kan samlas in.

Villkoren som ställs vid tillstånd för biogas- eller uppgraderingsanläggning varierar. När det gäller krav på maximalt utsläpp av metan från anläggningarna så finns det exempel på att detta uttryckligt står i villkoret och exempel på att det inte nämns. Ett villkor som är vanligt förekommande är att anläggningen skall drivas i huvudsaklig överrensstämmelse med vad som anges i ansökningshandlingarna ex. miljökonsekvensbeskrivningen. Har man i handlingarna tagit upp antaganden om nivå på ex. maximala metanutsläpp så medför det att anläggningen skall leva upp till dessa nivåer.

---

[9] SFS 1998:808.
[10] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.
[11] Naturvårdsverket, *Läsanvisningar till bilagan till förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*, 2003.
[12] Naturvårdsverket, Handbok 2003:4 med allmänna råd: utgåva 2. Metoder för lagring, rötning och kompostering av avfall.

Verksamhet som har tillståndsplikt enligt miljöbalken skall varje år lämna en miljörapport till tillsynsmyndigheten. I denna skall det framgå hur kraven i tillstånden uppfylls. Vidare skall en översiktlig beskrivning av verksamhetens påverkan på miljön ges ex. i form av utsläpp till luft och vatten. Verksamheter som har utsläpp över bestämda tröskelvärden, eller har villkor på årsvärden av utsläpp till vatten eller luft skall som en del av miljörapporten lämna en emissionsdeklaration. Enligt Naturvårdsverkets handbok om miljörapport för tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter[13] skall utsläppen av metan redovisas i emissionsdeklaration om de överskrider tröskelvärdet på 100 ton/år och utsläppen av lustgas till luft om de överskrider 10 ton/år.

Arbetsmiljölagen

Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om användning av trycksatta anordningar (AFS 2002:1) skall det utföras fortlöpande tillsyn av tryckbärande anordningar. Med tryckbärande anordningar menas bland annat tryckkärl med högsta tillåtna tryck över 0,5 bar (ex. gasflaskor) och rörledningar. I biogasanläggningar, uppgraderingsanläggningar och tankstationer finns det delar som är tryckbärande anordningar. Dock definieras inte en rötkammare som ett tryckkärl utan som en cistern.

Vid tillsynen skall det bland annat kontrolleras att inga otätheter uppkommit. Tillsynen är egenkontroll vilket medför att det är den som använder anläggningen som ansvarar för att kontrollen utförs. Tillsynen skall dokumenteras i en underhållsplan där det framgår vad som skall kontrolleras vid tillsynen, hur tillsynen skall gå till och hur ofta den skall genomföras.

I Svenska Gasföreningens Biogasanvisningar[14] ges exempel på en underhållsplan. Under kvartalskontroll anges täthetskontroll av axeltätningar till omröraren i rötkammaren, samt täthetskontroll av gasfläktar, gaskompressorer, ventilspindlar, gängförband och flänsförband. Under årskontroll anges täthetskontroll av hela anläggningen.

Lagen om brandfarliga och explosiva varor

Enligt Sprängämnesinspektionens föreskrifter om cisterner, gasklockor, bergrum och rörledningar för brandfarlig gas (SÄIFS 2000:4) skall dessa vara täta. För att kunna visa detta är det nödvändigt att genomföra täthetskontroll. Hur ofta denna skall göras är inte reglerat. Kravet på täthet anses uppfyllt om tekniska krav och kontroll enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter om tryckbärande anordningar och tryckkärl uppfylls. För rötkammare, som inte definieras som tryckkärl, kan det krävas att intyg på att utrustningen är tät visas när räddningsnämnden utför tillsyn av anläggningen enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor. Frekvensen på tillsynen av räddningsnämnden bedöms från fall till fall.

För biogas- och uppgraderingsanläggning krävs tillstånd enligt miljöbalken. I villkoren för tillstånd har i något fall krav på maximalt utsläpp av metan från anläggningen ställts. Även om inte maximalt utsläpp av metan anges i villkoren så skall värden som anges i tillståndshandlingarna ex. miljökonsekvensbeskrivning uppfyllas. Tillståndspliktig verksamhet enligt miljöbalken skall varje år lämna en miljörapport. I denna skall utsläpp av metan redovisas i en emissionsdeklaration om de överskrider 100 ton/år, eller om anläggningen har villkor på årsvärden.

Enligt föreskrifter till arbetsmiljölagen och lagen om brandfarliga och explosiva varor skall utrustning vara tät och dess täthet kontrolleras genom egenkontroll. I Svenska Gasföreningens biogasanvisningar anges att täthetskontroll av hela anläggningen skall genomföras årligen.

[13] Naturvårdsverket, *Handbok med föreskrifter och allmänna råd - Miljörapport för tillståndspliktiga miljöfarliga verksamheter*, Handbok 2001:2, utgåva 3, 2003.
[14] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.

3.2. Systemgränser

Systemgränsen anger den yttre gränsen för inventering av utsläpp från en biogasanläggning eller en uppgraderingsanläggning. Valet av systemgräns har gjorts med följande kriterier i åtanke:

- enbart delar som anläggningsägaren äger och därmed har möjlighet att påverka skall ingå i inventeringen,
- enbart delar som rör produktion av biogas eller rening/uppgradering av gas skall ingå i inventeringen, utsläpp i samband med användning av gas eller biogödsel samt utsläpp i samband med transport av substrat, biogödsel och gas innefattas inte av systemet.

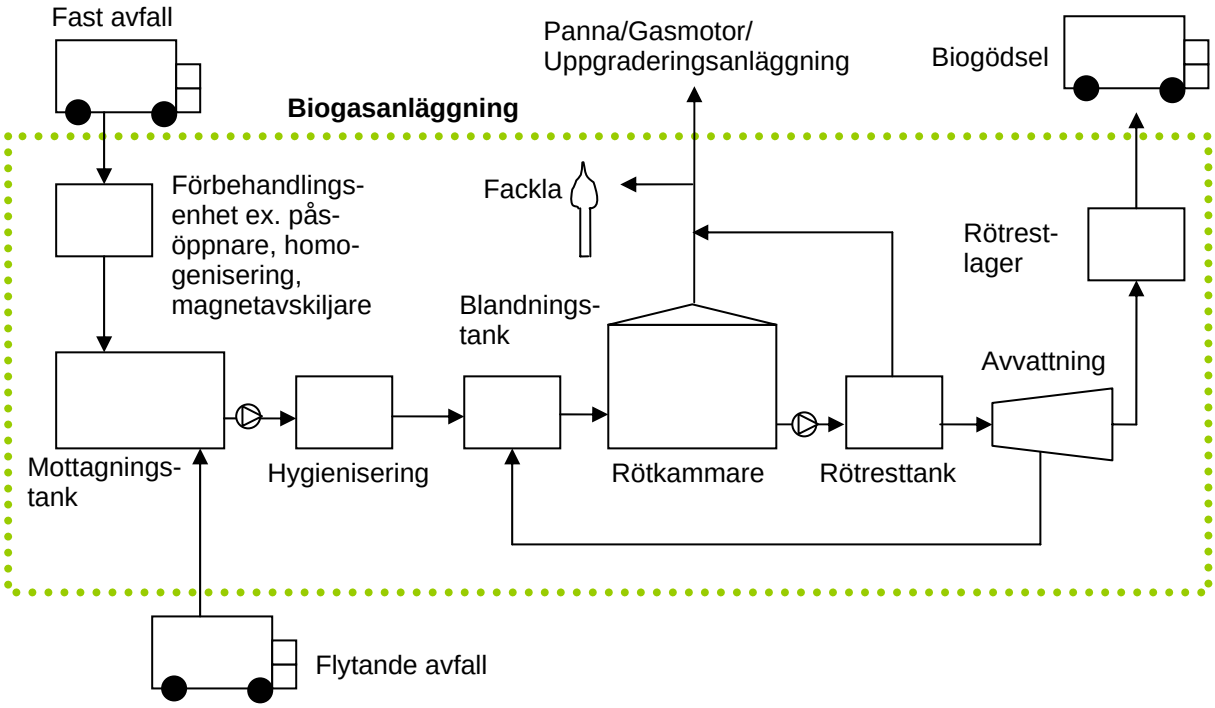
3.2.1 Biogasanläggning

Systemgränsen för inventering av en biogasanläggning sätts från leveranspunkt av organiskt material till och med rötrestlager. För substrat går den inkommande gränsen för fast material vid att materialet tippas i tippficka och för flytande material inkoppling av lastbil för tömning. Utsläpp i samband med transport av organiskt material till anläggningen ingår inte i inventeringen.

Biogasanläggningar kan utformas olika beroende av ex. vilka substrat som rötas och val av förbehandlingsmetod. Oberoende av exakt vilka delar som finns i anläggningen så ingår hela processen från att materialet inkommit, förbehandlats, rötats och efterlagrats i systemet med inventering av utsläpp. Den utgående gränsen för biogödsel går vid att biogödseln pumpas från anläggningen till lastbil eller in i biogödselpipeline. Utsläpp i samband med transport av biogödsel, lagring hos lantbrukare eller spridning av biogödsel på åkermark ingår inte i inventeringen.

För biogasen går den utgående gränsen vid att biogasen lämnar rötkammaren och leds till applikation för användning ex. i form av gaspanna, gasmotor eller att gasen leds till uppgraderingsanläggning. Fackling av gas som inte kan utnyttjas räknas inte som användning varför facklan ingår i inventeringen. Även ev. gasklocka för lagring av gas vid lågt tryck innan användning innefattas av inventeringen.

I figur 1 framgår huvudkomponenterna i en biogasanläggning. Den gröna linjen i figuren utgör systemgräns för inventeringen av utsläpp.

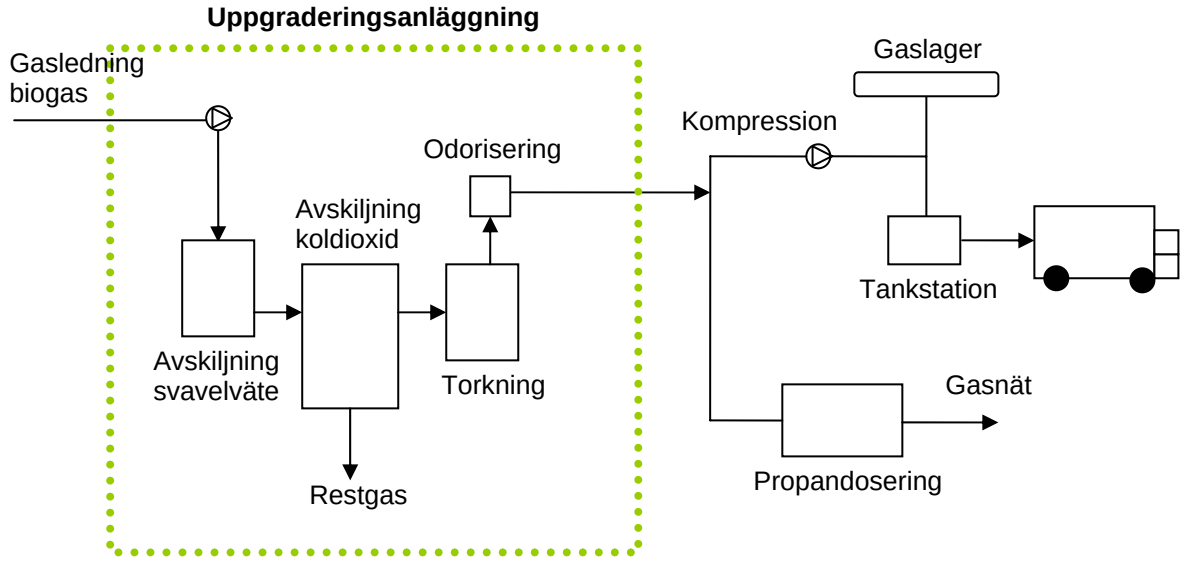


Figur 1. Grön streckad linje visar systemgräns för inventering av utsläpp från biogasanläggning

3.2.2 Uppgraderingsanläggning

För uppgraderingsanläggningar sätts systemgränsen för inventering från det att gasledningen leds in i byggnaden till och med biogasen är renad, torkad och odoriserad. Den inkommande gränsen för gasen går vid att gasen leds in i byggnaden där gasreningsutrustningen finns. Den utgående gränsen är när gasen lämnar odoriseringspunkten. Skall gasen användas som fordonsbränsle leds den därefter till högtryckskompressor, lager och slutligen tankstation. Skall gasen istället matas ut på det nationella gasnätet förs den till en anläggning för propandosering. Högtryckskomprimering av biogasen, propandosering, gaslager och tankstation ingår inte i systemet med inventering av utsläpp. Dock rekommenderas det att tillsyn av trycksatta anordningar med kontroll av att inga otätheter uppkommit som krävs enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift (AFS 2002:1) utförs i samband med inventeringen av utsläpp från uppgraderingsanläggningen.

I figur 2 beskrivs systemgränsen för en typisk uppgraderingsanläggning. Restgasen innehåller koldioxid som avskiljts och små mängder metan. För en uppgraderingsanläggning med recirkulerande vattenskrubber eller en anläggning som använder Selexol är restgasen utspädd med luft. I en genomströmmande vattenskrubber återfinns restgasen i vattnet som leds ifrån anläggningen. Används Pressure Swing Adsorption (PSA) eller kemisk absorption för avskiljning av koldioxid är restgasen inte utspädd med luft. Inventering av förekomsten av metan i restgasen, efter ev. behandling för att reducera halten metan, ingår i systemet.



