

# Mäthandbok

## Egenkontroll Metanemissioner

*EgMet rapport nr 2:2025*



# Förord

Både vid produktion av biogas (rågas) och uppgradering av biogas kan det ske utsläpp av framför allt metan. Eftersom metan är en kraftig växthusgas är det viktigt att så långt som möjligt minimera metanutsläppen. Det är givetvis också viktigt för anläggningarna att minimera utsläppen eftersom biogasen (metanet) genererar en inkomst. Ur tillståndssynpunkt finns det också ett intresse av att mäta och minimera utsläpp eftersom det blivit praxis att ange gränsvärde för utsläpp av metan, ofta kopplat till procent av produktionen.

2011 publicerades den första utgåvan av ”Handbok metanmätningar” (Avfall Sverige rapport B2011:01), vilken uppdaterades 2016 (Avfall Sverige rapport 2016:17), som idag är ett viktigt dokument för beräkning och mätning av metanemissioner från svenska biogasanläggningar. Det hänvisas till denna rapport från den svenska gasbranschens beräkningsverktyg för hållbarhetskriterier samt vid mätningar som genomförs inom Avfall Sveriges och Svenskt Vattens system EgMet – Egenkontroll metanemissioner.

Denna utgåva nr 3 utgör den andra rapporten i en egen EgMet rapportserie. Arbetet med omarbetningen har utförts av Magnus Holmgren (dåvarande RISE AB), Johan Yngvesson (Industrinytta Norden AB) och Anders Magnusson (Nitoves AB).

*Magnus Holmgren*

*EgMet Kansli*

*Juni 2025*

# Sammanfattning

I biogasanläggningar, där det sker biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränslekvalitet, kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framför allt fyra skäl till varför dessa utsläpp ska minimeras. Dessa är säkerhet, miljö, närmiljö och ekonomi.

I denna handbok samlas erfarenheter från flera års arbete med mätning av metanutsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar. Detta arbete har utförts inom ramen för Avfall Sveriges system Egenkontroll metanutsläpp – Frivilligt åtagande samt efterföljande system Egenkontroll Metanemissioner (EgMet) som är ett samarbete mellan Avfall Sverige och Svenskt Vatten.

Syftet med handboken är att standardisera metoder och tillvägagångssätt då metanmätningar utförs, så att resultaten blir jämförbara mellan olika utförare. Den huvudsakliga målgruppen med handboken är mätkonsulter som utför sådana mätningar, men även till anläggningspersonal som bedriver egenkontroll genom läcksökning.

Beräkningsmallar i Excel är en del av handboken, vilket ytterligare bidrar till att mätningarna utvärderas på ett standardiserat sätt.

Handboken innehåller också ett kapitel som i huvudsak riktar sig till anläggningspersonal, där genomförandet av noggrann läcksökning beskrivs, samt där det finns tips om ett system med s.k. mellanliggande kontroller för att upptäcka läckor i tid.

Detta är utgåva tre av handboken, där handboken genomgått mindre revisioner och de tillhörande beräkningsmallarna i Excel har genomgått stora revisioner.

# Innehåll

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Förord.....                                              | 0  |
| Sammanfattning.....                                      | 2  |
| 1. Inledning.....                                        | 5  |
| 1.1 Syfte och mål.....                                   | 6  |
| 1.2 Metod .....                                          | 7  |
| 1.3 Avgränsningar .....                                  | 7  |
| 2. Definitioner .....                                    | 8  |
| 3. Bakgrund .....                                        | 9  |
| 3.1 Biogas .....                                         | 9  |
| 3.2 Metan, CH <sub>4</sub> .....                         | 9  |
| 3.3 Rötning .....                                        | 9  |
| 3.4 Uppgradering.....                                    | 10 |
| 4. Mätmetoder och mätutrustning .....                    | 10 |
| 4. 1 Metanhalt .....                                     | 10 |
| 4.1.1 FID med Cutter .....                               | 11 |
| 4.1.2 Påsprover .....                                    | 12 |
| 4.1.3 Läcksokningsinstrument .....                       | 12 |
| 4.1.4 Metan i vatten.....                                | 13 |
| 4.2 Ventilationsflöde.....                               | 14 |
| 4.2.1 Flödet i ett rör .....                             | 14 |
| 4.2.2 Ventilationsöppning.....                           | 15 |
| 4.2.3 Fläktdata .....                                    | 17 |
| 4.2.4 Schablon.....                                      | 18 |
| 4.3 Huvmätning .....                                     | 19 |
| 4.4 Utspädningsprovtagning .....                         | 19 |
| 4.5 Andra gaser .....                                    | 20 |
| 5 Utsläppspunkter .....                                  | 21 |
| 5.1 Samrötningsanläggningar- och avloppsreningsverk..... | 21 |
| 5.2 Uppgraderingsanläggningar .....                      | 23 |
| 6 Genomförande.....                                      | 24 |
| 6.1 Anläggningsdata.....                                 | 24 |
| 6.2 Bestämning av metanförlust.....                      | 25 |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 6.3 Ventilationsluft .....                                      | 25 |
| 6.3.1 Ventilationsrör .....                                     | 26 |
| 6.3.2 Ventilationsöppning .....                                 | 27 |
| 6.4 Tankar .....                                                | 28 |
| 6.5 Analysinstrument .....                                      | 29 |
| 6.6 Restgas från uppgraderingsanläggning .....                  | 29 |
| 6.6.1 Recirkulerande vattenskrubber .....                       | 30 |
| 6.6.2 Enkelt genomströmmande vattenskrubber .....               | 30 |
| 6.6.3 PSA .....                                                 | 32 |
| 6.6.4 Kemisk skrubber .....                                     | 33 |
| 6.6.5 Membranteknik .....                                       | 34 |
| 6.6.6 Kryogen teknik .....                                      | 34 |
| 6.7 Rötrestlager .....                                          | 35 |
| 6.8 Läckage .....                                               | 36 |
| 6.9 Bestämning av metanförlust med läcksökningsinstrument ..... | 36 |
| 6.10 Kalibrering av fast installerad mätutrustning .....        | 37 |
| 7. Beräkningsformler .....                                      | 38 |
| 7.1 Momentana utsläpp .....                                     | 38 |
| 7.2 Årliga utsläpp .....                                        | 39 |
| 7.2.1 Förlust relativt produktionen i anläggningen .....        | 39 |
| 7.2.2 Konstant förlust över årets alla drifttimmar .....        | 39 |
| 7.2.3 Totala årliga utsläpp .....                               | 40 |
| 7.3 Mätosäkerhet .....                                          | 40 |
| 8 Läcksökning .....                                             | 41 |
| 8.1 Metoder och instrument .....                                | 41 |
| 8.2 Noggrann läcksökning med instrument .....                   | 42 |
| 8.3 Mellanliggande kontroller med instrument .....              | 43 |
| 9. Referenser .....                                             | 44 |

# 1. Inledning

Vid biologisk behandling av organiskt material genom anaerob nedbrytning, rötning, samt vid uppgradering av biogas till fordonsbränslekvalitet, kan det uppstå utsläpp till luft i olika delar av systemet. Det finns framför allt fyra skäl varför dessa utsläpp ska minimeras:



## Säkerhet

Biogas består i huvudsak av metan,  $\text{CH}_4$ , vilken är en brännbar och explosiv gas. Vid en halt av ca 4-16 vol-% metan i luft kan gasblandningen antändas.



## Miljö

Metan ger 34 gånger högre bidrag till växthuseffekten än koldioxid. I ett biogassystem kan det även förekomma små halter av dikväveoxid,  $\text{N}_2\text{O}$ , även kallat lustgas. Denna gas ger 296 gånger högre bidrag till växthuseffekten än koldioxid (IPCC).



## Närmiljö

Utsläpp från biogassystem kan medföra luktproblem, vilket drabbar anställda och närboende.



## Ekonomi

Utsläpp av producerad gas utgör i de flesta fall en förlust av intäkt och kan ha stor påverkan på lönsamheten.

I en studie (Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas) 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 hade även tidigare genomförts mätningar på utsläpp från uppgraderingsanläggningar (Persson) vilket visat att anläggningarna inte alltid lever upp till de nivåer på utsläpp som leverantörerna garanterat.

Med detta som bakgrund införde Avfall Sverige det s.k. Frivilligt åtagande för biogasanläggningar (M. Holmgren), där anläggningar förbinder sig att systematiskt arbeta med att kartlägga och minska sina utsläpp. Systemet har under åren reviderats och går nu under benämningen Egenkontroll Metanemissioner (EgMet) En del av egenkontrollen enligt systemet är att återkommande genomföra emissionsmätningar vid anläggningen för att bestämma metanutsläpp och metanförlust. En annan del av det frivilliga åtagandet är att regelbundet och systematiskt genomföra läcksökning vid anläggningen.

Vattenfall Power Consultant AB (VPC, f.d. SwedPower) fick i uppdrag att genomföra mätningar och beräkningar vid samtliga deltagande anläggningar i Frivilligt åtagande, under den första 3-årsperioden 2007-2010. Vid samtliga dessa mätningar deltog handbokens författare Magnus Andreas Holmgren som mättekniker. Med erfarenheterna från dessa mätningar, och andra liknande mätningar som utförts i andra uppdrag, fick SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i uppdrag av SGC, Avfall Sverige och Energigas Sverige att dokumentera erfarenheter och lärdomar från dessa mätningar i denna handboks första utgåva (M. A. Holmgren, Handbok metanmätningar). Denna tredje utgåva av handboken är beställd av Avfall Sverige och Svenskt Vatten. Arbetet med omarbetningen har utförts av Magnus Holmgren (RISE), Johan Yngvesson (Industrinytta Norden AB) och Anders Magnusson (Nitoves AB). Handboken är tänkt att användas av mätkonsulter när de genomför metanmätningar vid biogas- och uppgraderingsanläggningar.

När systemet med Frivilligt åtagande reviderades år 2009 infördes krav på att anslutna anläggningar regelbundet genomför läcksökning i sin egen anläggning. Ett speciellt avsnitt finns därför i denna handbok med tips om hur man kan planera och utföra en sådan läcksökning.

## 1.1 Syfte och mål

Projektets syfte är att öka kvaliteten på de mätningar och den rapportering som görs av metanemissioner från biogasanläggningar i Sverige inom bl.a. EgMet samt att vidga omfattningen av utsläppspunkter där standardiserade mätningar kan utföras.

Projektet har flera mål:

- Att uppdatera "Handbok metanmätningar" för att möta dagens kunskapsnivå och de senaste teknikerna för uppgradering som utvecklats för den svenska marknaden.
- Att uppdatera "Handbok metanmätningar" avseende mätmetoder för rötslam vilket ofta är en viktig källa till utsläpp från reningsverk.
- Att förbättra beräkningsverktyget avseende
  - namngivning av mätobjekt,
  - kvantifieringsprotokollet som nu har fått två sidor; en för mätkonsultens mät rapport och en för anläggningens rapportering av åtgärder.
- Att fastställa hur olika utsläppspunkter ska extrapoleras till årsbasis (förhållande till produktionsmängder, drifttid eller annat).