Figur 2. Grön streckad linje visar systemgräns för inventering av utsläpp från uppgraderingsanläggning

3.3. Emissioner som skall inventeras

Ett biogassystem är komplext och det kan förekomma ett antal olika emissioner från en rad olika delar av systemet. Fokus med systemet med frivilligt åtagande är framförallt att kontrollera och minimera utsläppen av växthusgaser. De växthusgaser som kan förekomma i ett biogassystem är koldioxid, metan och lustgas. Av dessa ingår enbart inventering av utsläpp av metan i systemet med frivilligt åtagande. Genom att fokusera på inventering av utsläpp av metan, huvudkomponenten i biogas, fås även andra viktiga faktorer kring utsläpp med som säkerhetsaspekter och ekonomi. Vidare är det så att där det förekommer utsläpp från biogas- eller uppgraderingsanläggningar finns i princip alltid metan med då det är en huvudkomponent i biogas. Även luktproblematik inkluderas till viss del, då inventering och reducering av utsläpp av metan även kan reducera utsläppen av luktämnen som svavelföreningar.

En beskrivning av de tre växthusgaserna i biogassystemet och en motivering till varför de inkluderas eller inte inkluderas i systemet med frivilligt åtagande ges här.

Koldioxid, CO_2

Koldioxid är en av huvudkomponenterna i biogas. Vid förbränning av metan, den andra huvudkomponenten bildas koldioxid och vatten. Inventering av utsläpp av koldioxid ingår inte i systemet med frivilligt åtagande då koldioxid är den önskvärda restprodukten av systemet. Eftersom biogas är ett förnybart bränsle ger koldioxiden inget nettobidrag till växthuseffekten.

Metan, CH_4

På 100 års sikt har metan ca 21 gånger starkare påverkan på växthuseffekten än koldioxid[15]. Utsläpp av ett kilogram metan ger således lika stor påverkan på växthuseffekten som utsläpp av 21 kilogram koldioxid. Det finns stora kvantiteter metan i biogassystemet och då metan är en stark växthusgas är det av stor vikt att minimera utsläppen av metan. Där det finns utsläpp i biogas- eller uppgraderingsanläggningar förekommer i princip alltid metan. Med detta som bakgrund skall metan ingå i systemet med inventering av utsläpp.

[15] Swedens National Inventory Report 2006, Swedish Environmental Protection Agency, 2006.

Metan bildas vid anaerob nedbrytning av organiskt material, förutom i rötkammare sker detta naturligt i andra syrefria miljöer som våtmarker och sjösediment. Utsläpp sker även från idisslande djur och vid gödselhantering. Hos kor bildas metan i vå mmen.

Utsläppen av metan från idisslare kan inte minskas, däremot kan utsläppen från gödsel reduceras. Som nämnts i kapitel 2.3 finns en möjlighet att minska dessa utsläpp genom att röta gödseln.

Lustgas (dikväveoxid), N_2O
Lustgas bildas genom nitrifikation och denitrifikation, vilka är vanliga biologiska processer i ex marken. Vid nitrifikation oxideras ammoniumjoner (NH_4^+) till nitrit (NO_2^-) och därefter genom vidare oxidation till nitrat (NO_3^-). Denitrifikationen förekommer vid anaeroba eller anoxa förhållanden. Vid denitrifikation bryts organiskt material ned med hjälp av syret i nitratjonen. I processen omvandlas nitrat till kvävgas via nitrit och lustgas. Finns det syre närvarande kan processen stanna vid bildning av lustgas.

Lagring av matavfall och livsmedelsrelaterat avfall kan medföra utsläpp av lustgas[16]. Vidare kan lustgas bildas vid lagring av biogödsel, samt vid spridning av gödseln på mark precis som för orötad gödsel. I biogödseln återfinns det mineraliserade kvävet som ammonium. Lustgas kan därför inte bildas direkt genom denitrifikation. Vid anoxa förhållanden som i svämtäcke i otäckta rötrestlager kan ammonium genom nitrifikation omvandlas till nitrat som genom denitrifikation omvandlas till kvävgas, i processen kan även lustgas bildas. Är rötrestlagret efter rötkammaren helt täckt kan lustgas inte bildas, då det inte finns nitrat i gödseln och då det på grund av täckningen är aneroba förhållanden över gödseln[17].

I studier över utsläpp från biogassystem som i rapporten om miljöanalys av biogassystem[18] från Lunds Universitet och enligt en dansk studie[19] nämns inte utsläpp av lustgas från biogasanläggningen. Lustgas nämns enbart i samband med spridning av biogödsel på åkermark.

I studien som SwedPower genomförde 2004 med mätning av utsläpp på två biogasanläggningar uppmättes förekomst av lustgas vid mottagningsanläggning för sorterat avfall i påsar, vid avvattning av biogödsel samt i ventilation från en anläggning.[20]

Baserat på det underlag som finns att tillgå i form av mätningar och litteratur kring utsläpp av lustgas från biogasanläggningar går det inte att fastlägga att lustgas skall ingå i systemet med inventering av utsläpp. Denna fråga behöver utredas separat och fler mätningar genomföras. En utvärdering av systemet med inventering av utsläpp föreslås ske efter att rapportering av första inventeringen skett. I samband med att systemet utvärderas bör vilka emissioner som skall ingå i systemet omprövas.

Lustgas bildas framförallt i kväveberikad jordbruksmark och i förbränningsprocesser. Lustgas återfinns ex. i avgaserna från bilar. Jämfört med koldioxid har lustgas ca 310 gånger starkare påverkan på växthuseffekten. Under 2003 var utsläppen av lustgas i Sverige 26 000 ton. Detta motsvarar 8,2 miljoner ton koldioxidekvivalenter och 12 % av de totala utsläppen av växthusgaser i Sverige.[21]

---

[16] Naturvårdsverket, *Metoder för lagring, rötning och kompostering av avfall*, Handbok 2003:4, 2003.
[17] Personlig kommunikation, Arthur Wellinger, NOVA Energie, maj 2006.
[18] Pål Börjesson och Maria Berglund, *Miljöanalys av biogassytem*, rapport nr 45, Avdelningen för miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, 2003.
[19] Lotte Schleisner, Risø National Laboratory, Per Sieverts Nielsen, the Technical University of Denmark, Externe national implementation denmark, 1997. Hämtad från http://externe.jrc.es/ den 19 maj 2006.
[20] Ingemar Gunnarsson, et al, *Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas*, Swedpower, RVF Utveckling 2005:07.
[21] Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet, *Sveriges fjärde nationalrapport om klimatförändringar*, Ds 2005:5, Stockholm.

I Sverige är jordbruket den största källan till utsläpp av lustgas. Utsläppen uppkommer framförallt vid omvandling av kväve i mark. Omvandlingen påverkas bland annat av användningen av stallgödsel och handelsgödsel. Av tabell 2 framgår det hur utsläppen av lustgas fördelade sig under 2003.

Källa till utsläpp		Lustgas, N_2O (Gg = 1000 ton)	% av totalt
Energi	Förbränning	6,3	24
Industriprocesser		1,7	6
Lösningsmedel och andra produkter		0,4	2
Lantbruket	Gödselhantering	1,8	7
	Jordbruksmark	15,8	60
Avfall	Hantering av förorenat vatten	0,5	2
	Totalt:	26	100

Tabell 2. Utsläpp av lustgas i Sverige under 2003.[22]

Enbart inventering av utsläpp av metan ingår i systemet. Det gäller för både biogas- och uppgraderingsanläggning.

En utvärdering av systemet med inventering av utsläpp föreslås ske efter första inventeringsomgången. Vid utvärderingen föreslås att emissionerna som skall ingå i systemet omprövas.

3.4. Utsläppsobjekt för inventering

Den första delen i systemet med frivilligt åtagande är att anläggningens personal identifierar möjliga utsläppsobjekt och markerar dem på en skiss över anläggningen. Skissen skickas till mätkonsulten, så att de kan sätta sig in i anläggningens utformning, samt påpeka om något möjligt utsläppsobjekt av vikt saknas. I detta kapitel beskrivs möjliga utsläppsobjekt i biogas- och uppgraderingsanläggningar och informationen här kan användas som stöd vid upprättande av skissen. Utsläppsobjekten som tas upp här och de olika punkter som är intressanta vid varje objekt listas även i inventeringsprotokollet för biogas- och uppgraderingsanläggningar, se bilaga 1 och 2.

Vid framtagning av inventeringsprotokollet för biogas- och uppgraderingsanläggningar har en bedömning gjort av olika möjliga utsläppsobjekt. Bedömningen baseras på SwedPowers studie[23], som sedan har kompletterats med erfarenheter från inventering av ytterligare en biogas- och uppgraderingsanläggning[24], diskussion med anläggningspersonal[25], information om klassningsplaner samt iakttagelser från tidigare besök vid rötningsanläggningar och uppgraderingsanläggningar. Endast utsläppsobjekt som innefattades av tidigare angivna systemgränser fanns med vid bedömningen av vilka utsläppsobjekt som skulle ingå i inventeringsprotokollet.

Det är svårt att ta fram en strikt inventeringsprotokoll som passar varje anläggning fullständigt eftersom dagens svenska biogasanläggningar i mångt och mycket skiljer sig åt vad gäller processen vilket innebär att anläggningarnas inventarier och processtekniska lösningar skiljer sig åt. Samtidigt finns det delar av anläggningarna som är likvärdiga, exempelvis återfinns mottagningssystem, hygienisering, rötkammare och rötrestlager på alla anläggningar. Mot bakgrund av detta har målet varit att ta fram ett flexibelt inventeringsprotokoll som passar för

[22] Swedens National Inventory Report 2006, Swedish Environmental Protection Agency, 2006.
[23] Ingemar Gunnarsson et al, Metoder för att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas, SwedPower, RVF Utveckling 2005:07
[24] Bertil Siversson, inventering på Karpalunds Biogasanläggning
[25] Tomas Reinhold, NSR

alla anläggningar. Idén är att varje anläggning skall kunna välja att inventera de delar som finns på anläggningen och bortse från de delar som inte återfinns inom anläggningens område. När anläggningen gjort upp en skiss över utsläppsobjekten i anläggningen, kan inventeringsprotokollet anpassas till denna.

Vid identifiering av möjliga utsläppsobjekt som listas i 3.4.1 och 3.4.2 har hänsyn tagits till en anläggnings klassningsplan. Klassning är en metod som används för att analysera och bedöma områden där en explosiv gasblandning kan förekomma under normala driftsförhållanden[26]. Valet att tillämpa klassningsplanen för en biogasanläggning är att man snabbt får en överblick över de områden på biogasanläggningen där explosiva gasblandningar kan förekomma. Vid de tillfällen då gas förekommer i ett icke klassificerat område bör anläggningsägaren överväga att revidera klassningsplanen.

3.4.1. Biogasanläggning

Utsläppsobjekt som anläggningen bör överväga att inkludera i skissen över anläggningen och vad som bör uppmärksammas vid respektive objekt framgår nedan. Inventeringsprotokollet i bilaga 1 följer dels avfallsmaterialets väg genom anläggningen från mottagning och förbehandling till slutlagring och dels biogasens väg genom anläggningen från bildning i rötningsprocessen till gasklocka, gasfackla eller systemgränsens markering.

- **Ventilation från byggnader**
  Ventilationsluft från mottagningshall, mottagningstank och hygienisering tas om hand av ventilationssystemet. Även eventuell förbehandling av ingående råvara är kopplad till ventilationssystemet. Ventilationssystemet består vanligtvis av ett biofilter vars huvudsakliga uppgift är att rena luften och därmed minska lukten. Från biofiltret passerar lite metan, som inte hinner oxideras under tiden genom biofiltret. Utgående renad ventilationsluft från biofiltret är intressant att inventera. Om upptäckt av metan görs här, skall vidare inventering göras vid den utrustning som är inkopplad till ventilationssystemet.

- **Förbehandling**
  Även eventuell förbehandling är i vissa fall kopplad till ventilationssystemet. Det är främst anläggningar som tar emot hushållsavfall som har någon typ av förbehandling. Förhöjda metanhalter har uppmätts i det moment där avfallspåsarna slås sönder. Detta påvisar att rötningsprocessen kan påbörjas snabbare än förväntat. Det kan därför vara intressant att även inkludera eventuell förbehandling i inventeringen. Som förbehandling räknas exempelvis tömning i speciell avlastningsficka för hushållsavfall och annat fast avfall, vid öppning/sönderslagning av avfallspåsarna, vid eventuell sortering av inkommande avfall, finfördelning av materialet samt avfallets resa på transportband.

- **Hygienisering**
  Innan det ingående substratet kan rötas i rötkammaren måste det genomgå en hygieniseringsprocess, som vanligtvis innebär att substratet värms upp till 70 °C under 1 timme. Det är möjligt att rötningsprocessen kan påbörjas med gasbildning som följd.

  Beroende på hur hygieniseringen är kopplad till resten av anläggningen förkommer olika sätt att ta om hand metan från hygieniseringsprocessen. För de anläggningar vars hygienisering är kopplad till anläggningens gassystem är det intressant att undersöka flänsförband, säkerhetsventiler och handventiler på gasledningen vid hygieniseringen. För de anläggningar som har kopplat hygieniseringsenheten till ventilationssystemet skall givetvis luften efter biofiltret undersökas samt eventuell blåsmaskin/brunn till biofiltret. Även de hygieniseringstankar som har en lucka på toppen bör inventeras.

[26] SEK Handbok 426, Klassning av explosionsfarliga områden

- **Blandningstank**
  Från hygieniseringen pumpas substratet till rötkammaren, i vissa fall mellanlandar substratet i en blandningstank. Under ogynnsamma förhållanden såsom för lång uppehållstid i blandningstank eller vid återföring av processvätska för spädning påbörjas metanbildningsprocessen i blandningstanken[27]. Mätning av eventuellt metan kan göras i avluftningen.

- **Rötkammare och rötresttank**
  Från hygieniseringen pumpas substratet till rötkammaren. Den biogas som bildas under rötningsprocessen i rötkammaren samlas upp i rötkammarens gasdom och leds sedan via heldragna rör till gasutrustningsrummet. Gasdomen är försedd med säkerhetsventil som skyddar mot övertryck i rötkammaren. Gasledningen är ansluten till ett säkerhetssystem med vattenlås.