## 1.2 Metod

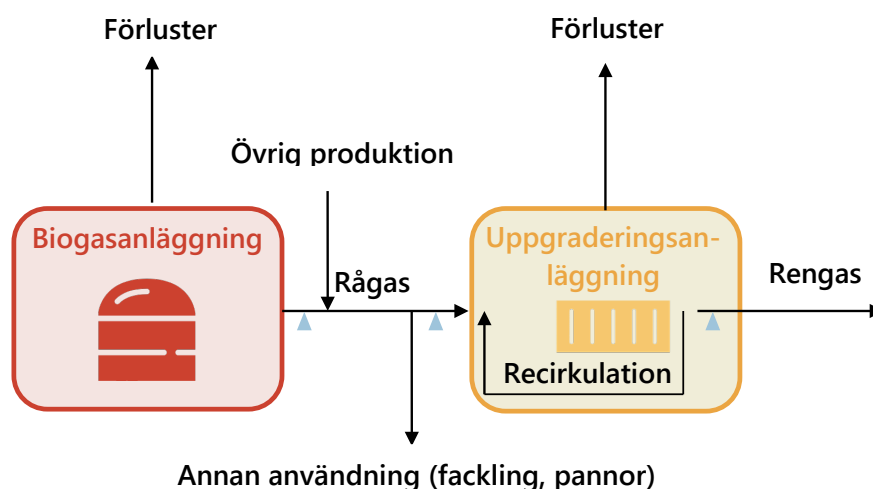
Projektet utgick från handbokens andra utgåva samt kunskap och erfarenheter som samlats under åren. Beräkningsmallar i Excel reviderades.

## 1.3 Avgränsningar

Projektet omfattar i första hand biogasanläggningar för rötning av avfall och biogasanläggningar vid avloppsreningsverk. Metodiken kan tillämpas också på andra biogasanläggningar (ex. gårdsanläggningar) samt till del på andra gasanläggningar (ex tankstationer).

## 2. Definitioner

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Andning</b>                         | Utsläppspunkt (ex. ventilationsgaller) med varierande flödesriktning.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Biofilter, (kompostfilter)</b>      | Ventilationsluft leds igenom filter bestående av jord, kompost, lecakulor och/eller bark. Föroreningar i luften absorberas i filtermaterialet och bryts ned av mikroorganismer.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Metanflöde</b>                      | Metanhalt multiplicerat med totalt gasflöde, anges i Nm <sup>3</sup> /h eller Nm <sup>3</sup> /år.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Normalkubikmeter, Nm3</b>           | Volym vid 273,15 K (0 °C) och 1,01325 bar.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Samrötningsanläggning</b>           | Biogasanläggning som kan röta olika typer av organiskt material, t.ex. källsorterat matavfall, slakteriavfall, gödsel och energigrödor, dock inte avloppsslam. Krav på hygienisering av substratet finns.                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Restgas, (offgas, stripperluft)</b> | 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), membranteknik eller kemisk skrubber för avskiljning av koldioxid är restgasen inte utspädd med luft. |



Figur 1. Generellt flödesschema, trianglar indikerar mätpunkter för anläggningens instrument för flöde och metanhalt

## 3. Bakgrund

I detta kapitel ges en mycket kort bakgrund till biogasområdet.

### 3.1 Biogas

Ett biogassystem är komplext och det kan förekomma ett antal olika emissioner från en rad olika delar av systemet. Vid biogasanläggningen sker produktionen av biogas, s.k. rågas (Figur 1). Om biogasen ska användas som fordonsgas eller matas in på naturgasnätet behöver den först behandlas i en gasreningsanläggning (eller uppgraderingsanläggning), där föroreningar och koldioxid avskiljs, vilket ger s.k. rengas (Figur 1). Se Tabell 1 för karaktäristiska data.

| Tabell 1. Karaktäristiska data för rågas och rengas (SGC) |             |             |
|-----------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                           | Rågas       | Rengas      |
| CH <sub>4</sub> , metan                                   | 60-70 vol-% | 95-99 vol-% |
| CO <sub>2</sub> , koldioxid                               | 30-40 vol-% | <5 vol-%    |
| H <sub>2</sub> S, svavelväte                              | 0-4000 ppm  | <1 ppm      |
| N <sub>2</sub> , kvävgas                                  | 0,2 vol-%   | 0,2 vol-%   |
| NH <sub>3</sub> , ammoniak                                | 100 ppm     | <1 ppm      |

### 3.2 Metan, CH<sub>4</sub>

På 100 års sikt har metan ca 34 gånger starkare påverkan på växthuseffekten än koldioxid. Utsläpp av ett kilogram metan ger således lika stor påverkan på växthuseffekten som utsläpp av 34 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.

Metan bildas vid anaerob (syrefri) nedbrytning av organiskt material. Förutom i röt-kammare sker detta naturligt i andra syrefria miljöer som våtmarker och sjösediment. Utsläpp sker även från idisslande djur och vid gödselhantering. Utsläppen av metan från idisslare kan inte minskas, däremot kan utsläppen från gödsel reduceras, t.ex. genom att röta den.

### 3.3 Rötning

Traditionellt har rötning skett vid avloppsreningsverk där slam från reningsverk använts som substrat. Det huvudsakliga skälet till denna rötning har varit att stabilisera slammet. Biogasen har i mångt och mycket setts som en biprodukt från den processen. Under 1990- och 2000-talen har flera anläggningar byggts för rötning av biologiskt avfall. Anläggningar finns som

hanterar i huvudsak industriellt avfall (ex. från livsmedelsproduktion eller slakteri) eller insamlat matavfall från hushåll. Även gödsel från kreatur kan rötas, ex. som samrötning med andra substrat.

Rötning kan ske i två olika temperaturnivåer, antingen s.k. mesofil rötning vid ca 37 °C eller s.k. termofil rötning vid ca 55 °C.

### 3.4 Uppgradering

Om biogasen ska användas som fordonsgas eller matas in på naturgasnätet måste den uppgraderas, d.v.s. renas från koldioxid. Den vanligaste tekniken är vattenskrubber där gasen tvättas med trycksatt vatten. Kemisk skrubber är en annan vanlig teknik, där absorption av koldioxiden sker till en amin-baserad kemikalie. I PSA-anläggningar adsorberas koldioxiden i kolonner fyllda med t.ex. aktivt kol. En membranläggning innehåller membran som släpper igenom koldioxid men inte metan. En ny typ av uppgraderingsteknik är den kryogena tekniken där gasen renas genom att kylas till den temperatur där koldioxiden kondenserar eller sublimerar (d.v.s. går direkt från gasfas till fast fas).

## 4. Mätmetoder och mätutrustning

I detta kapitel presenteras de mätmetoder och den mätutrustning som ska användas vid bestämning av metanförluster vid biogas- och uppgraderingsanläggningar.

### 4.1 Metanhalt

Det finns många mätprinciper och mätmetoder som detekterar kolväten eller brännbara ämnen som grupp. De metoder som kan särskilja metan i en sådan blandning av ämnen är dock få.

Valet av mätmetod för att bestämma metanhalten i en utsläppspunkt beror på flera faktorer:

- Mätområde (halten varierar mellan enstaka ppm och tiotals % i olika punkter)
- Andelen av registrerade kolväten eller explosiva ämnen som är metan
- Variationer i halt över tid
- Föroreningar och fukt i provpunkten
- Innesluten eller öppen provpunkt (typiskt skorsten/rör kontra biofilteryta)
- Prov i gasfas eller vätskefas

Som huvudregel gäller att metanhalten ska bestämmas med FID-instrument (flamjonisationsdetektor) utrustad med en s.k. Cutter. Denna mätmetod är etablerad och internationell standard för bestämning av metan i utsläppspunkter, den har ett brett spann med mätområden, den är specifik för metan och variationer i tid kan följas med ansluten datalogger (se kapitel 4.1.1).

FID-instrument har vanligen ett mätområde upp till 100 000 ppm (10 vol-%). För halter över instrumentets mätområde används påsprover som sedan analyseras i laboratorium. Även detta är en etablerad och standardiserad metod, specifik för metan. Den ger dock endast ett ögonblicksvärde av metanhalten vid provtagningstillfället, (se kapitel 4.1.2).

För en viss typ av teknik för uppgradering av gas till fordonsgas, s.k. enkelt genomströmmande vattenskrubber, är utsläppet av metan och därmed också provet i vätskefas. För denna typ av provtagning och analys krävs en speciell utrustning som beskrivs i kapitel 4.1.4.

#### 4.1.1 FID med Cutter

Vid emissionsmätning används ett FID-instrument med tillhörande Non-Methane Hydrocarbon Cutter, hädanefter kallad Cutter. FID mäter den totala kolvätehalten i ett prov samtidigt som tillhörande Cutter filtrerar bort alla kolväten som inte är metan från gasblandningen. Metoden finns beskriven i svensk standard (SS-EN ISO 25140:2010 Utsläpp och utomhusluft - Automatisk metod för bestämning av metankoncentrationen med flamjonisationsdetektor). Standardens kvalitetskrav ska följas, se tabellerna 1 och 2 i standarden. Se Figur 2 för ett exempel på hur utrustningen kan se ut.



Figur 1. FID-instrument med inbyggd Cutter från tillverkaren JUM. Bildkälla: *cleanair.com*

FID-instrument är känsliga för syrehalten i provet, s.k. syresynergism, vilket beskrivs i standardmetoden tillsammans med prestandakrav och prestandakontroller. Något som dock inte behandlas i standardmetoden är interferens mot höga halter av CO<sub>2</sub>. För vissa utsläppspunkter på uppgraderingsanläggningar gäller att mätning görs av några hundratals ppm metan i ca 100 % CO<sub>2</sub>, varför speciell hänsyn i dessa fall också måste tas till instrumentets interferens med CO<sub>2</sub>. Denna interferens ska utredas och bestämmas, den kan vara betydande.

FID-instrumentet ger ett omedelbart provsvar och med tillhörande datalogger kan variationer i metanhalten följas kontinuerligt och under en längre tid.

#### 4.1.2 Påsprover

Med hjälp av gaspåsar (se Figur 3) eller gaspipetter kan gasprover samlas in för senare analys på laboratorium med gaskromatograf (GC). Gaskromatografi bygger på att ämnena i ett gasprov separeras från varandra och identifieras genom att registreras i ett upplösningsspektrum där varje topp är karakteristisk för ett visst ämne. GC-analys särskiljer därmed alltid metan från övriga kolväten. Själva analysen (efter GC-kolonnen) sker vanligen med FID. Fördelar



Figur 2. Gaspåse från tillverkaren SKC.  
Bildkälla: [www.skcinco.com](http://www.skcinco.com)

med påsprover är att hela koncentrationsintervallet kan täckas in, från någon enstaka ppm upp till rengaskvalitet på 95-98 % CH<sub>4</sub> kan analyseras. Nackdelen är att påsprovet ger ett ögonblicksvärde som enbart motsvarar halten metan vid själva provtagningstillfället. Tiden att fylla en gaspåse beror på provtagningspumpens inställda flöde samt påsens storlek, och är vanligen mindre än en minut, men kan också justeras till flera minuter.