  Efter uppehållstiden i rötkammaren pumpas rötresten vidare till en rötresttank, för tillvaratagande av efterproduceras gas. Denna tank kan liknas vid en rötkammare, och bör därför genomgå liknande inventering som rötkammaren.

  Specifika utsläppsobjekt på en rötkammare är bräddavlopp, omrörarens axelfästning och säkerhetssystemets utloppsledning. Den största källan till utsläpp är bräddavloppen som i vissa fall öppnas regelbundet och i andra fall står helt öppna. Vid inventering av biogasanläggningen i denna studie framkom också att säkerhetsventilen inte var fullständigt tät. Erfarenheter säger också att manluckor på rötkammarens tak skall kontrolleras, eftersom tätningen kring dessa med tiden blir sliten pga. hård väderutsättning. Även ojämnheter i rötkammarens övre delar ovanför vätskenivån är kritiska, speciellt kritiskt är taket och övergången mellan vägg och tak[28]. Undersökning av dessa kritiska delar bör ske årligen.

- **Avvattning**
  På en del biogasanläggningar genomgår rötresten en avvattning innan vidare hantering. Inventering av utsläpp bör göras vid toppen på avvattningskolonnen, då gasproduktionen fortfarande kan pågå i rötresten. Även i annan öppen hantering, t.ex. i siktning, bör en inventering av metanutsläpp genomföras.

- **Rötrestlager**
  Lagring av rötrest varierar mellan olika anläggningar, eftersom en del endast har flytande rötrest och andra anläggningar har både en flytande och fast rötrest. Även behållaren för lagring av flytande rötrest varierar. På en del anläggningar är rötresttank och rötrestlager detsamma, och på andra anläggningar pumpas rötresten från rötkammare via rötresttank och avvattning till rötrestlagret.

  Vid inventeringen av en biogasanläggning i denna studie framkom att flertalet sprickor fanns i betongtaket på lagertanken, vilka ger upphov till metanutsläpp. I och med denna erfarenhet anses det viktigt att alla betongtak undersöks.

  Fast rötrest lagras oftast i en öppen container. Precis som för flytande rötrest är det tänkbart att efterproduktion av metan även sker i fast rötrest. Lager för fast rötrest bör därför inventeras.

---

[27] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005, s 40.
[28] Schulz, H., 1996, Biogaspraksis – Grundlagen, Planung und Anlagenbau. Bespiele. Ökobuch Verlag. Staufen bei Freiburg, Tyskland.

- **Kondensvattenbrunn**
  Den producerade biogasen är nästan fullständigt mättad på vatten. En stor del av vattnet kondenseras i ledningar och gaslager där temperaturen är lägre än i rötkammaren. I gassystemets lägsta punkt finns en kondensvattenbrunn, där kondensvatten från gasledningen töms. Området ovanför kondensvattenbrunnen bör inventeras eftersom det är möjligt att bundet metan i kondensvattnet släpper i brunnen.

  Tömning av kondenskärl och kondensbehållare bör ske varje vecka, enligt föreslagen underhållsplan i BGA 05[29].

- **Gasklocka**
  En gasklocka har till uppgift att dels fungera som buffertsystem och dels som upprättare av erforderligt systemtryck på biogasanläggningen. Dock är det inte nödvändigt med en gasklocka på en biogasanläggning. I några fall leds gasen direkt från rötkammare via gasutrustningsrummet till en uppgraderingsanläggning. De två typer av gasklocka som är vanligast i Sverige är flytande gasklocka och gasklocka med dubbelmembran.

  På en flytande gasklocka bör kanten mellan tak och vägg undersökas. Är taket gjort av betong, bör även taket undersökas för att säkerställa att sprickor inte finns i betongen. Inventering av en gasklocka med dubbelmembran sker genom att mäta metanhalten i det utgående luftflödet vid utloppet.

- **Gasfackla**
  Syftet med en gasfackla är att överskottsgas skall förbrännas. Vid förbränning av metan bildas koldioxid som är den önskvärda restprodukten i biogassystemet. Om förbränningen i gasfacklan är bristfällig på något sätt t.ex. vid dålig reglering av flödet, felaktig omblandning av gas och luft och vid felinställd förbränningstemperatur finns möjlighet att metan läcker ut i atmosfären. Vid inventeringen rekommenderas att facklan trimmas in enligt tillverkarens anvisningar. Utsläppen antas därefter vara enligt tillverkarens garantier.

  Vidare bör ventiler och flänsförband på den del av gasröret som leder till fackla och som finns ovan mark inventeras. Framförallt ventilerna utsätts regelbundet för slitage. Flänsförband på ett rör som är still och inte rör sig antas inte ge upphov till läckage, men bör i ett inledande skede ändå inventeras.

- **Gasutrustningsrum**
  Den uppsamlade biogasen leds till gasutrustningsrummet. Komponenter som bör inventeras är säkerhetskärlet, slamfälla, gasfilter, kondensfällor före och efter gasboost er, kompressor, ventiler, flänsförband samt kring gasanalysutrustning. All provtagningsutrustning skall inventeras och kontinuerligt metanläckage till atmosfär som sker vid denna utrustning skall kvantifieras.

3.4.2. Uppgraderingsanläggning

På en uppgraderingsanläggning förekommer tre typer av inventeringsobjekt som är intressanta att inventera. Dessa objekt är rörliga och icke rörliga komponenter inom anläggningen samt restgasen, se bilaga 2 för inventeringprotokoll. Med rörliga komponenter menas de delar som inte är statiska t.ex. ventiler som regelbundet ändrar läge, skakande kompressorer och gasledningar med förband i anslutning till kompressorerna. Med icke rörliga komponenter

[29] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.

avses delar som i normaldrift är statiska, t.ex. handventiler, flänsförband och säkerhetsventiler på orörlig gasledning.

Vid inventering av en uppgraderingsanläggning upptäcktes läckage vid rörliga delar t.ex. reglerventiler samt flänsförband placerade på en rörlig ledning nära en skakande kompressor. Erfarenheter från anläggningar säger att det oftast är spindeln i eller packningen på ventiler som orsakar läckage. All provtagningsutrustning inom uppgraderingsanläggningen bör inventeras och kontinuerligt metanutsläpp till atmosfär skall kvantifieras. Mätning av utsläpp bör även ske i ventilationsluften från uppgraderingsanläggningen.

Via restgasen sker ett kontinuerligt metanutsläpp och det är därför viktigt att kvantifiera mängden metan i restgasen. Utsläppet beror på att vatten eller kemikalien vid skrubberteknik absorberar metan samt att det aktiva kolet vid PSA adsorberar metan. För en uppgraderingsanläggning med recirkulerande vattenskrubber är restgasen utspädd med luft, detsamma gäller för uppgraderingsanläggning baserad på Selexolprocessen. Inventeringsobjekt från dessa två typer av anläggningar är i punkten innan restgasen leds till atmosfär. Restgasen kan ledas till ett biofilter innan den leds till atmosfär och det korrekta är då att mäta utsläppet från biofiltret. Är det inte möjligt får utsläppet mätas innan filtret. I en genomströmmande vattenskrubber återfinns restgasen i vattnet som leds ifrån anläggningen. Används PSA eller kemisk absorption för avskiljning av koldioxid är restgasen inte utspädd med luft, utan leds direkt ut i atmosfären. För PSA har restgasen ett fluktuerande flöde och en fluktuerande halt metan beroende av att kolonnerna regenereras en i taget. Inventeringsobjekt i de sistnämnda uppgraderingsteknikerna är vid restgasens utlopp till atmosfär. Kvantifiering av metan i restgas är komplicerad, framförallt för PSA och enkelt genomströmmande vattenskrubber se vidare kapitel *3.6 Beräkningsmodeller.*

Eftersom restgasen utgör en känd källa för metanutsläpp är en möjlighet att installera en mätare för kontinuerlig mätning av metanhalten. Detta medför att metanutsläppet kan övervakas med övriga parametrar i anläggningen och driften optimeras för lågt metanutsläpp, se även *3.8. Metoder för åtgärdande av utsläpp.*

Det är vanligt att driftpersonal i en uppgraderingsanläggning gör en daglig/veckovis rondering med läcksökningsinstrument i anläggningen. I detta system med frivilligt åtagande om inventering av utsläpp skall inventering genomföras minst en gång vart tredje år. I inventeringsprotokollet kan det anges om kontroll genomförs mer frekvent.

I samband med inventeringen av uppgraderingsanläggningen bör också tillsyn[30] av andra trycksatta anordningar, såsom propandosering och gaslager som finns inom anläggningens område ske. Det samma gäller högtryckskompressorer.

3.5. Mätmetoder

Inventering

Vid inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggning bör metoder användas som ger en kvalitativ bedömning av anläggningens skick och som snabbt detekterar utsläpp. Mätmetoder som är lämpliga att använda för dessa ändamål är traditionella läcksökningsinstrument, läcksökningsspray samt okulär- och luktkontroll. Rekommendationen är att varje biogas- och uppgraderingsanläggning skall äga minst ett läcksökningsinstrument samt läcksökningsspray. Förutom att användas vid översynen av utsläppen från anläggningen vart tredje år kan instrumenten användas vid regelbunden kontroll av anläggningen.

Läcksökningsinstrument för detektion av metan kan baseras på olika metoder. Vanliga metoder är halvledarsensorer eller på katalytiska sensorer. Det är viktigt att skilja på läcksökning-

[30] Enligt AFS 2002:1, Trycksatta anordningar.

sinstrument och gasvarnare. Läcksökningsinstrument ska ange mätresultat som en halt på en display. Vidare ska instrumentet kunna förses med mätsond (se bilden till vänster i Figur 3), för kontroll av svåråtkomliga utrymmen. Detektionsgränsen för metan ska vara 500 ppm eller lägre.

Halvledarsensorn består av en eller flera metalloxider och värms upp till en specifik temperatur, beroende på vilken gas som skall detekteras, genom ett värmeelement. När sensorn utsätts för gasen joniseras gasen av metalloxiden och elektroner kommer i rörelse och en konduktivitetsförändring uppstår. Ju mer gas som detekteras, desto större signal ger sensorn.

Figur 3. Läcksökningsinstrument. Till vänster av typen med halvledarsensor och till höger en med katalytisk sensor. ***Källa: www.ppm-teknik.se och foto SGC.***

Läcksökningsinstrument med katalytisk sensor bygger på att en oxidation av gasen sker när gasen kommer i kontakt med instrumentets mätsensor, t.ex. en uppvärmd spiraltråd. Som ett mått på gasens koncentration uppkommer en förändring i strömmen genom mätsensorn.

Läcksökningsspray eller vanligt såpvatten används främst för täthetskontroll av flänsförband och andra skarvar. Vid användning sprutas läcksökningspray t.ex. på ett flänsförband. Om flänsförbandet är otätt börjar det att bubbla i det sprayade lagret. Okulär- och/eller luktkontroll innebär att utsläpp upptäcks genom personalens ögon och näsa. Vid utsläpp av varm gas finns en fuktig fläck på komponenten och vid utsläpp av kall gas sker en påfrysning på komponenten. Efter regn är det fördelaktigt att kontrollera platta ytor, t.ex. betongtak, liggande manluckor samt omrörarens axelfästning. Om otätheter förekommer syns detta genom bubblor i regnvattnet. I tabell 3 ges exempel på läcksökningsinstrument:

Instrument	**Egenskaper**	**Känslighet**	**Kostnad**
Dräger X-am 7000 med *Cat-Ex Sensor*	Katalytisk sensor EX-klassning Inbyggd pump	0 – 100 % LEL 0 – 100 Vol% CH_4	25 000 kronor exkl. moms
PPM Gasurveyor 500 *Gas Measurement Instruments Ltd*	Katalytisk sensor EX-klassning Inbyggd pump	0 – 1000 ppm 0 – 100 % LEL 0 – 100 Vol % CH_4	24 000 kronor exkl. moms
SEWERIN Ex-Tec® Snooper 4	Halvledarsensor EX-klassning	0 – 22 000 ppm CH_4	12 000 kronor exkl. moms

Tabell 3. Exempel på läcksökningsinstrument med ungefärliga priser

Inventering
Läcksökningsinstrument och läckspray kan användas för att inventera anläggningen på utsläpp. Läcksökningsinstrumentet ska ange mätresultatet som en halt på en display. Instrumentet ska kunna förses med mätsond och ha en detektionsgräns för metan på 500 ppm eller lägre.

Kvantifiering
Med läcksökningsinstrument kan utsläpp snabbt identifieras och åtgärdas. Ofta kan de dock inte användas till kvantifiering av utsläpp, utan instrument som har lägre detektionsgräns och bättre noggrannhet som FID, FTIR eller gaskromatograf lämpar sig bättre för kvantifiering. Det bör även uppmärksammas att många läcksökningsinstrument (alla med katalytisk sensor) mäter totalt kolväte och räknar om det till metanekvivalenter. Detta är inget problem på uppgraderingsanläggningar där metan är det enda kolvätet, men kan ge felaktiga resultat (högre värden) på biogasanläggningar där det kan förekomma andra kolväten (alkoholer, organiska syror).

God noggrannhet vid bestämning av metanhalt behövs för god noggrannhet vid kvantifieringen av utsläppet. Med hjälp av s.k. gaspåsar eller gaspipetter kan gasprover samlas in och analyseras på laboratorium i en gaskromatograf. Gaskromatografi bygger på att ämnena i ett gasprov separeras från varandra och identifieras genom att registreras i ett upplösningsspektrum där varje topp är karakteristiskt för ett visst ämne. Kostnad för analys av gasprov i en gaskromatograf varierar beroende på valt laboratorium.

Figur 4. Gaskromatograf. ***Foto SGC.***

När det är svårt att ta gasprov och vid mätning under en längre tid kan betydligt mer avancerade instrument användas för noggrann bestämning av metanhalten i utsläpp på plats. På en biogasanläggning lämpar det sig bäst att använda ett FTIR-instrument och på en uppgraderingsanläggning ett FID-instrument[31]. FTIR står för *Fourier transformed infraröd absorption spektroskopi* och detekterar bl.a. metan med hög noggrannhet genom att molekylernas individuella förmåga att absorbera en viss våglängd utnyttjas. Instrumentet uppfattar metan från 10 ppb till procentområdet. FID står för *flamjonisationsdetektor* och detekterar koncentrationen av totalkolväten och passar därför bäst på uppgraderingsanläggningar där merparten av kolvätena är metan. Instrumentet uppfattar kolväten omvandlade till metanekvivalenter från 0,05 ppm till 20 procent. Instrumentet är stationärt och kräver elförsörjning, kalibrergas, vätgasförsörjning och uppstartstid. Kostnaderna för de båda instrumenten är höga, omkring

[31] Ingemar Gunnarsson, et al, *Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas*, Swedpower, Avfall Sverige Utveckling 2005:07, s 52.

500 000 kronor för FTIR och 100 000 kronor för FID. Det finns möjligheter att hyra instrumenten per mätdag till en kostnad på ca 25 000 kronor för FTIR och på ca 15 000 kr för FID inklusive mättekniker och analys per instrument.

Kvantifiering

Biogasanläggning
För kvantifiering av funna/kända utsläpp kan halten metan bestämmas med läcksökningsinstrument som mäter halt metan, FTIR-instrument, eller gasprov för analys i gaskromatograf (GC).

Uppgraderingsanläggning
För kvantifiering av funna/kända utsläpp kan halt metan bestämmas med läcksökningsinstrument som mäter halt metan, FID-instrument, gasprov för analys i GC, eller fast mätutrustning i anläggningen ex. i restgasflödet.

Noggrannhet på kvantifieringen ställs i relation till kostnader. Bestämning av metanhalten i utsläpp med hjälp av FID/FTIR eller gasprov för analys i GC ger betydligt bättre noggrannhet än bestämning med läcksökningsinstrument.

3.6. Förslag till genomförande av inventering

Inventeringen av utsläpp från anläggningen kan utföras på två sätt.

- Mätkonsulten genomför en fullständig inventering av anläggning i enlighet med skissen från anläggningen.
- Anläggningen utför en enkel inventering själv enligt skissen. Anläggningen kan välja att inte inventera utsläppsobjekt som ingår i anläggningens underhållsplan, då dessa ska kontrolleras oftare än vad som krävs enligt frivilligt åtagande. Exempel på underhållsplan ges av bilaga 2 i BGA 05[32]. Om utsläppsobjekt som ingår i underhållsplanen inte inventeras vid läcksökning enligt frivilligt åtagande skall mätkonsulten kontrollera att täthetskontroll som krävs enligt anläggningens underhållsplan genomförts.

I båda fallen används inventeringsprotokollet för att markera eventuell detektering av utsläpp, se bilaga 1 och 2. Vidare ska mätkonsult i båda fallen genomföra kvantifiering av utsläpp som detekteras vid inventeringen, men som inte kan åtgärdas direkt.

Generell information om inventeringen:

- För att genomföra inventeringen av utsläpp krävs god kunskap om den specifika anläggningen. Driftpersonal har ofta erfarenhet av vilka delar i anläggningen där utsläpp kan förekomma eller förväntas förekomma.
- För att utföra inventeringen krävs god kunskap om de mätinstrument som används (hur de ska användas, begränsningar, vad de mäter m.m.).
- Minst en av de personer som deltar vid inventeringen skall ha genomgått en endagars kurs om systemet med frivilligt åtagande om inventering av utsläpp som föreslås arrangeras av Avfall Sverige.
- Utförs inventeringen av mätkonsult skall någon som arbetar på anläggningen deltaga.

Förberedelser för inventering:

- Innan inventeringen påbörjas ska en skiss över anläggningen tagits fram där möjliga utsläppskällor markeras. Skissen ska ha skickats till den av Avfall Sverige upphandlade mätkonsulten för att ge konsulten en överblick över anläggningens utformning. Detta ger även konsulten en möjlighet att uppmärksamma anläggningen på om någon

[32] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.

viktig detalj saknas. Innan inventeringen påbörjas anpassas inventeringsprotokollet efter skissen. På en biogasanläggning stryks de delar som inte förekommer i anläggningen och eventuellt ytterligare utsläppsobjekt läggs till.

- Används läcksökningsinstrument vid inventeringen skall deras funktion kontrolleras innan inventeringen påbörjas. Testa utrustningens funktion genom att släppa ut en liten mängd biogas och kontrollera att instrumentet detekterar detta. Om instrumentet skall kalibreras med ett visst tidsintervall, kontrollera att detta skett enligt tillverkarens anvisningar.

Inventering:

- Genomför en systematisk genomgång av anläggningen med läcksökningsinstrument och läckspray. Följ skissen som är framtagen och markera kontinuerligt i inventeringsprotokollet (se bilaga 1 och 2) om det förekommer metanutsläpp eller inte.
- För läcksökningsinstrumentet utmed eventuella utsläppsobjekt. Detta skall göras både en liten bit ifrån och precis intill ev. utsläppsobjekt.
- En pump drar vanligtvis in gas till detektorn i instrumentet. Beroende på ledningens längd, pumpens effekt och tiden det tar för detektorn att analysera gasen, kan instrumentet föras med olika hastighet längs med det ev. utsläppsobjektet. Om sökningen genomförs för snabbt går det inte att bestämma eg. var ett utsläpp detekterats.
- Upptäcks ett utsläpp försök att i största möjliga mån lokalisera exakt källa och om möjligt åtgärda direkt. Är det inte möjligt ska utsläppet kvantifieras av mätkonsulten.

Inventering av utsläpp enligt systemet med frivilligt åtagande skall genomföras minst en gång vart tredje år. Flertalet av utsläppsobjekten bör inventeras betydligt oftare än detta, se till exempel föreslagen underhållsplan i BGA 05[33].

Information från mer frekventa kontroller av anläggningar, eller annan övervakning ex. av metanhalten i restgasen, kan även tas med i inventeringen vart tredje år genom att utsläpp som upptäckts vid dessa kontroller även markeras i inventeringsprotokollet.

3.7. Kvantifiering av utsläpp

Nästa steg i det frivilliga åtagandet är bestämning av metanhalt i funna utsläpp som inte kan åtgärdas direkt samt mätning av metanhalt i redan kända flöden med utsläpp (ex. restgas från uppgraderingsanläggningar). För att kunna kvantifiera utsläppet krävs även flöde i utsläppet. Är inte flödet känt får det beräknas eller uppskattas. Kvantifiering av utsläpp skall göras av en mätkonsult oavsett om inventeringen utförs av anläggningen själv eller av mätkonsulten.

Förberedelser för kvantifiering:

- En genomgång görs av de utsläppsobjekt som markerats i inventeringsprotokollet för behov av kvantifiering.
- Kvantifieringen skall genomföras under normala driftsförhållanden, för att utsläppen som mäts sedan skall kunna extrapoleras till årsbasis. Normala driftförhållanden gör att uppgifterna blir mer representativa. Man skall vara medveten om att mätningar ger en ögonblicksbild av situationen på anläggningen
- Luften har en naturlig metanhalt på ca 1,7 ppm. Vid bestämning av metanhalt för ett utsläpp i luft (ex. ventilationsluft) ska detta eg. subtraheras från det uppmätta värdet, men ofta är det rimligt att förbise detta.[34]
- För biogasanläggning: Notera metanhalt i rågas (vol-%) och producerad mängd biogas (Nm^3/h). Dessa data krävs vid utvärdering av resultaten.
- För uppgraderingsanläggning: Notera metanhalt i rågas (vol-%) och mängd inkommande gas till anläggningen (Nm^3/h).

[33] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005.
[34] Intergovernmental Panel of Climate Change 2001 – The scientific basis, 2001.

- För biogasanläggning: Ta fram uppgift på totalt producerad mängd metan i anläggningen per år, dvs. totalt metanflöde (Nm^3/år). Detta kan vanligtvis tas fram med hjälp av statistik över produktionen och genomsnittlig metanhalt. Finns inte denna information tillgänglig får uppgiften istället beräknas utifrån rågasflöde vid inventeringen, metanhalt i rågasen och antalet drifttimmar för anläggningen per år. Dessa data krävs vid utvärdering av resultaten.
- För uppgraderingsanläggning: Ta fram uppgift över ingående metanmängd till anläggningen per år, dvs. totalt metanflöde (Nm^3/år). Finns inte statistik över rågasflödet till anläggningen per år, får totalt metanflöde beräknas genom att multiplicera rågasflöde vid inventeringen, metanhalt i rågasen och antalet drifttimmar för anläggningen per år.

Bestämning av halt på utsläpp:

- För varje utsläpp som ska kvantifieras ska en avvikelserapport skrivas, se bilaga 3 för biogasanläggning och 4 för uppgraderingsanläggning.
- I avvikelserapporten beskrivs utsläppets placering och eventuell orsak.
- För att kvantifiera utsläppet krävs en noggrannare bestämning av metanhalten.
- Där utsläppskällan har lokaliserats (ex. spricka i betong) skall bestämning av metanhalten i utsläppet ske så nära utsläppskällan som möjligt. Detta kan inte ske där utsläppet är diffust (ex. ventilationsluft).
- Läcksökningsinstrument kan visa en metanhalt i ppm eller vol-%. Metanhalten i utsläppet bestäms antingen med läcksökningsinstrument eller för att få en bättre noggrannhet med annan utrustning såsom FID på uppgraderingsanläggning, FTIR på biogasanläggning eller uttag av gasprov för analys med GC.
- Mätning med instrument på plats är att föredra. För att noggrant bestämma halten på utsläppet bör mätning ske under en längre tid och att mätvärden loggas i en dator för resultatutvärdering. Mätning bör utföras tills att det konstateras att halten är stabil eller följer en bestämd variation.

Utvärdering av resultat och förslag på åtgärd:

- Metanhalten i ett utsläpp säger egentligen inte så mycket. Hög halt med lågt flöde ger ett litet utsläpp medan låg halt med stort flöde kan ge ett större utsläpp. Storleken på utsläppet måste därför kvantifieras (Nm^3/år), för att göra detta behövs förutom metanhalten även flödet av gas i utsläppet bestämmas, se exempel nedan. Kan inte flödet bestämmas görs en uppskattning av flödet.
- Utifrån metanhalt (vol-%) och flöde (Nm^3/h) kan utsläppet räknas om till en metanförlust i % genom att dividera med metanflödet per timme i anläggningen. Utsläppet per år erhålls genom att multiplicera med det totala metanflödet genom anläggningen per år.
- Utsläppet som beräknats skall därefter fyllas i kvantifieringsprotokollet.
- I avvikelserapporten skall konsulten även ge ett förslag på åtgärd ges, se kapitel 3.8 för metoder för åtgärdande av utsläpp.
- I kvantifieringsprotokollet summeras samtliga kvantifierade utsläpp. Detta ger ett totalt utsläpp från anläggningen i (Nm^3/år).
- De totala metanförlusterna för anläggningen erhålls genom att dividera det totala metanutsläppet med det totala metanflödet i anläggningen (Nm^3/år). För att få metanförlusterna i % multipliceras värdet som erhålls med 100.

Mätkonsulten ger avvikelserapporter och kvantifieringsprotokoll till anläggningen.

Anläggningen kompletterar kvantifieringsprotokollet med planerad åtgärd för utsläpp. Slutligen anger anläggningen i kvantifieringsprotokollet mål för metanutsläpp utifrån att de planerade åtgärderna genomförs. Målet fås fram genom att uppskatta hur de föreslagna åtgärderna kommer att påverka utsläppen.

Vid nästa inventering av anläggningen görs en avstämning mot hur detta mål uppfyllts. Det rekommenderas även att anläggningen efter genomförd inventering och kvantifiering av utsläpp värderar det årliga utsläppet i kronor. Vilka intäkter till anläggningen hade erhållits om mängden gas som släppts ut från anläggningen istället sålts? Denna värdering kan ställas i jämförelse med de kostnader som kan krävas för att åtgärda olika utsläpp. Kanske är det en vinst inte enbart för miljön utan även för anläggningens ekonomi att åtgärda vissa utsläpp.

Nedan ges exempel på beräkningsmodeller för kvantifiering av utsläpp från olika möjliga utsläppsobjekt.

Gasvolymer brukar anges i normalkubikmeter, Nm^3, dvs. volymen vid 0° C och atmosfärstryck. Flödet som skall användas vid beräkning av utsläppets kvantitet skall vara angivet i Nm^3/h. Vid uppskattning av flöde i ex. en ventilationskanal där det är atmosfärstryck, men temperaturen inte är 0° C, behövs en omräkning. Det kan göras med hjälp av allmänna gaslagen. Temperaturen i gasflödet behövs i Kelvin. Det erhålls genom att ta aktuell temperatur i Celcius och addera 273,15. Hela beräkningen blir enligt följande:

Gasflöde (Nm^3/h) = Uppmätt el. beräknat gasflöde (m^3/h) · 273,15 K/ aktuell temperatur (K)

Metanförlusten i ett utsläppsobjekt beräknas genom att metanhalten som uppmätts multipliceras med gasflöde i utsläppet, detta divideras sedan med totalt metanflöde genom anläggningen vid inventeringen. För en biogasanläggning erhålls det totala metanflödet (Nm^3/h) genom att multiplicera metanhalt (vol-%) i producerad rågas med rågasflödet (Nm^3/h) vid mätningen. För en uppgraderingsanläggning är det totala metanflödet inkommande rågasvolym till anläggningen vid mätningen multiplicerat med metanhalt i inkommande rågas (vol-%). För att få metanförlusten i % multipliceras den erhållna kvoten med 100.