Metoden för provtagning och analys finns beskriven i svensk standard (SS-EN ISO 25139:2011, Utsläpp och utomhusluft - Manuell metod för bestämning av metankoncentration med gaskromatografi). Standardens kvalitetskrav ska följas, se tabell 2 i standarden.

Viktigt att tänka på vid provtagning är att låta provtagningspumpen spola slangarna med provgas innan påsen ansluts. I standarden SS-EN ISO 25139 upptas påsar tillverkade av polyetylen (PE) eller polyvinylfluorid. Speciella aluminiumbelagda PE-påsar rekommenderas i första hand eftersom de tål att lagras - i 10 dagar eller mer utan signifikanta förluster. PET-påsar bör ej användas. PTFE-slang kan användas för anslutning av påsen till provtagningspumpen och vidare till mätpunkten.

#### 4.1.3 Läcksökningsinstrument

Läcksökningsinstrument för detektion av metan kan baseras på olika mätmetoder. Vanliga metoder är halvledarsensorer eller katalytiska sensorer. Halvledarsensorn består av en eller flera metalloxider och värms upp till en specifik temperatur, beroende på vilken gas som ska detekteras. När gasen träffar sensorn så joniseras den av metalloxiden och elektroner kommer i rörelse varvid en konduktivitetsförändring uppstår. Ju mer gas som detekteras, desto större

signal ger sensorn. Läcksokningsinstrument 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.

Läcksokningsinstrumenten har många användningsområden på en biogasanläggning, speciellt ett instrument med många mätområden. Som namnet antyder används de vid läcksökning i processen, vilket beskrivs mer utförligt i Kapitel 8. Mer avancerade instrument, som anger uppmätt halt på en display, kan användas för att identifiera utsläppskällor och för att snabbt få ett ungefärligt värde på halten metan i utsläppet. På en biogasanläggning kan det förekomma utsläppspunkter med halter på allt från några enstaka ppm upp till flera vol-% varför det är bra att välja ett instrument med många mätområden och olika typer av detektorer.

Det är viktigt att skilja på läcksökningsinstrument och gasvarnare. Läcksokningsinstrument ska ange mätresultat som en halt på en display eller med annan visuell indikering. Instrumentet ska vara försett med pump och mätsond, se Figur 4. Gasvarnare är, som namnet antyder, ett mer indikativt instrument som används för personskydd i samband med arbeten i lokaler där farlig gas kan uppträda. Dessa har vanligen inte någon mätsond och anger sällan halten metan utan istället indikeras nivån med olika ljus- och ljudsignaler.



Figur 4. Läcksokningsinstrument med mätsond och gasvarnare utan mätsond. Bildkälla: [www.sewerin.com](http://www.sewerin.com)

#### 4.1.4 Metan i vatten

Då uppgraderingsanläggningen är av typen enkelt genomströmmande vattenskrubber är metanutsläppet i vattenfas. Den metod som rekommenderas för att bestämma metaninnehållet i vatten är att innesluta en bestämd mängd vattenprov i ett rör, där sedan metanet avgasas till ansluten gaspåse genom uppvärmning av röret, se kapitel 6.6.2.

## 4.2 Ventilationsflöde

Att bestämma provgasflödet är ofta den största utmaningen vid denna typ av mätningar eftersom förhållandena varierar mycket mellan olika provpunkter och anläggningar.

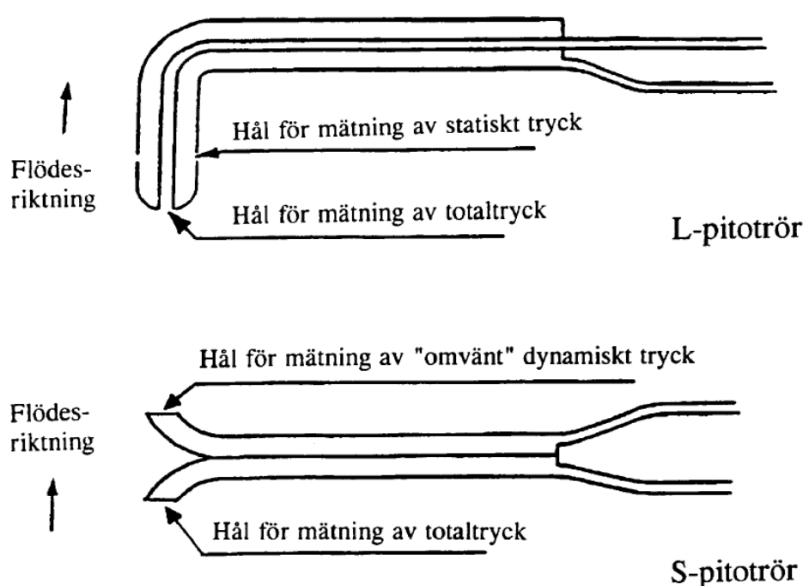
Provpunkterna är dessutom sällan förberedda för mätning. Man bör alltid sträva efter att genomföra en mätning av flödet, men ibland är det tekniskt eller praktiskt svårt att göra det. I dessa fall får man i stället förlita sig på andra metoder, som exemplifieras nedan.

På anläggningarna förekommer allt ifrån mycket låga, knappt mätbara, flöden till mycket höga flöden (20-30 000 m<sup>3</sup>/h). Utsläppen behöver mätas på en mängd olika objekt och processdelar, i ventilationskanaler, från fläktar på tak och vägg, ventilöppningar och avluftningsrör. Det innebär att flera olika typer av givare i regel måste användas för att bestämma flödet. I en del fall är det nödvändigt att kunna logga mätsignalen med hög tidsupplösning, till exempel vid mätning av restgasflöde från uppgraderingstekniken PSA.

### 4.2.1 Flödet i ett rör

Den primära metoden för flödesbestämning är pitotrörmätning med differenstrycksmätare. Pitotrör är bra vid höga hastigheter, varma luftflöden och partikelförorenad luft. Många gånger är provgasen mättad med vatten. I sådana fall är S-pitotrör att föredra, speciellt vid längre mätperioder. En alternativ metod är att använda varmtrådgivare, som också fungerar bättre än L-pitotrör vid mätning på fuktiga gaser. Samtliga metoder finns beskrivna i svensk standard (SS-EN ISO 16911-1:2013 Utsläpp och utomhusluft - Bestämning av hastighet och volymflöde i kanaler - Del 1: Manuell referensmetod). Standardens kvalitetskrav ska följas, se tabellerna 3 och 4 i standarden.

Vid differenstryckmätning placeras pitotröret så att dess öppning pekar direkt mot luftströmmen, som då utsätts för det totala trycket av luftströmmens flöde. Samtidigt mäts det statiska trycket i kanalen genom flera öppningar i sidan på röret (av L-typ).

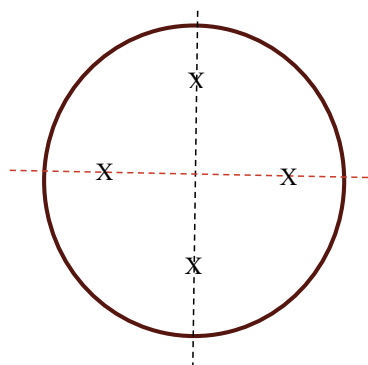


Figur 5. Uppbyggnad av L-pitotrör och S-pitotrör.  
Bildkälla: (Gustavsson och Holmgren)

Gemensamt för alla dessa mätmetoder är att de mäter gashastigheten. Flödet räknas sedan ut genom att multiplicera den uppmätta gashastigheten med tvärsnittsarean. Samtliga mätmetoder påverkas av flödesbilden i tvärsnittet varför ostörda och raka kanaler/rör krävs före och efter mätpunkten för god noggrannhet i mätningen. Ett vanligt mått är att kräva 5 raka och ostörda diametrar uppströms mätpunkten och 2 nedströms. Om mätuttag saknas kan ibland en mätstos med förberedda mätuttag träs på mynningen av röret/kanalen.

$$\text{Hydraulisk diameter} = (4 \times \text{kanalens area}) / (\text{kanalens omkrets})$$

Antalet mätpunkter som krävs för att bestämma ett representativt flöde beror på kanalens form och storlek, se Tabell 2. Större area kräver fler mätpunkter. För att beräkna en medelhastighet/-differenstryck från flera mätpunkter behöver mätpunkterna placeras på ett sådant sätt att de representerar en lika stor del av mätplanet, se exempel i Figur 6.



Figur 6. Exempel på flödesmätning i en cirkulär kanal med diameter 0,4 m och arean 0,126 m<sup>2</sup>. De fyra mätpunkterna placeras så att de representerar 1/4-del av arean.

Tabell 2. Rekommenderat antal mätlinjer och mätpunkter vid olika kanalareor.

| Cirkulära kanaler      |              |                 |                  |
|------------------------|--------------|-----------------|------------------|
| Area (m <sup>2</sup> ) | Diameter (m) | Antal mätlinjer | Antal mätpunkter |
| < 0,1                  | 0,35         | -               | 1                |
| 0,1 – 1,0              | 0,35 – 1,1   | 2               | 4                |
| 1,0 – 2,0              | >1,1 – 1,6   | 2               | 8                |
| Rektangulära kanaler   |              |                 |                  |
| Area (m <sup>2</sup> ) |              | Antal delningar | Antal mätpunkter |
| < 0,1                  |              | -               | 1                |
| 0,1 – 1,0              |              | 2               | 4                |
| 1,0 – 2,0              |              | 3               | 9                |

#### 4.2.2 Ventilationsöppning

I de fall det inte går att mäta gasflödet i en kanal är ett alternativ att mäta upp flödet i utloppet, till exempel över ett ventilationsgaller. Det kan göras med en känslig anemometer: varmtrådsgivare eller vinghjulsmätare. För mätning i självdragsventilation krävs anemometer med detektionsgräns 0,1 m/s.

Varmtrådsgivaren är som ett uppvärmt element. När luftflödet leder bort värme måste strömmen till elementet ökas, för att behålla konstant temperatur. Genom att mäta strömmen kan instrumentet räkna ut luftflödet. Vinghjulsmätaren räknar varven på det snurrande vinghjulet och omvandlar det till ett hastighetsvärde.

Att mäta på luftflödet från ett ventilationsutlopp är svårt då det är mer ojämnt fördelat över ytan och ofta mer turbulent. Ett sätt att hantera detta på är att använda sig av en mät-tratt / mät-huv. Huvn täcker då hela utloppet och man mäter flödet i mitten. En mät-huv används ofta tillsammans med en anemometer.