Metanförlust (kvot) = (uppmätt metanhalt (vol-%) gasflöde (Nm^3/h)) / (rågasflöde (Nm^3/h) · metanhalt i rågas (vol-%))

Metanförlusten i det specifika utsläppsobjektet räknas därefter om till ett utsläpp per år (Nm^3/år) genom att multiplicera med producerad mängd metan per år i en biogasanläggning, respektive inkommande mängd metan per år i en uppgraderingsanläggning. Denna information kan oftast fås från driftstatistik i form av årlig produktion/inkommande mängd (Nm^3/år) och genomsnittlig metanhalt. Finns uppgifterna inte på detta sätt får det totala metanflödet beräknas genom att ta rågasflödet och metanhalt i rågasen vid mätningen och multiplicera det med antalet drifttimmar i anläggningen.

Metanutsläpp (Nm^3/år) = metanförlust (kvot) · totalt metanflöde (Nm^3/år)

Det beräknade metanutsläppet (Nm^3/år) för ett utsläppsobjekt fylls i kvantifieringsprotokollet. I kvantifieringsprotokollet summeras samtliga metanutsläpp för anläggningen. Anläggningens totala metanförlust i % beräknas därefter genom att summan av utsläppen divideras med totalt metanflöde (Nm^3/år). Precis som i beräkningen ovan är det totala metanflödet produce-

rad mängd metan i biogasanläggningen respektive inkommande mängd metan i uppgraderingsanläggningen.

Metanförlust (%) = 100 · totalt metanutsläpp (Nm^3/år)/ totalt metanflöde (Nm^3/år)

Det skall påpekas att metanförlusten för anläggningen som beräknas genom inventering har en hel del felkällor. Det ligger framförallt i bestämning av metanhalt i utsläpp, flödesbestämning men även rågasflödet har stora felkällor. Eftersom rågasen är mättad med vattenånga är det vanligtvis svårt att få god noggrannhet i flödesmätningen. För säkrare resultat kan inventeringen upprepas.

Nedan redovisas exempel på beräkningar från olika utsläppsobjekt. Det är ingen heltäckande redovisning, tanken är att ge exempel på hur kvantifieringen kan gå till utifrån olika påhittade exempel. Att bestämma flödet kan i flera fall vara svårt och kan kräva att vissa antaganden görs.

3.7.1. Kvantifiering av utsläpp från gasanalys

Till såväl biogasanläggning som uppgraderingsanläggningar finns utrustning inkopplad för gasanalyser. Genom denna utrustning passerar ofta ett gasflöde, vilket ger ett utsläpp från anläggningen.

Exempel: Vid gasanalysen på biogasanläggningen finns ett kontinuerligt flöde av biogas till atmosfär. Metanhalten uppgår till 65 % och gasflödet till atmosfär är 100 Nl/h dvs. 0,1 Nm^3/h. Totalt sett produceras 400 Nm^3 biogas per timme och 3,48 miljoner Nm^3 per år.
Insättning ger:
1) Metanförlust (%) = (0,65 · 0,1)/(0,65· 400) = 0,00025 ger 0,00025 · 100 = 0,025 %
2) Metanutsläpp (Nm^3/år) = 0,00025 · 3,48 · 10^6 · 0,65 = 565,5 Nm^3/år

3.7.2. Kvantifiering av utsläpp från en spricka i t.ex. betongtak

Gasflödet genom en spricka, oavsett material, kan antingen kvantifieras genom att samla upp utströmmande gas i t ex en plastpåse, som appliceras tätslutande över hela sprickan, eller genom en strömningsberäkning.

Vid uppsamling i plastpåse är det viktigt att anliggningsytorna mellan påsen och den läckande tanken är helt gastäta. Tiden för att fylla påsen till lämplig fyllnadsgrad med utströmmande gas mäts. Vid avslutning av mätningen skall påsen inte vara mer fylld än att det på ett säkert sätt går att avlägsna den från mätstället och försluta den utan att gas förloras. Uppsamlad volym i påsen kan mätas genom nedsänkning i vatten och mätning av undanträngd volym om påsen är liten. Större påsar eller säckar kan tömmas genom en gasmätare av bälgtyp. Ett gasprov tas ut för att bestämma metanhalt.

Exempel: En plastsäck med ungefärlig volym på 120 liter appliceras runt en spricka i ett betonglock. Betongen borstas ren och exempelvis silikonmassa appliceras runt sprickan. Plastsäcken töms på luft så långt det är möjligt och påsens form noteras så att den senare kan tömmas till samma form. På detta vis tas hänsyn till att säcken inte kan tömmas helt på luft före mätning. Den på luft tömda säcken appliceras med hela öppningen i silikonmassan så att anslutningen blir helt tät. Detta måste ske snabbt så att tidtagning kan starta omgående med helt tät anslutning. När säcken är fylld till mellan 50 och 60% samlas plasten runt öppningen ihop och säcken försluts snabbt samtidigt som tiden avläses. En slang som är ansluten till en bälgmätare förs ned i den förslutna säcken utan att gas läcker ut. Plastsäcken tätas mot slangen med ett rep eller annan lämplig förslutning och gasen pressas genom gasmätaren med ett flöde som ligger inom mätarens normala mätområde. Säcken

töms till samma form som vid applicering ovanför sprickan och gasvolymen avläses på mätaren. Gasen i säcken analyseras med en portabel metanmätare eller genom att ett gasprov tas ut och analyseras på annan plats. Läckaget genom sprickan beräknas som uppmätt volym i liter multiplicerat med metanhalt i vol-% dividerat med uppsamlingstid i minuter. Detta ger verkliga liter metan/minut, V_1. Volymen korrigeras till normalliter enligt formeln:

V_0 [Nl/min] = V_1·(uppmätt tryck i mbara·273)/(1013·uppmätt temperatur i K), där mbara = övertryck i mbar+1013 och K = temperatur i °C + 273. Värdena mäts före gasmätaren. För att få läckaget i Nm³/timma multipliceras V_0 med 60 och divideras med 1000.

Om det inte är möjligt att samla upp gas från en läcka, t ex beroende på att sprickan är lång och att det inte är möjligt att ansluta en säck så att anslutningen blir gastät, kan en uppskattning av läckageflödet göras med en strömningsberäkning, se bilaga 9.

3.7.3. Kvantifiering av utsläpp i ventilation

Mätning i ventilationsluft kan ge en sammantagen bild av diffusa utsläpp från flera komponenter i anläggningen. Detta utsläpp kan kvantifieras genom att halten metan som uppmäts i ventilationsluften multipliceras med luftflödet (Nm^3/h) i ventilationen. Är luftflödet inte känt kan det ofta fås fram med hjälp av data från ventilationsfläkten. Är inte detta möjligt får luftflödet uppskattas utifrån rummets yta och antalet luftomsättningar per timme.

Exempel: I ventilationen från lokalen med uppgraderingsutrustning detekteras en metanhalt på 100 ppm. Utifrån fläktdata konstateras att luftflödet är 5 000 m^3/h. Temperaturen i ventilationskanalen mäts till 20 °C. Inkommande rågas till uppgraderingsanläggningen håller en metanhalt på 55 vol-%, rågasflödet är 300 Nm^3/h. Årligen produceras 2 miljoner Nm^3 rågas i anläggningen. Insättning ger:

1) Luftflöde (Nm^3/h) = 5 000 · 273,15 /(273,15 + 20) = 4659 Nm^3/h
2) Metanförlust (%) = 0,0001 · 4659/ (0,55 · 300) = 0,00282 ger 0,00282· 100 = 0,282%
3) Metanutsläpp (Nm^3/år) = 0,00282 · 2 · 10^6 · 0,55 = 3 100 Nm^3/år

3.7.4. Kvantifiering av metan i restgas från recirkulerande vattenskrubberanläggning, anläggning med Selexol och kemiska absorption

Vid tre av metoderna för uppgradering av biogas återfinns metanförlusten i kända flöde, eller flöde som relativt lätt kan bestämmas. Det gäller för uppgradering med recirkulerande vattenskrubber och Selexol där metanförlusten återfinns i en luftström, samt vid uppgradering med kemisk absorption där den utgående restgasen inte är uppblandad med luft. För en bestämd mängd biogas som renas i anläggningen har även dessa metoder en relativt jämn metanhalt i restgasen och ett kontinuerligt flöde av restgas. Metanhalten mäts i den utgående restgasen. Detta kan göras genom att ett prov av restgasen skickas iväg eller genom direkt mätning på plats i ett flöde som leds ut från huvudströmmen av restgas. Flödet av restgas kan bestämmas genom att en hastighetsmätare sätts in i luftströmmen. Med hjälp av hastighet och ledningens tvärsnittsarea kan flödet beräknas. En alternativ metod är att utgå från fläktdata för att bestämma flödet.

Exempel: I restgasen från en anläggning med recirkulerande vattenskrubber uppmäts metanhalt på 10 000 ppm (1 vol %). Med en hastighetsmätare bestäms hastigheten i ledningen som leder ut restgasen till atmosfär till 9 m/s. Ledningens tvärsnittsarea är 0,015 m^2 vilket ger ett flöde på 486 m^3/h. Temperaturen i restgasströmmen var 15 °C. Totalt sett renas 400 Nm^3/h biogas med en metanhalt av 70 % i uppgraderingsanläggningen, vilket innebär ett metanflöde på 0,7·400 = 280 Nm^3/h. Det finns ingen statistik tillgänglig på total mängd

rågas till anläggningen per år. Dock är det känt att anläggningen har 8700 driftstimmar per år. Insättning ger:

1) Luftflöde (Nm^3/h) = 486 · 273,15 /(273,15 + 15) = 461 Nm^3/h
2) Metanförlust (%) = 0,01 · 461 / 280 = 0,016 ger 0,016 · 100 = 1,6 %
3) Metanutsläpp (Nm^3/år) = 0,016 · 280 · 8700 = 38 976 Nm^3/år

3.7.5. Kvantifiering av metan i restgas från enkelt genomströmmande vattenskrubber-anläggning

Försök har tidigare genomförts vid Högskolan i Jönköping[35] med att mäta metanhalten i vatten med en METS-sensor men misslyckats pga. störningar av turbulent strömning i vattnet. Genom att istället låta vatten avgasas och samtidigt samla upp den frisläppta gasen kan en uppskattning av metanförlusterna från enkelt genomströmmande vattenskrubberanläggningar fås. Principen bygger på att metan har minskad löslighet i vatten med ökande temperatur, vilket innebär att metan enkelt släpper från vatten vid uppvärmning.

Inom ramen för detta projekt har ett instrument tagits fram för denna typ mätning av metan i utgående vatten. Instrumentet bygger på att ett representativt prov på utgående vatten tas ut i ett slutet rostfritt rör. Röret har en känd totalvolym och luftmängden kan således beräknas som skillnaden mellan rörets volym och volymen vatten i det uttagna provet.

Figur 6. Instrument för mätning av metan i vatten från vattenskrubber. ***Foto: BioMil.***

Vattnet i röret värms sedan upp och gasen samlas upp i gaspåsar kopplade via ventiler och ett spiralformat rör för kondensering av vattenånga. Därefter mäts volymen i gaspåsarna, exempelvis genom nedsänkning i vatten och mätning av undanträngd volym vatten. Denna volym adderas till den beräknade luftvolymen i röret före avgasning och summan utgör totalvolymen gas, V_1.

Ett alternativt sätt att bestämma luftmängden i röret är att, efter avgasning av vattnet, fylla hela röret med vatten och mäta den volym vatten som åtgår för fyllning av röret.

Innehållet i gaspåsarna analyseras med en gaskromatograf för att bestämma halten metan. Genom att multiplicera erhållen metanhalt i gasanalyser med totalvolymen gas, V_1, erhålls volymen avgasad metan. Denna volym räknas sedan om till normalliter eller normalkubikmeter, V_0.

[35] Anderson, Björn & Angélique Montagnier (2002) *Analysis of methane losses in a biogas production plant*, Ingenjörshögskolan i Jönköping.

Det avgasade vattnet innehåller fortfarande en mindre mängd metan. I beräkningen antas att vattnet innehåller metan motsvarande mättnad vid avgasningstemperaturen. Denna halt kan erhållas ur tabelldata eller med löslighetskoefficienten för metan i vatten.

Totalmängden metan, V_M, är summan av V_0 och kvarvarande mängd metan i vattnet och anges i Nl eller Nm³. V_M divideras med volymen avgasat vatten, vilket ger Nm³ metan/m³ utgående vatten.

Exempel:

8 liter vatten får avgasas i röret, som har volymen 12 liter. Detta innebär att luftvolymen i röret är 4 liter. Avgasad volym i gaspåsar är 2 liter, vilket innebär att totalvolymen, V_1, är 6 liter. Analys av gaspåsarnas innehåll ger 2 % metanhalt vilket innebär totalt 0,12 liter metan. Trycket vid volymmätning var 1013 mbar (= normalt lufttryck) och temperaturen var 20 °C. Omräkning av gasvolymen ger 0,112 Nl metan. Temperatur vid avgasning är 20 °C. Vatten som är mättat med metan vid 20 °C och 1013 mbar innehåller 0,034 Nl metan/liter vatten. Detta innebär att det avgasade vattnet innehåller 0,034*8=0,272 Nl metan. Totala metanmängden blir då 0,112+0,272=0,384. Detta innebär 0,384/8 = 0,048 Nl metan per liter vatten, eller 0,048 Nm³ metan per m³ vatten. Vid ett vattenflöde i processen på 25 m³/timma är metanförlusten 0,048·25=1,20 Nm³ metan/timma. Ingående gasflöde till anläggningen är 300 Nm³/timma med en metanhalt på 65 vol-%. Detta innebär 195 Nm³ metan/timma. Förlusten blir 1,20/195·100 = 0,62%.

3.7.6. Kvantifiering av metan i restgas från PSA

I en PSA-anläggning finns vanligtvis fyra adsorptionskolonner. En vakuumpump regenererar kolonnerna från koldioxid och den mindre mängd metan som finns i kolonnerna. Kolonnerna är omväxlande i adsorption och omväxlande i regenereringsfas. Vakuumpumpen regenererar en kolonn under en viss tid (ex. 4 minuter) för att sedan regenerera nästa kolonn. När en kolonn kopplas in för regenerering med vakuumpumpen har restgasen som lämnar anläggningen högst metanhalt och högst flöde i början av regenereringen. Både flöde och metanhalt avtar sedan. Eftersom metanhalt såväl som flöde varierar kan inte metanutsläppet bestämmas genom punktmätning av metan och flöde som med de andra uppgraderingsmetoderna.

Metanutsläpp i restgas från en PSA kan kvantifieras genom att samla upp utgående gas från regenerering av en kolonn, en cykel. I ett examensarbete från 2003 genomfördes mätningar på en PSA-anläggning genom intervallmässig uppsamling av restgas i gassäck och därefter analyserades gasen i en gaskromatograf. Erfarenheter från denna studie säger att gassäcken skall vara så pass stor att utgående restgas från en hel cykel ryms i gassäcken. Notera att adsorptionen medför att gasmolekylerna packas i det fasta materialet och att större volym gas får plats än vad som annars vore möjligt vid en specifik volym och tryck. En grov uppskattning av restgasflödet för dimensionering av säcken kan fås genom att ta subtrahera flödet av rågas från flödet av rengas. När metanhalten i gassäcken är känd, relateras halten till totalmängden restgas från en cykel och därefter till antalet cykler per timme och vidare till antalet drifttimmar per år.

Exempel:

Mängden restgas från en cykel är 2 m^3. Gasanalysen visar på 10 % metanhalt i gassäcken dvs. 0,2 m^3 metan per cykel. Volymen räknas om till normalkubikmeter utifrån aktuell temperatur. Metanförlust i % erhålls genom att ta volymen för en cykel (Nm^3) och multiplicera detta med metanhalten i restgasen och antalet cykler per timma. Detta värde divideras sedan med metanflödet till anläggningen under en timma.

Det finns också möjlighet att placera en metanmätare och en flödesmätare i restgasen för kontinuerlig kontroll över utgående gas. Kostnadsmässigt är denna metod dyrare än ovan nämnda med insamling av restgas i en gassäck. Det skall dock poängteras att användning av en gassäck inte är en helt enkel metod. Dels måste det finnas möjlighet att koppla in säcken och dels möjlighet att koppla om restgasflödet så det leds till säcken och inte ut till luften. Säckens storlek är en annan fråga, då en stor säck kan vara svårhanterlig. Om inte all restgas från tömning av en kolonn ryms i säcken kan gas från olika tidpunkter inom olika cyklar samlas in och resultaten på metanhalt och mängd gas för dessa läggas samman.

3.8. Metoder för åtgärdande av utsläpp

Det förekommer kontinuerligt utsläpp på biogas- och uppgraderingsanläggningar, främst beroende på slitna komponenter. För att minska utsläppen skall flesta möjliga utsläpp åtgärdas inom rimlig verkan. Nedan presenteras förslag på vanliga åtgärder:

På biogasanläggningar är ventiler, framförallt rörliga ventiler samt säkerhetsventiler på rötkammare och efterrötningslager, ofta ett problem. Oönskat utsläpp från ventiler åtgärdas genom att packning och/eller spindeln bytas ut. Tätning runt manluckor och omrörarens axelfästning skall lagas. Vid den fullständiga tömningen av rötkammaren vart femte år finns möjlighet att byta tätningen.

Även på uppgraderingsanläggningar är ventilerna ett återkommande utsläppsobjekt. Flänsförband som sitter på rör med viss rörlighet skall spännas regelbundet. Vad gäller kompressorer är det viktigt med regelbundet underhåll för att minska metanutsläppen.

3.8.1. Metoder för att minska utsläpp från biogasanläggningar

De mest kritiska utsläppsobjekten på en biogasanläggning är de delar som inte är kopplade till anläggningens gassystem men som ändå kan ha ett metanutsläpp. Nedan ges några exempel:

Mottagningstankar och bufferttankar för färskt substrat dimensioneras normalt för mottagning av maximal mängd substrat, dvs den mängd som rötkammaren är dimensionerad för. För att möjliggöra kontinuerlig drift över exempelvis veckoslut och längre helger, krävs att mottagningssystemet har en uppehållstid på ett flertal dygn. Om anläggningen drivs med låg kapacitet kan uppehållstiden i mottagningstankar bli så lång att metanbildning startar. Detta gäller i synnerhet sommartid med hög temperatur.

Om metanbildning uppstår i mottagningstankar, ger detta ett direkt utsläpp av metan från tankarna. Vidare pumpas substrat normalt från mottagningssystemet till hygieniseringstankar där det värms upp och rörs om med omrörare. Detta innebär att metan frigörs i hygieniseringstankarna.

Eventuella utsläpp av metan från en hygieniseringsenhet kan minskas genom att hygieniseringstankarna kopplas till anläggningens gassystem.

Från hygieniseringen pumpas substratet till rötkammaren, i vissa fall mellanlandar substratet i en buffert- eller blandningstank som är förbunden med anläggningens ventilationssystem. Under ogynnsamma förhållanden, såsom för lång uppehållstid i blandningstank eller vid återföring av processvätska för spädning, kan metanbildningsprocessen påbörjas i blandningstanken. För att minska metanförlusten bör temperaturen i blandningstanken vara konstant låg, under 17 °C, lägre än vad metanbildarna kräver. Även spädning med processvätska med högt innehåll av mikroorganismer bör undvikas.

Säkerhetsventilen på rötkammarens topp skall öppna vid övertryck i rötkammaren. Vid tillfällen då en säkerhetsventil öppnar oftare än nödvändigt bör trycket i rötkammaren ses över.

Efter rötkammaren fortsätter metanbildningsprocessen i rötresten. För tillvaratagande av den efterproducerade biogasen i rötresten är det viktigt att lagringen sker i gastäta behållare. För de anläggningar som har en öppen hantering av rötrest, både fast och flytande, finns två metoder för vidare utsläppsminskning. Ett alternativ är att bygga in hanteringen i ett slutet utrymme samt koppla denna till anläggningens gassystem. Om möjligheter inte finns till sluten hantering kan rötrestens uppehållstid i efterrötningslagret ökas, under förutsättning av lagret är gastätt. Ytterligare ett sätt att säkerställa att metanproduktionen i rötresten har avtagit är att sänka rötrestens temperatur, eftersom metanproduktion avtar under 17 °C. Detta kan ske genom värmeväxling/värmepump eller genom inblandning av en kall materialmängd. Metanbildningsprocessen kan även hämmas genom tillsats av syre t.ex. genom regelbunden omrörning i lagret.

För att få lägsta möjliga utsläpp vid fackling av överskottsgas rekommenderas en högtemperaturfackla[36], vilket innebär att den har en hög förbränningstemperatur. Ytterligare ett sätt att minska metanutsläpp vid fackling är att utnyttja en reglerbar fackla så att onödig mängd gas inte facklas. Metanutsläpp kan också uppstå om omblandningen mellan gas och luft är felaktig.

3.8.2. Metoder för att minska utsläpp från uppgraderingsanläggningar

Visar inventeringen av uppgraderingsanläggningen för höga metanförluster genom restgasen från anläggningen bör det primära vara att försöka justera anläggningen, se avsnittet nedan. Om inte det ger tillräckligt resultat kan metoder för destruering av restgasen övervägas, se exempel nedan.

Justering av anläggning

I en uppgraderingsanläggning med vattenskrubberteknik avskiljs koldioxid genom tryckvattenabsorption. Principen bygger på att koldioxid har högre löslighet i vatten än metan. Avskiljningen sker genom att trycksatt rågas tillförs botten av en absorptionskolonn och möter motströms vatten som pumpas in från toppen. Genom att inte driva absorptionen av koldioxid i skrubbertornet för långt kommer också mindre mängd metan att absorberas. Ur ett metanförlustperspektiv är det mer fördelaktigt med 96 % metan än 98 % i rengasen. Det metan som finns absorberat i utgående absorptionsvatten behandlas sedan i en flashtank genom trycksänkning så att metan desorberas.

Beroende på typ av vattenskrubberanläggning skiljer sig sedan resterande moment åt. För en recirkulerande vattenskrubber fortsätter vattnet till en desorptionskolonn. Vid hög metanförlust i utgående restgas från desorptionskolonnen bör trycket i flashtanken sänkas. Om detta inte är tillräckligt bör anläggningens inställningar ses över så att dessa stämmer med dimensioneringen. För en enkel genomströmmande vattenskrubberanläggning går vattnet till recipient. Vid hög metanförlust i utgående vatten gäller samma åtgärder som för en recirkulerande vattenskrubber.

I en PSA-anläggning avskiljs koldioxid genom adsorption på aktivt kol eller zeoliter. Processen består vanligtvis av fyra trycksatta kolonner som arbetar cykliskt i förhållande till varandra. Växling mellan cykelns olika förlopp, adsorption och desorption (undertryck, tryckutjämning och utblåsning) sker med hjälp av ett tidsinställt ventilsystem. Kolonnerna regenereras genom stegvis trycksänkning, där de adsorberande molekylerna släpper från adsorptionsmaterialet. De adsorberande molekylerna är huvudsakligen koldioxid samt en liten mängd

[36] Svenska Gasföreningen, *Anvisningar för utförande av biogasanläggningar*, BGA 05, 2005. s 47.

metan. Slutregenerering sker med vacuumpump och restgasen från detta steg innehållet en mindre mängd metan, varför antalet slutregenereringstillfällen bör minskas. Genom att justera anläggningens tidsinställda ventilsystem och därmed öka mättnadsgraden i adsorptionskolonnerna så kan antalet slutregenereringstillfällen minskas. Det är även möjligt att leda restgasen till en gaspanna för förbränning, se Destruering av restgas nedan.

I en uppgraderingsanläggning med kemisorption är metanförlusten i normaldrift redan liten eftersom absorbenten (någon typ av amin) är selektiv för bl.a. koldioxid samt det låga arbetstrycket. Kemisorption medför att koldioxidavskiljning förbättras i förhållande till förutnämnda uppgraderingstekniker. Genom att anläggningens inställningar överensstämmer med dimensionering bör metanförlusten hållas fortsatt låg.

Destruering av restgas

För uppgraderingstekniker som erhåller restgasen i en gasström finns möjlighet att oxidera och på så sätt destruera metanet. Eftersom metanhalten i restgasen är låg kan inte en självuppehållande förbränning äga rum i en konventionell gaspanna, med enbart restgasen som bränsle. För metan är den undre explosionsgränsen, det vill säga den undre gränsen för antändning och självuppehållande förbränning 5,3 vol-% i luft. Om restgasen skall förbrännas i en vanlig gaspanna krävs stödbränsle, exempelvis biogas. I recirkulerande vattenskrubberanläggningar finns restgasen utspädd i en stor luftvolym. En möjlighet är att använda denna luft som förbränningsluft till en gaspanna. Problematiken här ligger ofta i att restgasen har större flöden än vad som krävs som förbränningsluft till pannan för uppvärmning av biogasanläggningen, varmed detta i realiteten inte är aktuellt. Förbränning av restgasen från PSA-anläggningar i gaspanna lämpar sig bättre, då restgasen här inte är utspädd med luft.

Förutom en konventionell panna så finns även andra metoder för att oxidera metanet, oxideringen kan antingen ske termiskt, katalytiskt eller biologiskt. Idag (2006) finns inga exempel på termisk eller katalytisk destruering av metanet i restgasen från uppgraderingsanläggningar i Sverige. På några anläggningar leds restgasen genom biologiska filter. Till vilken grad metanet här oxideras är svårt att bestämma. Metoder för att oxidera metan genom termisk oxidation, flamlös oxidation och katalytisk oxidation beskrivs här. Samtliga av dessa metoder är relativt kostsamma och investeringskostnaden ligger i storleksordningen av en halv till en miljon kronor.

Regenerativ termisk oxidation (RTO)

Vid regenerativ termisk oxidation av metan används en bädd med keramiskt material. För att starta processen värms bäddens mitt upp till 950 °C med elvärmare. Restgasen leds därefter in i bädden. Gasen värms upp av det keramiska materialet och metan oxideras med syre till koldioxid och vatten. När avgaserna leds ut ur bädden avger de värme till det keramiska materialet. Den varmaste zonen i bädden förskjuts i flödets riktning. För få hög verkningsgrad på värmeutbytet och inte överhetta materialet vänds flödet åt andra hållet efter en tid. Detta är den regenerativa principen; att energi från avgaserna lagras i materialet för att sedan användas för att värma inkommande gasström.

Systemet möjliggör reducering av metan med 98 %. Uppvärmning med el krävs för att starta systemet. För att processen därefter skall vara självgående krävs en metanhalt på 0,1-0,2 vol-%. Sjunker metanhalten under detta värde krävs tillskott av energi i form av el eller gas. Metanhalten får max vara 25 % av undre explosionsgränsen det vill säga ca 1,3 % metan. Finns det risk för att metanhalten överskrider denna gräns vid vissa tillfällen kan gasen spädas med luft.[37] Tillsats av luft krävs alltid om restgasen inte innehåller luft (ex. restgas från PSA). Finns svavelväte i restgasen oxideras det till svaveldioxid, SO_2.

[37] The Vocsidizer Principle, presentation från MEGTEC Systems AB, erhållen av Hans Elmeklo 2006-06-02.