Figur 7 Exempel på en varmetrådsanemometer. Bildkälla [www.elma.se](http://www.elma.se).



Figur 8 Exempel på en vinghjulsanemometer. Bildkälla [www.elma.se](http://www.elma.se).



Figur 9 Mättratt för flödesmätning över ventiler. Bildkälla [www.elma.se](http://www.elma.se).



Figur 10 Frånluftventil med jalousispjäll.



Figur 11 Luftintag till processrum.



Figur 12 Luftintag till väggmonterad frånluftfläkt.

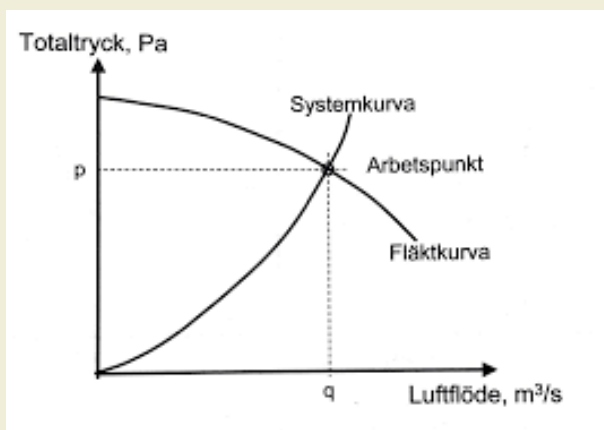
### 4.2.3 Fläktdata

Om det inte är praktiskt möjligt att mäta flödet kan man använda sig av tillverkarens fläktdata för att bestämma luftflödet. Med information från fläktens märkskylt är det ofta möjligt att ladda hem fläktkurvan från leverantörens hemsida. Om det sitter spjäll / anordningar som stryper luftflödet till fläkten påverkar det systemkurvan avsevärt.

Ibland finns även möjlighet att bestämma tryckdifferensen över fläkten genom att ansluta differensstrycksgivaren till fast monterade anslutningar. Med hjälp av fläktens specifika k värden (från fläktdatablad / märkskylt) beräknas flödet enligt formeln.

$$Q = \frac{1}{k} \times \sqrt{\Delta P}$$

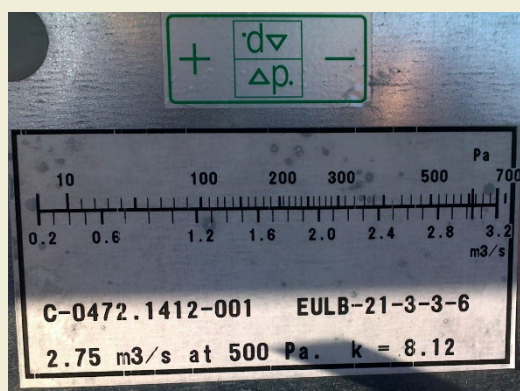
Där Q är flödet och  $\Delta P$  är det uppmätta differensstrycket. Observera med vilken enhet flödet ska anges.



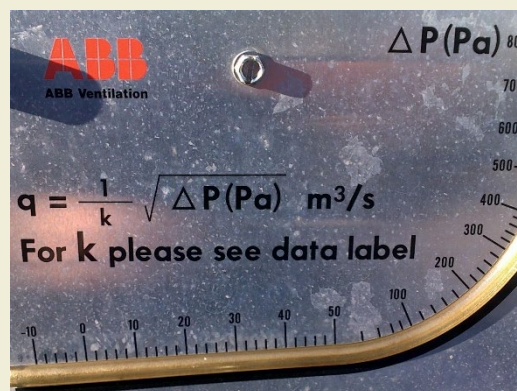
Figur 13. Exempel på en fläktkurva.



Figur 14. Exempel på en märkskylt



Figur 15. Exempel på fläktmärkning



Figur 16 Exempel på fast monterad tryckmätare på ventilationsaggregat.

#### 4.2.4 Schablon

För väggmonterade axialfläktar (se Figur 17) kan följande formel användas för att beräkna det ungefärliga flödet

$$Q=16,5 \cdot P+500$$

där Q är flödet i m<sup>3</sup>/h och P är fläktmotorns nominella effekt i Watt (1-fas 230 V).

Som en sista utväg för att bestämma flöde får schablonvärden enligt Tabell 3 användas.



Figur 17. Vägghmonterad axialfläkt.  
Bildkälla: [www.alaskon.co.nz](http://www.alaskon.co.nz)

Tabell 3. Rekommenderat antal mätlinjer och mätpunkter vid olika kanalareor.

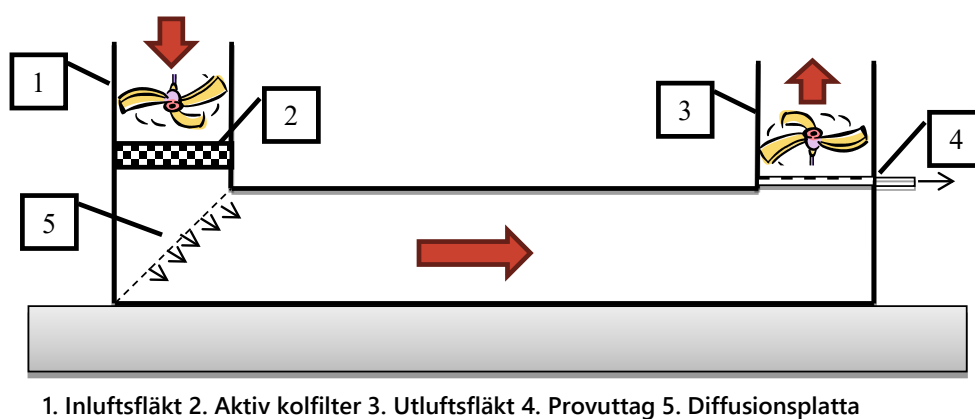
| Utsläppspunkt                              | Egenskaper                                                          | Flöde                                                        |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Ventilationsfläkt, tak/vägg (mindre)       | Mindre utrymme ex. gasutrustningsrum eller container (uppgradering) | 3 000 Nm <sup>3</sup> /h                                     |
| Ventilationsfläkt, tak/vägg (större)       | Större lokaler                                                      | 6 000 Nm <sup>3</sup> /h                                     |
| Avluftning och annan självdragsventilation | Kännbart men ej detekterbart flöde                                  | Ansätt 0,1 m/s, eller mätinstrumentets nedre detektionsgräns |

All rapportering ska innehålla uppgift om hur flödet har bestämts.

### 4.3 Huvmätning

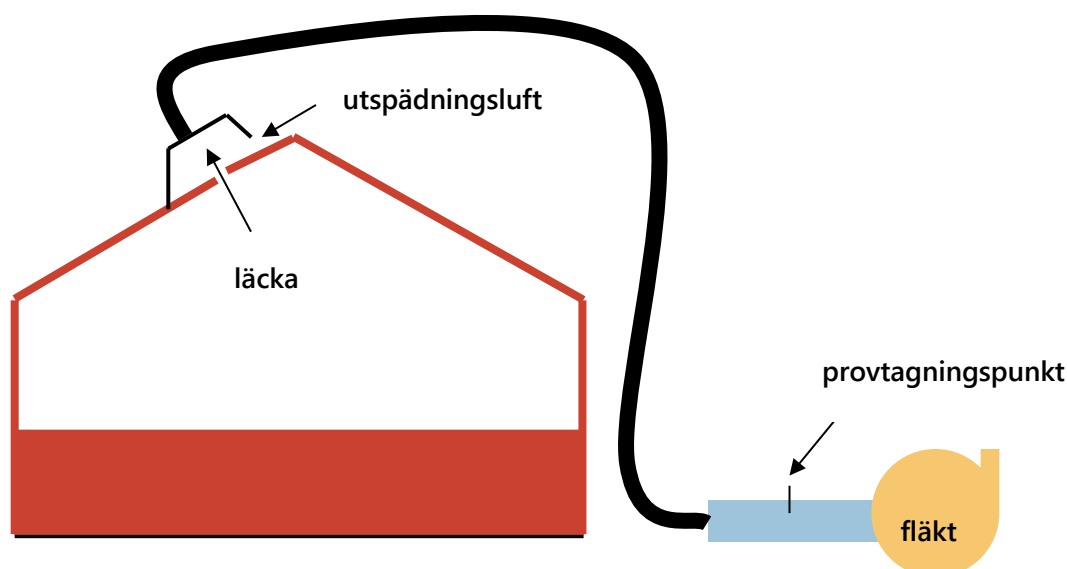
På öppna eller delvis öppna lager och tankar tillämpas *huvmätning*. Huvarna kan vara av typen öppen eller sluten kammare. I en sluten kammare tas gasprover ut med jämna mellanrum, och koncentrationsökningen inne i den slutna kammaren ger ett mått på metanutsläppet från den inneslutna ytan. I en öppen kammare späds den provtagna gasen med ett känt flöde av friskluft och metanutsläppet kan bestämmas kontinuerligt. I Figur 18 ses en principskiss för en öppen kammare av VDI-modell. Utförligare teoretisk och praktisk genomgång av huvmätningar och olika typer av huvar finns att läsa i (Holmgren, Willén och Rodhe) och (Holmgren, Olsson och Rodhe).

Figur 18. Vindtunnelkammare för gasprovtagning (VDI 3880).



### 4.4 Utspädningsprovtagning

För att bestämma metanutsläppet från läckor används provtagningssystem som provtar en stor gasvolym genom utspädning av utsläppet med luft. Principen illustreras i Figur 19.



Figur 19. Principskiss för utspädningsprovtagning.

Den grundläggande tanken med utspädningsprovtagning är att samla upp den läckande gasen från ett hål eller spricka tillsammans med en stor mängd utspädningsluft. Provet med utspädd gas transporteras till ett mätrör för flödesmätning och gasanalys varvid det totala massflödet av läckande metan kan beräknas som produkten av volymflödet och metankoncentrationen.

Den fläkt som används ska vara EX-klassad för explosiva gasblandningar, även om det i praktiken inte är troligt att så höga halter uppkommer i och med utspädningen med luft.

## 4.5 Andra gaser

Metoderna som anges i denna mäthandbok är fokuserade på bestämningen av halten metan. Provtagningsmetoderna bör också gå bra att tillämpa för analys av andra gashalter, ex lustgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) och ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) eller lukt. Dock kan det finnas särskilda aspekter att ta hänsyn till vid sådan provtagning, exempelvis kan andra gaser vara mer känsliga för jämviktsförhållanden och luftflöden vid huv- och fläktmätning.



## 5 Utsläppspunkter

I detta kapitel beskrivs vanliga utsläppspunkter i anläggningar kortfattat.