Metoden med regenerativ termisk oxidation är välkänd och används bland annat inom industri för oxidering av flyktiga organiska kolväten (VOC) i processluft, eller för oxidering av metan vid utvinning av kol i gruvor. I dessa processer handlar det vanligtvis om stora volymflöden som 1000 till 110 000 Nm^3 per timme. Metoden kan dock även användas för mindre flöden. Under 2006 kommer troligtvis en uppgraderingsanläggning med recirkulerande vattenskrubber förses med denna metod för destruering av metan i restgasen. Anläggningen är dimensionerad för 500 Nm^3/h restgas, men klarar även lägre last som ned till 250 Nm^3/h.

Flamlös oxidation (FLOX)
Flamlös oxidation bygger på att förbränningsluften värmeväxlas mot avgaserna via ett keramiskt material. I det keramiska materialet passerar omväxlande luft och avgaser, vilket ger regenerativ värmeväxling. Den kraftiga förvärmningen av förbränningsluften gör att självuppehållande förbränning kan fås med ett bränsle med lägre värmevärde än vad som annars är möjligt. Biogas används för att starta brännaren med flamma. När tillräcklig temperatur uppnås övergår brännaren i FLOX-läge och restgasen förbränns tillsammans med luft vid 950 °C. Biogas används enbart till att starta brännaren, i övrigt skall förbränningen fungera enbart med restgas. I princip all metan som finns i restgasen oxideras i brännaren. Avgaserna kan användas för att värma vatten som kan användas som en del av uppvärmningen av biogasanläggningen.

Katalytisk oxidation
Ett annat sätt som kan användas för att destruera metanet i restgasen är katalytisk oxidation, där oxidering av metan sker på katalysatorns yta. Katalysatorn sänker reaktionens aktiveringsenergi. Detta medför att metan kan oxidera vid lägre temperatur och att därmed lägre halt metan krävs för en självuppehållande förbränning. Det aktiva ämnet i katalysatorn kan bestå av platina (Pt), palladium (Pd) eller koboltoxid. Precis som för tidigare beskrivna metoder krävs tillskott av energi i form av el eller stödbränsle för att uppnå initiala förhållanden. För att processen därefter skall vara självgående krävs en metanhalt på 0,25 vol-%. Materialet kan skadas av svavelväte, vilket måste beaktas. Den katalytiska oxideringen reducerar halten metan med över 90-95 %, beroende på mängden katalysator.[38]

[38] Christian Hultberg, Catator, e-brev 4 augusti 2006.

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

INFORMATION	Enligt Avfall Sverige:s Frivilliga åtagande om inventering av utsläpp på biogasanläggning skall en inventering av utsläpp genomföras vart tredje år. Vid inventeringen ska resultaten nedtecknas i detta inventeringsprotokoll.
ANVISNINGAR	Inventering av biogasanläggning med fokus på metanutsläpp skall ske enligt anvisningar nedan. I den första kolumnen återfinns en lista över utsläppsobjekt som bör inventeras. I slutet av listan finns tomma fält som ger möjlighet till införande av ytterligare utsläppsobjekt relaterade till den specifika anläggningen. Sammanställning av inventering och ifyllnad av inventeringsprotokollet sker på följande sätt: 1. Markera i andra kolumnen om objektet finns eller ej för inventering. 2. Markera i tredje kolumnen det tidsintervall med vilket läcksökningskontroll sker av objekt (d=dag, v=vecka, m=månad, å=år) 3. Genomför läcksökning av utsläppsobjekt 4. Markera i fjärde kolumnen om metanutsläpp upptäckts. 4. Om Ja markerats i fjärde kolumnen, ange typ av åtgärd i femte kolumnen. 5. Som åtgärder finns antingen direkt åtgärd som innebär att metanutsläppen kan åtgärdas direkt* eller kvantifiering av utsläpp i avvikelserapport. Det senare skall utföras av en mätkonsult. *inom en rimlig uppskattad tid. Exempelvis skall otäta ventiler, säkerhetsventiler och flänsförband tätas snarast.

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange om objektet finns för inventering		3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Finns	Finns ej	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
VENTILATIONSSYSTEMET										
I luftutsläpp efter kompostfilter										
I rör mellan mottagningshall och kompostfilter										
I rör mellan mottagningstank och kompostfilter										
I rör mellan hygienisering och kompostfilter										
FÖRBEHANDLING										
I avlastningsficka										
Vid öppning av soppåsar										
Sortering av inkommande avfall										
Såll										
Transportband till mottagningstank										
Manuellt matningssystem till mottagningstank										
HYGIENISERING										
Kopplat till gassystem: ventiler på gasledning										
Lucka på toppen av tanken										
BLANDNINGSTANK										
I avluftningen										
RÖTKAMMARE										
Säkerhetsventil										
Vattenlås och uppsamlingstank										

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange om objektet finns för inventering		3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Finns	Finns ej	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
Dynamiska ventiler										
Statiska ventiler										
Taket										
I tätningslisten på takplacerade luckor (ex. manlucka)										
Övergången mellan vägg och tak										
Bräddavlopp										
AVVATTNINGSSYSTEM										
I toppen på avvattningskolonnen										
Öppen hantering t.ex. siktning										
RÖTRESTLAGER										
Säkerhetsventil på rötresttank										
Vattenlås på rötresttank										
Dynamiska ventiler på rötresttank										
Statiska ventiler på rötresttank										
Taket på rötresttank (speciellt om det är ett betongtak)										
I tätningslisten på takplacerade luckor (ex. manlucka)										
Övergången mellan vägg och tak										
Bräddavlopp										
Lager för flytande rötrest										
Lager för fast rötrest										

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange om objektet finns för inventering		3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Finns	Finns ej	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
KONDENSVATTENSYSTEM										
Kondenskärl/kondensbehållare										
Kondensvattenbrunn										
GASKLOCKA										
Flytande gasklocka: taket										
Flytande gasklocka: i kant mellan vägg och tak										
Dubbelmembran gasklocka: vid luftutlopp										
GASFACKLA										
Ventiler på rör ovan mark till fackla										
Flänsförband på rör ovan mark till fackla										
GASUTRUSTNINGSRUM										
Slamfälla/or										
Gasfilter										
Kompressor										
Gasbooster										
Dynamiska ventiler										
Statiska ventiler										
Säkerhetsventil										
Vattenlås										
Flänsförband på rörliga rör										

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange om objektet finns för inventering		3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Finns	Finns ej	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
Analysinstrument										
Utgående analyserad gas										
ÖVRIGA UTSLÄPPSPUNKTER										

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Inventering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning

INFORMATION	Enligt Avfall Sverige:s Frivilliga åtagande om inventering av utsläpp på uppgraderingsanläggningar skall en inventering av utsläpp genomföras vart tredje år. Vid inventeringen ska resultaten nedtecknas i detta inventeringsprotokoll.
ANVISNINGAR	Inventering av uppgraderingsanläggning med fokus på metanutsläpp skall ske enligt anvisningar nedan. I den första kolumnen återfinns en lista över utsläppsobjekt som bör inventeras. I slutet av listan finns tomma fält som ger möjlighet till införande av ytterligare utsläppsobjekt relaterade till den specifika anläggningen. Sammanställning av inventering och ifyllnad av inventeringsprotokollet sker på följande sätt: 1. Markera i andra kolumnen om objektet finns eller ej för inventering. 2. Markera i tredje kolumnen det tidsintervall med vilket läcksökningskontroll sker av objekt (d=dag, v=vecka, m=månad, å=år) 3. Genomför läcksökning av utsläppsobjekt 4. Markera i fjärde kolumnen om metanutsläpp upptäckts. 4. Om Ja markerats i fjärde kolumnen, ange typ av åtgärd i femte kolumnen. 5. Som åtgärder finns antingen direkt åtgärd som innebär att metanutsläppen kan åtgärdas direkt* eller kvantifiering av utsläpp i avvikelserapport. Det senare skall göras av en mätkonsult. *inom en rimlig uppskattad tid. Exempelvis skall otäta ventiler, säkerhetsventiler och flänsförband tätas snarast.

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering:	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange antalet (styck)	3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Antal	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
RÖRLIGA KOMPONENTER (i skakiga utrymme alternativ regelbunden rörelse)									
Reglerventiler på rörlig gasledning									
Handventiler på rörlig gasledning									
Flänsförband på rörlig gasledning									
Kompressorer									
ICKE RÖRLIGA KOMPONENTER									
Reglerventiler på icke rörlig gasledning									
Ventiler på inkommande rågasledning									
Handventiler på icke rörlig gasledning									
Flänsförband på icke rörlig gasledning									
Gasanalysutrustning									
Säkerhetsventil									

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	
Datum för inventering:	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Ange antalet (styck)	3. Ange typ av tidsintervall för kontroll				4. Ange om metanutsläpp upptäckts		5. Ange typ av åtgärd	
	Antal	d	v	m	å	JA	NEJ	Åtgärdas direkt	Kvantifiering
Ventilation									
RESTGAS									
Utlopp för restgas									

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Inventering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn			Datum
Kontaktperson	Telefon	E-post	

AVVIKELSERAPPORT

Identifierat utsläppsobjekt			
Beskrivning av utsläpp			
Utsläppets tidsintervall			
Kontinuerligt	*Ofta*	*Ibland*	*Sällan*
Metanhalt i utsläpp (vol-%)			
Beräknad kvantifiering av utsläpp (Nm^3 CH_4/år)			
Förslag på åtgärd			

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Inventering av metanutsläpp från uppgraderingsanläggning

Anläggningsnamn			Datum
Typ av uppgraderingsteknik			
Kontaktperson	Telefon	E-post	

AVVIKELSERAPPORT

Identifierat utsläppsobjekt			
Beskrivning av utsläpp			
Utsläppets tidsintervall			
Kontinuerligt	*Ofta*	*Ibland*	*Sällan*
Metanhalt i utsläpp (vol-%)			
Beräknad kvantifiering av utsläpp (Nm^3 CH_4/år)			
Förslag på åtgärd			

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Kvantifiering av metanutsläpp på biogasanläggning

INFORMATION	Genom anslutning till Avfall Sverige:s Frivilliga åtagande om inventering av metanutsläpp på biogasanläggning skall en inventering göras vart tredje år. Utsläpp som identifieras, men som inte kan åtgärdas direkt ska kvantifieras. Kvantifieringen ska utföras av en mätkonsult och sammanställningen skall ske enligt nedan givna anvisningar.
ANVISNINGAR	Sammanställning av resultaten från kvantifiering sker på följande sätt: 1. I första kolumnen anges utsläppsobjekt som ska kvantifieras. Kolumnen kompletteras så den innefattar alla utsläppsobjekt som markerats med kvantifiering i inventeringsprotokollet. 2. I kolumn två anger mätkonsulten de kvantifierade värdena för respektive utsläppsobjekt (Nm^3/år). 3. Utvärdering av resultat görs sist i rapporten. Summan av utsläpp (Nm^3/år) skall ges automatiskt när kolumn två fyllts i. Mätkonsulten ska ange totalt metanflöde för anläggningen. Det kan beräknas som årlig produktion multiplicerat med metanhalt i rågasen. När totalt metanflöde fyllts i erhålls totala metanförluster för anläggningen i procent. 4. Personal vid anläggningen ska göra en sista komplettering av kvantifierinsprotokollet innan det skickas till Avfall Sverige. I kolumn tre anges vilka åtgärder som planeras för de utsläpp som kvantifierats. Därefter anges längst ned i kolumn två uppskattad förlust från anläggningen när de planerade åtgärderna har genomförts. Vid nästa inventering görs en avstämning mot detta värde.

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Kvantifiering av metanutsläpp på biogasanläggning

Anläggningsnamn:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Kvantifiering av utsläpp	3. Planerad åtgärd
	CH_4 Nm^3/år	
Ventilation		
Gasutrustningsgrum		
Rötrestlager		
Övrigt		
Summa utsläpp CH_4 (Nm^3/år)	0	
Totalt metanflöde i anläggning (Nm^3/år)		
Metanförlust (%)	#Division/0!	
Mål metanförlust (%)		

Härmed intygas att inventering och kvantifiering enligt föreskrivna riktlinjer i Frivilligt åtgande har ägt rum

Datum	Namnteckning

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

Kvantifiering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning

INFORMATION	Genom anslutning till Avfall Sverige:s Frivilliga åtagande om inventering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning skall en inventering göras vart tredje år. Utsläpp som identifieras, men som inte kan åtgärdas direkt ska kvantifieras. Kvantifieringen ska utföras av en mätkonsult och sammanställningen skall ske enligt nedan givna anvisningar.
ANVISNINGAR	Sammanställning av resultaten från kvantifiering sker på följande sätt: 1. I första kolumnen anges utsläppsobjekt som ska kvantifieras. Kolumnen kompletteras så den innefattar alla utsläppsobjekt som markerats med kvantifiering i inventeringsprotokollet. 2. I kolumn två anger mätkonsulten de kvantifierade värdena för respektive utsläppsobjekt (Nm^3/år). 3. Utvärdering av resultat görs sist i rapporten. Summan av utsläpp (Nm^3/år) skall ges automatiskt när kolumn två fyllts i. Mätkonsulten ska ange totalt metanflöde för anläggningen. Det kan beräknas som årlig produktion multiplicerat med metanhalt i rågasen. När totalt metanflöde fyllts i erhålls totala metanförluster för anläggningen i procent. 4. Personal vid anläggningen ska göra en sista komplettering av kvantifierinsprotokollet innan det skickas till Avfall Sverige. I kolumn tre anges vilka åtgärder som planeras för de utsläpp som kvantifierats. Därefter anges längst ned i kolumn två uppskattad förlust från anläggningen när de planerade åtgärderna har genomförts. Vid nästa inventering görs en avstämning mot detta värde.