### 5.1 Samrötningsanläggningar- och avloppsreningsverk

#### Ventilation

Detta är en av de viktigaste punkterna med systematiska utsläpp. Vissa anläggningar har ett enda stort ventilationssystem där flera delflöden samlas och ofta leds till någon form av luktbehandling. Andra anläggningar har flera enskilda ventilationssystem i lokalerna och processutrustningen. I samtliga fall gäller att det är utsläppen, om möjligt efter eventuell behandling, som ska bestämmas. Ofta är såväl förbehandling, efterbehandling som rötrestlager ventilerade. Även gasutrustningsrum är ventilerade, som regel enskilt. Både mekanisk ventilation och självdragsventilation förekommer.

#### Blandningstank

Vid en del anläggningar finns en blandningstank (suspensionstank) innan rötkammaren, där olika typer av substrat blandas innan pumpning in i rötkammare. Under ogynnsamma förhållanden såsom för lång uppehållstid i blandningstank eller vid återföring av processvätska från processen till blandningstanken påbörjas metanbildningsprocessen här. Mätning av eventuellt metan ska göras i avluftningen.

Det förekommer att betydande mängder vätgas bildas i blandningstankar, vilket kan vara en förklaring till skillnader mellan resultat från läcksökningsinstrument (som kan ge utslag även för vätgas) och FID/Cutter (eller GC).

#### Processvattentank

Vid en del anläggningar finns en processvattentank där metanutsläpp kan ske. I de fall processvattnet härrör från avvattning av rötrest innehåller det vanligen löst metan. Mätning av eventuellt metan ska göras i avluftningen till tanken.

#### Rötkammare

De utsläppspunkter på rötkammare som kan förväntas ha systematiska utsläpp är bräddavloppen, som i vissa fall öppnas regelbundet och i andra fall står helt öppna. Ibland benämns dessa som slamschakt. Om rötkammartoppen är inbyggd kan det samlade läckaget mätas i ventilationsluften som antingen baseras på självdrag eller är mekanisk.

### Rötresttank

Efter uppehållstiden i rötammaren pumpas rötresten vidare till en rötresttank, ibland för tillvaratagande av efterproducerad gas (efterrötning). I de fall då efterproducerad gas ej tas om hand i gassystemet förekommer emissioner som i vissa fall kan vara betydande (upp till 5-10 % har uppmätts, se vidare Kapitel 6.7).

### Avvattning

Rötresten kan avvattnas med flera olika tekniker, och metanutsläpp till luft kan ske via separat ventilation eller till gemensam ventilation. Avvattningen kan ha stor påverkan på de totala utsläppen i gemensam ventilation varför det kan behöva genomföras mätningar både med och utan avvattning i drift.

Det förekommer både direkta utsläppspunkter som processventilation (ex. från centrifug) och diffusa utsläpp till lokalen där avvattningsutrustningen är placerad.

### Rötrestlager (Biogödsellager)

Detta är vanligen den mest betydande utsläppspunkten på en biogasanläggning. Lagring av rötrest (biogödsel) varierar mellan olika anläggningar, eftersom en del endast har flytande rötrest och andra anläggningar har både en flytande och fast fraktion. Även behållaren för lagring av flytande rötrest varierar. På en del anläggningar är rötresttank (se ovan) och rötrestlager densamma, och på andra anläggningar pumpas rötresten från rötammare, ibland via rötresttank och avvattning, till rötrestlagret.

Fast rötrest lagras oftast i en öppen container. Precis som för flytande rötrest är det tänkbart att efterproduktion av metan sker i materialet.

Det är vanligt att rötrest transporteras från anläggningen till olika satellitlager för senare spridning eller bearbetning. Systemgränsen sätts vanligen (ex. i EgMet) så att lager vid anläggningen (innanför grindarna) inkluderas i bestämningen, men inte satellitlager. En alternativ systemgräns kan vara att inkludera alla biogödsellager som ägs och nyttjas av producenten, oavsett lokalisering.

### Analysinstrument

Genom anläggningens fast installerade gasanalysinstrument passerar kontinuerligt ett gasflöde. Metanhalten i denna gas är känd och flödet kan vanligen avläsas på rotametrar som finns monterade invid instrumenten.

## 5.2 Uppgraderingsanläggningar

### Restgas

Den viktigaste punkten i emissionssynpunkt på en uppgraderingsanläggning är restgasen, eller offgasen. Det är den del av rågasen som avskiljs i uppgraderingsprocessen. Optimalt sett består restgasen av ren koldioxid, men varierande halter av metan och andra ämnen som exempelvis svavelväte ingår. Via restgasen sker ett kontinuerligt metanutsläpp.

### Ventilation

Förutom restgasen ska även uppgraderingsanläggningens ventilation ingå, då samtliga läckor och diffusa utsläpp i den inbyggda gasutrustningen samlas upp här.

### Analysinstrument

Vanligtvis finns analysinstrument monterade i uppgraderingsanläggningen och dessa utsläpp ska då bestämmas, se kapitel 5.1.

## 6 Genomförande

I detta kapitel beskrivs hur mätningarna planeras och genomförs.

### 6.1 Anläggningsdata

Till de beräkningar som görs för att bestämma metanförlusten i anläggningen behövs ett flertal uppgifter om den aktuella och genomsnittliga driften av anläggningen. Data för den aktuella driften tas från anläggningens övervakningssystem (SCADA) eller styrsystem eller genom direktavläsning på respektive mätinstrument.

Uppgifter om genomsnittlig metanhalt och årsproduktioner erhålls från anläggningens system för produktionsuppföljning alternativt från loggfiler i dess SCADA- eller styrsystem. Saknas sådan statistik kan uppgiften istället beräknas utifrån momentana gasflöden och metanhalt vid tillfället för inventeringen och extrapoleras med antalet drifttimmar för anläggningen per år.

För uppgraderingsanläggningar ska även metanförlusterna relateras till mängd levererad gas (rengas) eftersom rengasmätning generellt sett kan göras mer noggrant än mätning på rågas.

Uppgifter enligt Tabell 4 behövs från anläggningen.

Tabell 3. Anläggningsdata som krävs för beräkning av metanförlust.

| Beskrivning                                 | Enhet               |
|---------------------------------------------|---------------------|
| <b>Samrötning eller avloppsreningsverk:</b> |                     |
| Momentan metanhalt i rågas                  | vol-%               |
| Momentan producerad mängd biogas (rågas)    | Nm <sup>3</sup> /h  |
| Årsmedelvärde metanhalt i rågas             | vol-%               |
| Producerad mängd biogas (rågas) per år      | Nm <sup>3</sup> /år |
| Drifttimmar per år                          | h/år                |
| <b>Uppgraderingsanläggning:</b>             |                     |
| Momentan metanhalt i rågas                  | vol-%               |
| Momentan mängd inkommande biogas (rågas)    | Nm <sup>3</sup> /h  |
| Momentan metanhalt i rengas                 | vol-%               |
| Momentan mängd levererad biometan (rengas)  | Nm <sup>3</sup> /h  |
| Årsmedelvärde metanhalt i rågas             | vol-%               |
| Ingående mängd biogas (rågas) per år        | Nm <sup>3</sup> /år |
| Årsmedelvärde metanhalt i rengas            | vol-%               |
| Levererad mängd biometan (rengas) per år    | Nm <sup>3</sup> /år |
| Drifttimmar per år                          | h/år                |

Notera att producerad mängd rågas, och inkommande mängd rågas till uppgradering, normalt skiljer åt till följd av exempelvis fackling (jämför Figur 1). Många uppgraderingsanläggningar har möjlighet att recirkulera rengasen vid ex. lågt energivärde, det är därför viktigt att kontrollera var i processen olika flödes- och gashaltmätare sitter installerade.

Vid uppgraderingsanläggningar som levererar gas till naturgasnätet finns vanligen också mätning av s.k. karburerad gas som är den gas som anläggningen levererar till nätet, med tillsats av propan. Denna ska dock inte användas vid bestämning av metanförlust, utan det är rengasen *före* karburering som ska användas.

I syfte att säkerställa korrekt dokumentation och statistisk uppföljning ska alla mätpunkter inkluderas i protokollet, även de som ger nollvärden. Detta är viktigt för att få en fullständig bild av mätningarna och för att kunna genomföra en noggrann analys av resultaten.

## 6.2 Bestämning av metanförlust

Mätningar ska genomföras under normala driftsförhållanden så att bestämda utsläppsmängder blir representativa för normal drift och så att resultaten kan extrapoleras till årsbasis. Man bör dock vara medveten om att dessa mätningar ger en ögonblicksbild av situationen på anläggningen.

För att noggrant bestämma storleken på respektive utsläpp bör mätning ske under en längre tid och mätvärden loggas i en dator för resultatutvärdering. Mätning bör utföras till dess att det konstateras att halten är stabil eller följer en bestämd variation. Som tumregel rekommenderas minst en timmes mättid i varje utsläppspunkt.

Metanförlusten i varje utsläppspunkt bestäms som procentandel av det momentana metanflödet i anläggningen, d.v.s. hur stor andel av den producerade eller behandlade mängden metan som förloras i processen.

Metanförlusten beräknas alltid relativt det uppmätta metanflödet i rågasen. För uppgraderingsanläggningar beräknas även metanförlusten relativt det uppmätta metanflödet i rengasen. Det senare anses vanligen ge ett mer tillförlitligt värde eftersom flödesmätning av rengas är behäftat med betydligt färre felkällor än rågasmätning (exempelvis fukt och partiklar). Mer om beräkningar finns att läsa i kapitel 7.

## 6.3 Ventilationsluft

Mätning i ventilationsluft ger en sammantagen bild av diffusa utsläpp från flera komponenter och anläggningsdelar i det ventilerade utrymmet. Detta utsläpp kan kvantifieras genom att

halten metan som uppmäts i ventilationsluften multipliceras med luftflödet. Om luftflödet inte är mätbart kan man utgå ifrån aktuella fläktkurvor eller nominella flöden. Som sista utväg används schablonvärden i Tabell 3. En viktig detalj i samband med mätningar av ventilationsluft i de olika anläggningsdelarna är att beakta metanhalterna i tilluften. Är de höga nog att märkbart påverka mätresultaten bör denna bakgrundshalt bestämmas och subtraheras från den uppmätta halten i frånluften.

Ventilationsfläktar kan ibland regleras av temperaturmätning och/eller gasvarnare i lokalen. De kan även vara programmerade att gå under förinställda tidsintervall. Att mäta utsläppen från utrymmen med sådana fläktstyrningar kan vara utmanande eftersom metanhalterna i utrymmet ökar över tid när fläkten står stilla (givet förekomsten av gasläckage i utrustningen). När så fläkten väl startar minskar halterna. En metod att angripa detta är att anta att det samlade utsläppet från förekommande läckor inne i lokalen är kontinuerligt, även om halten i mätpunkten varierar beroende på den ackumulerad mängden metan. Genom att mäta metanhalten samtidigt som fläkten går kan en basnivå bestämmas i samband med att halten stabiliseras. För mätningens skull kan det dock krävas att den temperaturstyrda fläkten forceras till drift.

Vid en del anläggningar är många processdelar anslutna till en stor gemensam ventilationsanläggning. Då kan man behöva mäta under längre tid för att upptäcka variationer i halter. Det gäller till exempel på anläggningar med slamcentrifuger där man kan räkna med två olika nivåer på utsläppen, med och utan slamcentrifug i drift. Vid beräkningarna får man då ta hänsyn till drifttiden på centrifugerna.

För att återge ett representativt värde är det viktigt att dörrar och fönster på byggnaden hålls stängda under mätperioden.

### 6.3.1 Ventilationsrör

Eftersträva alltid mätning i ostörda raksträckor och beakta rörarean för att bestämma antal mätpunkter, se kapitel 4.2.1. Ofta går det bra att borra upp nya hål för provtagning, men stäm av detta med anläggningens representant och kontrollera alltid själv att gasblandningen i röret eller omgivningen inte är explosiv.

Mätning på trycksida av fläkt är ofta att föredra, men ibland kan det också vara nödvändigt att bestämma olika delflöden på sugsidan, se exempel Figur 20 (nästa sida).

Biofilter antas inte ha någon metanreducerande effekt varför flödes- och metanhaltsmätning kan göras uppströms från dessa. Om biofiltret är slutet finns vanligen en skorsten nedströms där mätningen lämpligtvis genomförs.



Figur 20. Ventilationsfläkt med 3 st delflöden på sugsidan och 2 st delflöden på trycksidan.

### 6.3.2 Ventilationsöppning

Eftersträva alltid mätning av metanhalt i ventilationsöppningen/utsläppet, men var observant på att det vid självdragsventilation kan förekomma andning, d.v.s. att omgivningsluft ibland tränger in i lokalen genom ventilationsöppningen. Beroende på årstid kan flödesriktningen ofta enkelt detekteras med temperaturmätning. Om andning förekommer kan metanhalten bestämmas i en punkt på samma höjd som ventilationsöppningen, men någon eller några meter in i lokalen.



Figur 21. Ventilationsöppningar i gasutrustningshus.

Det förekommer både mekanisk tilluft och frånluft i lokalernas ventilationssystem. Tilluftsmätning kan vara praktiskt när utloppet är svårtillgängligt eller när det är förenat med risker att mäta på utloppet. Luftintagen är oftare placerade närmare mark. Finns det fler än ett luftintag måste samtliga mätas upp och summeras. Det är samtidigt viktigt att kontrollera att byggnaden är tät och inte har andra öppningar eller dörrar där luft kan strömma in. Om bestämningen av ventilationsluftflöde baseras på det mekaniska tilluftflödet så bör man på anläggningar med recirkulerande vattenskrubber vara observant på att dessa ibland hämtar stripperluften inne i lokalen med mekanisk tilluft. I de fallen måste stripperluftflödet subtraheras från tilluftflödet för att erhålla korrekt frånluftflöde från lokalen. För att hantera mätosäkerheterna vid mätning av tilluftflöde bör man använda en tidskonstant på 4 mätningar per sekund.

Att bestämma flödet i ventilationsöppningar är ofta mycket svårt men med en känslig varmtrådgivare (detektionsgräns 0,1 m/s) kommer man långt. Bestäm flödet i ett antal punkter över tvärsnittet och beräkna medelvärde. Ofta, men inte alltid, är utsläppen i sådana ventilationsöppningar relativt små varför den stora osäkerheten i flödesbestämningen ändå kan accepteras. Om möjligt kan ventilationsöppningen täckas med en huv som leder luften in i ett mätrör förberett med mätbål. Beakta dock att en förträngning av luftkanalen kan påverka luftflödet.

## 6.4 Tankar

Ibland är avluftning på tankar anslutet till det stora gemensamma ventilationssystemet, och då behövs inte mätning på enskilda delar av systemet utan det summerade utsläppet mäts i en utsläppspunkt (om det inte finns speciellt intresse för att studera delarnas bidrag).

Det är dock inte ovanligt att tankarna har enskilda avluftningar med utsläpp till atmosfär, se exempel i Figur 22. Andning kan förekomma i dessa utsläppspunkter beroende på hur materialet i tanken pumpas, varför det kan vara nödvändigt att genomföra långtidsmätningar för att studera variationerna. Ett enklare angreppssätt är att bestämma metanförlusten vid en tidpunkt då gas strömmar ur tanken, och sedan tillsammans med anläggningens personal



Figur 22. Avluftning från blandningstank.

bestämma den andel av tiden som detta förhållande antas råda under ett dygn. Ett grundantagande kan vara att utgå ifrån antalet påfyllningar gånger omsättningsvolymen.

Avluftsningröret kan normalt sett hanteras som ett ventilationsrör, varför metodik i kapitel 4.2.1 kan tillämpas vid mätningen.

## 6.5 Analysinstrument

Identifiera de olika gasanalysinstrumenten på anläggningen och notera om de mäter på rågas eller rengas. Observera att det på uppgraderingsanläggningar även kan finnas mätare installerade som mäter halten i rågas med inblandning av recirkulerad rengas samt på karburerad gas (se Figur 1).

Flöden på rotametrarna läses av (vanliga enheter är lpm (liter/min) eller l/h). Ofta kan det finnas olika delflöden genom separata analysinstrument monterade på en s.k. analyspanel (se Figur 23).



Figur 23. Analyspanel

## 6.6 Restgas från uppgraderingsanläggning

Restgasen är det flöde av koldioxid som avskiljs i uppgraderingsanläggningen. Eftersom en viss mängd metan alltid följer med i denna avskiljning utgör restgasflödet normalt sett en stor källa till metanutsläpp och därmed förluster från en uppgraderingsanläggning. Hur mycket beror till stor del på tekniken och anläggningens utformning, men även driftförhållandena kan ha stor påverkan.

Utsläppspunkten är normalt sett ett ventilationsrör. Restgasen kan ibland ledas till en behandlingsanläggning för metan, en s.k. RTO (Regenerativ Termisk Oxidering), innan den leds till atmosfär. För att bestämma utsläppet från anläggningen ska mätning då ske nedströms RTO. Mätningen kan kompletteras med att bestämma metanflödet uppströms RTO för beräkning av RTOs verkningsgrad samt den processmässiga metanförlusten i uppgraderingsanläggningen. För en uppgraderingsanläggning av typen enkelt genomströmmande vattenskrubber är metanet löst i vatten, se kapitel 6.6.2.

### 6.6.1 Recirkulerande vattenskrubber

Detta är den vanligaste typen av uppgraderingsanläggning. En fläkt trycker luft genom det s.k. strippertornet vilket gör att restgasen i detta fall är utspädd med luft. Observera varifrån luften till stripperfläkten tas. Det är lika vanligt att den tas inne i processlokalen som att den tas från omgivningsluften. Detta kan ibland påverka ventilationsflödet vid bestämning av metanförlust i ventilationen, se kapitel 6.3.2.

Mätning vid denna typ av anläggning är förhållandevis enkel, se kapitel 6.3.1 om mätning i ventilationsrör. Normalt sett varierar varken flöde eller metanhalt särskilt mycket men kan skilja sig åt kraftigt mellan olika anläggningar. Metanhalter mellan ca 1 000-25 000 ppm och metanförluster på mellan ca 1-6 % förekommer.

### 6.6.2 Enkelt genomströmmande vattenskrubber

En enklare teknisk lösning är den enkelt genomströmmande vattenskrubbern där nytt vatten kontinuerligt strömmar genom anläggningen, vanligen är dessa anläggningar placerade vid reningsverk. Processteget med stripper saknas alltså på dessa anläggningar. Utsläppet av metan i den s.k. restgasen sker i dessa anläggningar i vattenfas. I somliga fall är brunnen eller behållaren där vattnet mynnar ventilerad och då kan traditionell teknik enligt kapitel 4.1.1 eller 4.1.2 användas för att bestämma metanhalten i ventilationen. I annat fall ska metanhalten i vattnet bestämmas enligt nedan.

Det utgående vattenflödet mäts normalt sett på anläggningen, i vilket fall detta uppmätta vattenflöde kan användas i beräkningen. I annat fall kan s.k. Clamp-On-mätare användas för att bestämma vattenflödet. Dessa är mobila flödesmätare som monteras utanpå befintliga rörledningar.

Den metod som rekommenderas för att bestämma metanhalten i vattnet är att innesluta en bestämd mängd vattenprov i ett rör som man sedan under uppvärmning låter avgasas till en gaspåse, se exempel på provtagningsutrustning i Figur 24. Principen bygger på att metan har minskad löslighet i vatten med ökande temperatur, vilket innebär att metan enkelt släpper från vatten vid uppvärmning.

Ett prov på utgående vatten tas 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. Vattnet i röret värms sedan upp och gasen samlas upp i gaspåsar kopplade via ventiler och ett spiralformat rör eller fuktfilter för kondensering av vattenånga. Därefter mäts volymen i gaspåsarerna, 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 gaspåsar analyseras enligt kapitel 4.1.2 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,  $V_0$ . 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  $\text{Nm}^3$  eller  $\text{Nm}^3$ .  $V_M$  divideras med volymen avgasat vatten, vilket ger  $\text{Nm}^3$  metan/ $\text{m}^3$  utgående vatten.



Figur 24. Provtagningsutrustning för mätning av metan i vatten. Bildkälla: BioMil