FRIVILLIGT ÅTAGANDE

AVFALL SVERIGE

Kvantifiering av metanutsläpp på uppgraderingsanläggning

Anläggningsnamn:	
Uppgraderingsteknik:	
Kontaktperson:	
Telefon:	
E-post:	

1. Eventuellt utsläppsobjekt	2. Kvantifiering av utsläpp	3. Planerad åtgärd
	CH_4 Nm^3/år	
Restgas		
Ventilation		
Övrigt		
Summa utsläpp CH_4 (Nm^3/år)	0	
Totalt metanflöde i anläggning (Nm^3/år)		
Metanförlust (%)	#Division/0!	
Mål metanförlust (%)		

Härmed intygas att inventering och kvantifiering enligt föreskrivna riktlinjer i Frivilligt åtgande har ägt rum

Datum	Namnteckning

AVFALL SVERIGE

Frivilligt åtagande om inventering av utsläpp

Biogasanläggning

Avfall Sverige har initierat ett system med frivilligt åtagande om inventering av utsläpp från biogasanläggningar. Det finns fyra starka skäl till att minimera utsläppen från anläggningarna, dessa är säkerhetsaspekter, klimatpåverkan, luktproblematik och ekonomi.

Åtagandet innebär följande:

- inventering och kvantifiering av utsläpp av metan från anläggningen vart tredje år,
- första inventeringen skall vara genomförd 2007-12-31, ansluter sig anläggningen till systemet senare skall den första inventeringen vara genomförd innan nästa 31 december,
- för utsläpp som inte åtgärdas direkt skall en kvantifiering göras,
- dokumentation i form av kvantifieringsprotokoll och avvikelserapporter skall skickas till Avfall Sverige senast en månad efter inventeringen skall vara genomförd, dvs. senast den siste januari.

Avfall Sverige hanterar dokumentationen konfidentiellt. Utifrån materialet görs en sammanställning av hur situationen med utsläpp ser ut generellt för branschen.

Information om inventeringsprotokoll, vilka instrument som kan användas, samt exempel på metoder för att reducera utsläpp framgår av rapporten *Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas och uppgraderingsanläggningar* . Om anläggning inte längre vill delta i systemet skall det meddelas till Avfall Sverige.

Vi ansluter oss till detta system:

Anläggning:_____

Ort: _____

Verksamhetsutövare: _____

Datum: _____

Undertecknas av driftsansvarig: _____

Namnförtydligande: _____

AVFALL SVERIGE

Frivilligt åtagande om inventering av utsläpp

Uppgraderingsanläggning

Avfall Sverige har initierat ett system med frivilligt åtagande om inventering av utsläpp från uppgraderingsanläggningar. Det finns fyra starka skäl till att minimera utsläppen från anläggningarna, dessa är säkerhetsaspekter, klimatpåverkan, luktproblematik och ekonomi.

Åtagandet innebär följande:

- inventering av utsläpp av metan från anläggningen vart tredje år,
- första inventeringen skall vara genomförd 2007-12-31, ansluter sig anläggningen till systemet senare skall den första inventeringen vara genomförd innan nästa 31 december,
- för utsläpp som inte åtgärdas direkt skall en kvantifiering göras,
- dokumentation i form av kvantifieringsprotokoll och avvikelserapporter skall skickas till Avfall Sverige senast en månad efter inventeringen skall vara genomförd, dvs. senast den siste januari.

Avfall Sverige hanterar dokumentationen konfidentiellt. Utifrån materialet görs en sammanställning av hur situationen med utsläpp ser ut generellt för branschen.

Information om inventeringsprotokoll, vilka instrument som kan användas, samt exempel på metoder för att reducera utsläpp framgår av rapporten *Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas och uppgraderingsanläggningar*. Om anläggning inte längre vill delta i systemet skall det meddelas till Avfall Sverige.

Vi ansluter oss till detta system:

Anläggning:_____

Ort: _____

Verksamhetsutövare: _____

Datum: _____

Undertecknas av driftsansvarig: _____

Namnförtydligande: _____

Strömningsberäkning

Om det inte är möjligt att samla upp gas från en läcka, t ex beroende på att sprickan är lång och att det inte är möjligt att ansluta en säck så att anslutningen blir gastät, kan en uppskattning av läckageflödet göras med en strömningsberäkning. Gasen strömmar ut genom sprickan på grund av att trycket inne i behållaren är högre än det omgivande trycket. Flödeshastigheten beror på tryckskillnaden, sprickans storlek och tryckfallet genom sprickan.

Denna beräkning är svår att utföra eftersom ett stort antal parametrar ingår och flera av dessa är svåra att bestämma. Följande parametrar ingår i en strömningsberäkning:

- gasens densitet
- gasens viskositet
- gasens verkliga hastighet genom sprickan
- sprickans längd
- sprickans hydrauliska diameter
- en faktor som beskriver materialets skrovlighet
- motståndskoefficienten, som är summan av i sprickan ingående motstånd i form av vindlingar (detta kallas ”summa engångsmotstånd” vid ”normala” tryckfallsberäkningar)

Vid beräkning av strömning i ett rör påverkas tryckfallet framförallt av rörets längd och diameter, samt skrovligheten på materialet. Engångsmotstånd, eller motståndskoefficienter, erhålls vid in- och utströmning, samt genom rörböjar, ventiler och motsvarande, men ger vanligtvis endast en mindre påverkan på tryckfallet. Vid läckage genom ett cirkulärt hål i ett tunt material, som exempelvis ett stålrör, påverkas tryckfallet huvudsakligen av engångsmotstånd i form av in- och utströmningsmotstånd.

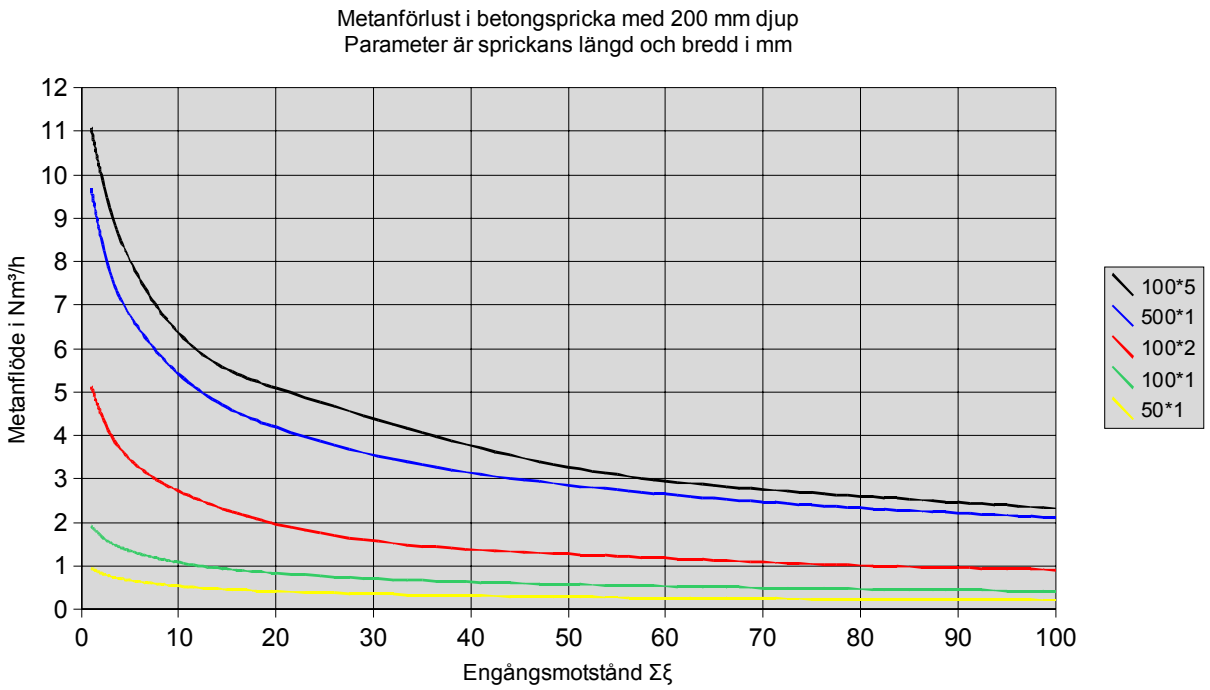
En spricka i en betongtank måste betraktas i alla tre dimensionerna längd, bredd och djup. Djupet kan bestämmas entydigt till betongelementets tjocklek, medan längd och bredd normalt endast kan mätas på utsidan av betongtanken.

Vid tryckfallsberäkningar används den s k hydrauliska diametern, $H_d = 4 \cdot$ ytan/omkretsen, för att beskriva tvärsnittet på ”röret”. För ett cirkulärt rör eller hål blir den hydrauliska diametern densamma som diametern på tvärsnittet, medan den hydrauliska diametern för en rektangel är $2 \cdot L \cdot B/(L+B)$, där L=längd och B=bredd.

Ytan av en spricka kan betraktas som en smal rektangel där L=sprickans längd och B=sprickans bredd. Dessa två är dock mycket svåra att mäta eftersom de varierar mellan in- och utsida av betongen och endast utsidan kan mätas. Vidare betraktas sprickan som ett kort ”rör” vid strömning genom den. Skrovligheten i en spricka är så stor att den inte kan behandlas som normal råhet på ytan av ett rör. De upphöjningar och gropar som utgör råhet i exempelvis ett betongrör är flera storleksordningar mindre än rörets diameter, medan de i fallet med en spricka oftast är lika stora eller större än sprickans hydrauliska diameter. Detta innebär att skrovligheterna måste betraktas som krökar och böjar i ”sprickröret”. Vid tryckfallsberäkning utgör dessa krökar s k engångsmotstånd enligt beskrivning ovan. Eftersom det inte är möjligt att mäta sprickans egenskaper och utseende mellan in- och utsida, kan inte antalet engångsmotstånd i form av ”krökar” bestämmas. Ett närmevärde skulle kunna ansättas genom erfarenhetsmätningar på verkliga sprickor, med antagandet att sprickor i betong har ett relativt enhetligt utseende.

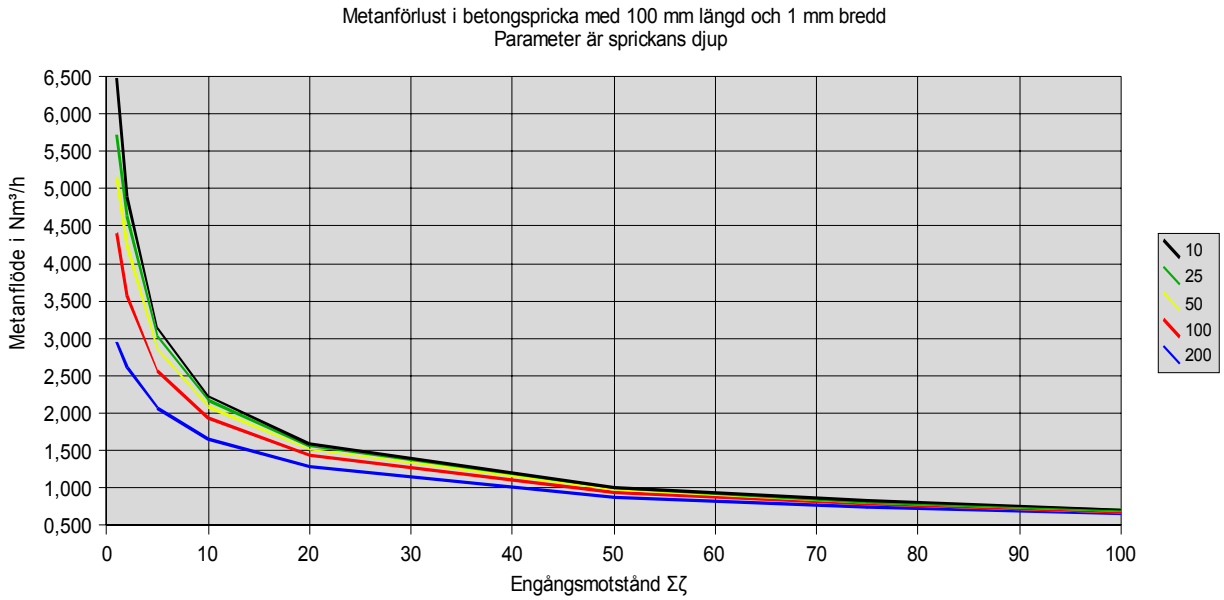
I nedanstående diagram har läckflödet av metan genom en spricka beräknats som en funktion av summan av engångsmotstånd i sprickan, dels vid ett givet djup på sprickan med sprickans längd och bredd som parametrar, dels med sprickans djup som parameter vid en given längd och bredd.

Beroende på motståndskoefficienten varierar flödet av metan, se figur 1. Ju högre motstånds-koefficient, desto lägre flöde genom sprickan. Oberoende av motståndskoefficienten påverkas flödet även av ökad längd respektive bredd på sprickan. Uppskattningsvis är koefficienten för engångsmotstånd i en spricka hög, närmare 100 än 1, vilket innebär relativt låga metanförlus-ter i sammanhanget.



Figur 1. Metanflöde i betongspricka med olika längd och bredd vid 200 mm djup.

Metanflödet genom en betongspricka är också beroende av sprickans djup, vilket åskådliggörs i figur 2. Ju djupare sprickvägg, desto lägre metanflöde i förhållande till koefficienten för en-gångsmotstånd. Som en ansats kan det antas att summan av alla engångsmotstånd har värdet 25 per 100 mm sprickdjup för betong. Denna siffra är dock inte empiriskt belagd utan mät-ningar med uppsamling i plastsäck skulle behöva utföras på ett antal sprickor för att dels utrö-na om det är möjligt att använda denna beräkningsmetod, dels att i så fall bestämma ett värde på motståndskoefficienten, dvs summan av engångsmotstånd. Som jämförelse kan nämnas att engångsmotståndet för inströmning i ett rör är cirka 0,5.



Figur 2. Metanflöde i given betongspricka beroende på sprickans djup.

SGC Svenskt Gastekniskt Center AB

Scheelegatan 3, 212 28 Malmö ● Tel 040-680 07 60 ● Fax 040-680 07 69
www.sgc.se ● info@sgc.se