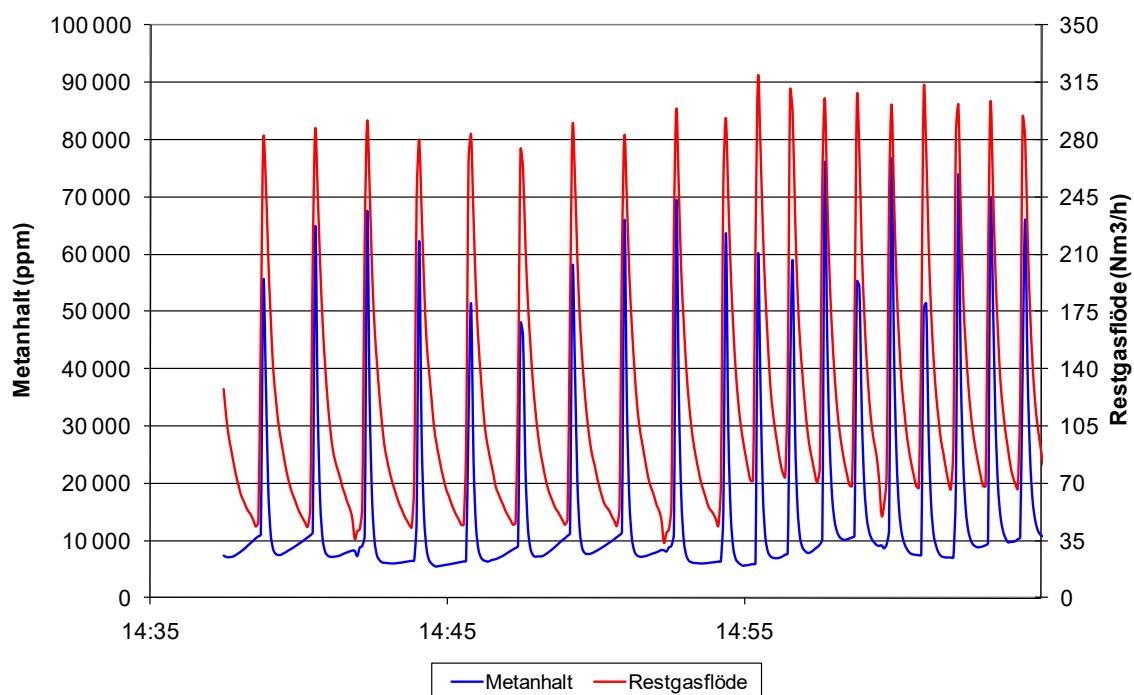
## Exempel

*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 gaspåsar 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  $\text{Nm}^3$  metan. Temperatur vid avgasning är 20 °C. Vatten som är mättat med metan vid 20 °C och 1013 mbar innehåller 0,034  $\text{Nm}^3$  metan/liter vatten. Detta innebär att det avgasade vattnet innehåller  $0,034 \cdot 8 = 0,272 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4$ . Totala metanmängden blir då  $0,112 + 0,272 = 0,384$ . Detta innebär  $0,384 / 8 = 0,048 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 / \text{liter vatten}$ , eller  $0,048 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 / \text{m}^3$  vatten. Vid ett vattenflöde i processen på  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  är metanutsläppet  $0,048 \cdot 25 = 1,20 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{h}$ .*

### 6.6.3 PSA

I en PSA-anläggning (Pressure Swing Adsorption) finns vanligtvis fyra eller sex adsorptionskolonner, där koldioxiden adsorberas till exempelvis aktivt kol. Kolonnerna är omväxlande i adsorption- och omväxlande i regenereringsfas. En vakuumpump regenererar kolonnerna från koldioxid och den mindre mängd metan som finns i dem. 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. Både flöde och metanhalt avtar sedan snabbt och fortsätter att stadigt minska under resterande del av cykeln, se exempel i Figur 25.

Utsläppen sker enligt ett cykliskt mönster där en kolonn i taget släpper den restgas som bundits under adsorptionsfasen. Med några minuters mellanrum detekteras därmed ett högt flöde och en hög metanhalt i utsläppspunkten, där sedan flödet och metanhalten klingar av tills nästa kolonn regenereras, se Figur 25. Metanhalter på mellan <1 till >10 vol-% förekommer under olika stadier av cykeln.



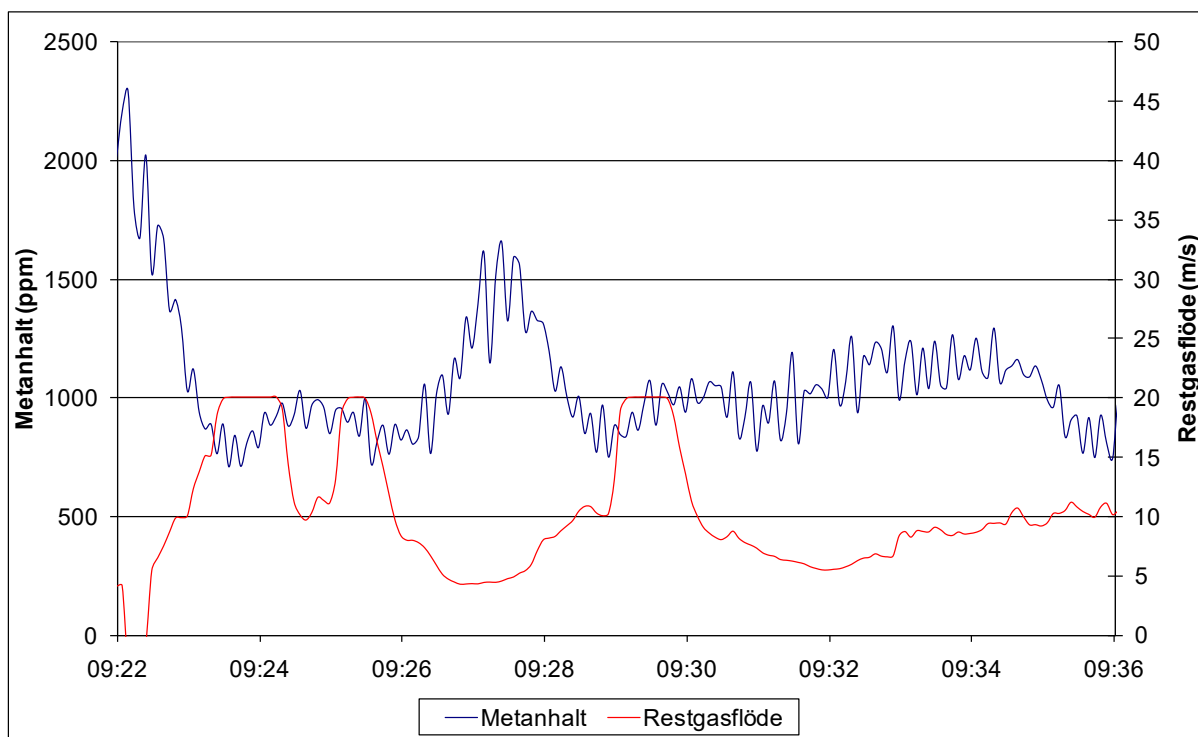
Figur 25. Exempel på mätresultat från restgasutsläpp vid PSA-anläggning

Restgasen är inte utspädd med luft med denna teknik. Utsläppet består huvudsakligen av koldioxid, med låga halter av metan och andra föroreningar.

Metodiken i kapitel 6.3.1 för mätning i ventilationsrör tillämpas, men för att fånga de snabba förloppen krävs en samplingstid på minst 1 sekund. För att bestämma den utsläppta mängden metan görs en numerisk integration av mätresultaten för metanhalt och flöde. Svarstiderna skiljer vanligen mellan FID och flödesmätare varför mätresultaten behöver synkroniseras innan utvärdering. Restgasen är inte utspädd med luft vilket gör att restgasflödet som alternativ kan bestämmas från det uppmätta rengasflödet i anläggningen.

#### 6.6.4 Kemisk skrubber

För uppgraderingsanläggningar med tekniken kemisk skrubber varierar bilden en del mellan olika anläggningar. Någon anläggning kan ha ett mycket stabilt flöde och metanhalt i utsläppet av restgas, medan någon annan kan ha en aktiv tryckventil som reglerar utsläppen vilket medför att både metanhalt och flöde varierar betänkligt. Exempel på det senare ses i Figur 26. I samtliga fall kan kapitel 6.3.1 om mätning i ventilationsrör tillämpas. Restgasen är mättad med fukt vilket gör att mätning med L-pitotrör är olämpligt, se kapitel 4.2.1. Metanhalter på mellan 200 till 2 500 ppm förekommer.



Figur 26. Exempel på mätresultat för restgasutsläpp från kemisk skrubber.

Restgasen är inte utspädd med luft vilket gör att restgasflödet som alternativ kan bestämmas från det uppmätta rengasflödet i anläggningen. Utsläppet består huvudsakligen av koldioxid, med låga halter av metan och andra föroreningar.

### 6.6.5 Membranteknik

Denna uppgraderingsteknik har blivit vanligare på senare tid. Gasen renas genom att den passerar genom membran som är genomsläppliga för metan, men ej för koldioxid. Den avskilda restgasen, koldioxiden, leds ut till atmosfär eller till efterbehandling via en avgaskanal i vilken metanhalt och flödes hastighet kan uppmätas. Flödesmätningen kan ske med pitotrör men behöver korrigeras för restgasens densitet ( $1,98 \text{ kg/m}^3$ ).

Observera riskerna med utströmmande koldioxid från eventuella mätuttag. Koldioxid är tyngre än luft och tränger undan syret där den strömmar ut. Använd gasvarnare, undvik ensamarbete och se alltid till att ha god ventilation vid platsen för arbetet.

Som ett alternativt kan restgasflödet beräknas från uppgraderingens rengasflöde, på samma sätt som för kemisk skrubber.

### 6.6.6 Kryogen teknik

Vid tillverkning av flytande biogas kylv biometan ned med flytande kväve till  $-162 \text{ }^\circ\text{C}$ . Förvätskning av biometan genom nedkylning med kväve kräver vanligtvis ett poleringssteg för att minimera mängden koldioxid i gasen. Detta utgörs ofta av en kemisk skrubber. Poleringssteget innebär att gasen renas ytterligare från ca 98 % till 99,99 % metan. Den avskilda koldioxiden leds ut till atmosfär via ett avgasrör, men en mindre mängd metan följer då med ut.

Genom att mäta halten i restgasen och bestämma dess flöde är det möjligt att kvantifiera metanutsläppet. På grund av att restgasen är varm och mättad med fukt bildas mycket kondens i restgasen, som kan göra det svårt att mäta flödet korrekt. I stället kan flödet beräknas från uppmätta flöden och metanhalter på biogas till och från poleringssteget. Ofta saknas dock mätare för dessa specifika flöden till och från poleringssteget.

Ett alternativ är då att använda sig av nivåmätare i LBG tank. Förändringen i nivåmätaren, uttryckt i kg LBG, över en specifik mätperiod räknas om till gasvolym med densiteten  $0,717 \text{ kg/m}^3$ . För att beräkna volymen in till polerasteget divideras metanvolymen med rengasens metanhalt. Restgasflödet är differensen mellan rengasflödet in och metanflödet ut från polerasteget.

## 6.7 Rötrestlager

Detta är den utsläppspunkt på biogasanläggningar som vanligen ger betydande metanutsläpp. Ibland hanteras rötrestlagret som en s.k. efterrötningskammare där producerad biogas tas om hand i ett slutet gassystem och blandas med biogas från de vanliga rötkamrarna. I sådana fall sker heller inga systematiska metanutsläpp och några mätningar behöver inte göras här. På andra anläggningar är tanken istället helt öppen, det finns exempel på att den benämns som avgasningstank, och där sker stora utsläpp av metan till atmosfär (upp till mellan 5 till 10 % har uppmätts).

Det finns exempel på inbyggda cisterner med avluftningsrör där metanutsläppen kan bestämmas enligt metodik i kapitel 6.4. Mer vanligt är helt eller delvis öppna cisterner eller tankar. Den mättekniska utmaningen är i dessa fall att bestämma det gasflöde som avgår från tanken.

Mätning i öppna eller delvis öppna rötrestlager sker med huvmätning (kapitel 4.3), där en huv placeras på ytan och utsläppen bestäms från den delarea som huven täcker (se Figur 27). Huven flyttas runt till olika mätpunkter på ytan till dess att mätningen kan anses vara representativ för utsläppet från den totala arean. Utsläppen beräknas genom att integrera medelvärdet av de enskilda mätningarna till den totala arean. På vissa utsläppsobjekt kan det vara lämpligt att sektionera ytan och bestämma utsläppen separat från de olika sektionerna, exempelvis om delar av ytan innehåller färskt material eller delar är belagda med svämtäcke.



Figur 27. Huvmätning vid öppet rötrestlager.

## 6.8 Läckage

Kvantifiering av läckage sker med *utspädningsprovtagning* (kapitel 4.4), där läckaget samlas in och späds ut med omgivningsluft (se Figur 28).

Provtagningspunkterna kan se mycket olika ut varför man som regel behöver konstruera provtagningsutrustning manuellt för varje punkt, exempelvis med byggplast och träreglar. Det är viktigt att se till att omgivningsluft fritt kan komma in i provtagningsutrustningen, samtidigt som det såklart också är viktigt att hela metanutsläppet samlas upp.



Figur 28. Utspädningsprovtagning av läckande säkerhetsventil.

## 6.9 Bestämning av metanförlust med läcksökningsinstrument

I många fall kan de totala metanförlusterna från läckor i processutrustning bestämmas genom mätning i ventilationen från lokalerna där utrustningen är placerad. Detta får också anses vara den mest tillförlitliga metoden i de fall då lokalerna är mekaniskt ventilerade. Dock förekommer gasutrustning som är placerad utomhus såväl som i icke ventilerade utrymmen, då andra metoder måste användas.

Inom petroleum- och kemiindustrin (som vanligtvis har processutrustning placerad utomhus) har man i många år använt statistiska metoder för att uppskatta förluster utifrån läcksökningsmätningar. Några av dessa metoder, som länge tillämpats i USA, har publicerats i en svensk standard (SS-EN 15446:2008, Flyktiga och diffusa utsläpp av gemensamt intresse för industrisektorer - Mätning av diffusa utsläpp av ångor genererade av utrustning och rörläckage). Delar av denna standard är tillämplig på anläggningar med biogas.

Metoden baseras på följande korrelation mellan avläst värde vid läcksökning och metanförlust:

$$ER = A \cdot (SV)^B \quad (3)$$

där ER står för Emission Rate (kg/h) och SV står för Screening Value (ppm på läcksökaren). Värden på konstanterna A och B har hämtats ur det statistiska materialet och varierar mellan olika typer av processutrustning och typer av media (gaser, vätskor). Då mätvärdet överstiger 10 000 ppm (för läcksökare med mätområde mellan 10-100 000 ppm) respektive 100 000 ppm (för läcksökare med mätområde över 100 000 ppm) ska fastställda värden på ER användas istället, se Tabell 5.

Tabell 5. Faktorer för biogasanläggningar enligt SS-EN 15446:2008.

| Benämning | Utrustning     | A        | B     | 10 000 (kg/h) | 100 000 (kg/h) |
|-----------|----------------|----------|-------|---------------|----------------|
| Valve     | Ventil         | 2,29E-06 | 0,746 | 0,064         | 0,140          |
| Pump seal | Pumptätning    | 5,03E-05 | 0,610 | 0,074         | 0,160          |
| Connector | Anslutningsdon | 1,53E-06 | 0,735 | 0,028         | 0,030          |
| Flange    | Fläns          | 4,61E-06 | 0,703 | 0,085         | 0,084          |
| Open end  | Rörände        | 2,20E-06 | 0,704 | 0,030         | 0,079          |
| Other     | Annat          | 1,36E-05 | 0,589 | 0,073         | 0,110          |

Resultaten räknas om med densiteten 0,717 kg/m<sup>3</sup> och summeras till totalt metanutsläpp i Nm<sup>3</sup>/h, vilket sedan kan sättas in i Excel-mallen för beräkning av metanförlust.

## 6.10 Kalibrering av fast installerad mätutrustning

Om fast installerad mätutrustning för att bestämma metanhalt och flöde i utsläpp (ex. restgas) ska användas för rapportering så ska den vara kalibrerad. Kalibreringen ska ske mot de referensmetoder som anges i denna handbok, SS-EN ISO 25140:2010 och SS-EN ISO 16911-1:2013. Kalibreringen ska utföras i flera punkter och den ska täcka in det normala mätområdet. Kalibreringsmetoden bör baseras på etablerade metoder att kalibrera och kontrollera emissionsmätningar, exempelvis SS-EN 14181:2014 eller Jämförande mätning enligt Naturvårdsverkets NOx-föreskrift.

## 7. Beräkningsformler

### 7.1 Momentana utsläpp

Gasflödet ( $Q$ ) som ska användas vid beräkning av utsläppets storlek ska vara angivet i  $\text{Nm}^3/\text{h}$ . Vid bestämning av flöde i ex. en ventilationskanal ska temperaturen och det statiska trycket bestämmas i kanalen för en omräkning till normaltillstånd. Det kan göras med hjälp av allmänna gaslagen. Temperaturen ( $T$ ) i gasflödet anges i Kelvin. Det erhålls genom att ta aktuell temperatur i Celsius och addera 273,15. Hela beräkningen blir enligt följande:

$$Q_{\text{utsläpp}} (\text{Nm}^3 / \text{h}) = Q_{\text{utsläpp}} (m^3 / \text{h}) \cdot \frac{273,15}{273,15 + T (^{\circ} \text{C})} \cdot \frac{p(\text{kPa})}{101,3} \quad (4)$$

Man kan ofta bortse från det statiska tryckets påverkan då mätningar normalt sker i ventilationssystem med tryck som ligger nära atmosfärstrycket.

Metanförlusten i en enskild utsläppspunkt beräknas genom att metanhalten ( $\text{CH}_4$ ) som uppmätts multipliceras med gasflödet i utsläppet, metanförlusten bestäms i absoluta mått i enheten  $\text{Nm}^3 \text{CH}_4/\text{h}$ . Detta divideras sedan med det totala metanflödet genom anläggningen för att erhålla den relativa metanförlusten (% av produktionen). För en biogasanläggning erhålls det totala metanflödet genom att multiplicera metanhalt (vol-%) i producerad rågas med rågasflödet ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ). För en uppgraderingsanläggning erhålls det totala metanflödet genom att multiplicera metanhalt (vol-%) i inkommande rågas med inkommande rågasflödet ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ ).

$$Förlust_{\text{rå}} (\text{kvot}) = \frac{CH_{4(\text{utsläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{utsläpp}} (\text{Nm}^3 / \text{h})}{CH_{4(\text{rå})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{rå}} (\text{Nm}^3 / \text{h})} \quad (5)$$

För uppgraderingsanläggningar ska även förlusten beräknas med indirekt metod, d.v.s relaterat till rengasmätning. Detta görs eftersom rengasmätning generellt sätt har en lägre mätosäkerhet än rågasmätning. Nämnaren ersätts i det fallet med metanflödet i rengasen summerat med samtliga uppmätta förluster, jämför flödesschema i Figur 1.

$$Förlust_{\text{ren}} (\text{kvot}) = \frac{CH_{4(\text{utsläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{utsläpp}} (\text{Nm}^3 / \text{h})}{CH_{4(\text{ren})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{ren}} (\text{Nm}^3 / \text{h}) + \sum_{i=1}^n CH_{4(\text{utsläpp},i)} \cdot Q_{\text{utsläpp},i}} \quad (6)$$

De metanförluster som beräknas enligt ovan motsvarar den momentana förlusten vid det aktuella driftläget i anläggningen. Vid ett prestandaprov av en uppgraderingsanläggning kan man då få ett mått på metanförlusterna i olika driftfall eller belastning på anläggningen.

## 7.2 Årliga utsläpp

Om syftet med mätningen är att bestämma årliga utsläpp (ex. i EgMet) räknas den momentana metanförlusten om till ett utsläpp per år ( $\text{Nm}^3/\text{år}$ ) genom olika beräkningsprinciper.

### 7.2.1 Förlust relativt produktionen i anläggningen

Med denna beräkningsprincip multipliceras det momentana relativa metanutsläppet med producerad mängd metan per år i en biogasanläggning, respektive inkommande mängd metan per år i en uppgraderingsanläggning. Man antar därmed att utsläppsmängderna varierar relativt produktionen i anläggningen.

Information om årliga metanflöden genom anläggningen kan oftast fås från driftstatistik i form av årlig produktion/inkommande mängd rågas ( $\text{Nm}^3/\text{år}$ ) och dess genomsnittliga metanhalt. Finns uppgifterna inte tillgängliga på detta sätt beräknas det årliga metanflödet istället genom att multiplicera rågasflödet och metanhalt i rågasen vid mätningen med antalet drifttimmar i anläggningen.

$$Utsläpp_{ra} (\text{Nm}^3 / \text{år}) = Förlust_{ra} (\text{kvot}) \cdot \text{Totalt genomflöde}_{ra} (\text{Nm}^3 / \text{år}) \quad (7)$$

För uppgraderingsanläggningar ska även utsläppet beräknas relaterat till rengasmätning, d.v.s. årlig produktion av rengas ( $\text{Nm}^3/\text{år}$ ) och dess genomsnittliga metanhalt.

$$Utsläpp_{ren} (\text{Nm}^3 / \text{år}) = Förlust_{ren} (\text{kvot}) \cdot \text{Totalt genomflöde}_{ren} (\text{Nm}^3 / \text{år}) \quad (8)$$

### 7.2.2 Konstant förlust över årets alla drifttimmar

Med denna beräkningsprincip antas att förlusten är konstant över årets alla drifttimmar. Med kännedom om antalet drifttimmar i anläggningen så kan det årliga utsläppet beräknas.

$$Utsläpp (\text{Nm}^3 / \text{år}) = CH_{4(\text{utsläpp})} (\text{vol} - \%) \cdot Q_{\text{utsläpp}} (\text{Nm}^3 / \text{h}) \cdot \text{Drift} (\text{h} / \text{år}) \quad (9)$$

### 7.2.3 Totala årliga utsläpp

Anläggningens totala metanförlust i procent beräknas genom att summan av utsläppen divideras med det totala metanflödet ( $\text{Nm}^3/\text{år}$ ). Precis som i beräkningarna ovan är det totala metanflödet lika med producerad mängd metan i biogasanläggningen respektive inkommande mängd metan till uppgraderingsanläggningen.

$$Förlust_{r\grave{a}} (\%) = 100 \cdot \frac{\sum Utsläpp_{r\grave{a}} (\text{Nm}^3 / \text{år})}{\text{Totalt genomflöde}_{r\grave{a}} (\text{Nm}^3 / \text{år})} \quad (10)$$

För uppgraderingsanläggningar beräknas även förlusten relaterad till rengasmätning.

$$Förlust_{ren} (\%) = 100 \cdot \frac{\sum Utsläpp_{ren} (\text{Nm}^3 / \text{år})}{\text{Totalt genomflöde}_{ren} (\text{Nm}^3 / \text{år})} \quad (11)$$

## 7.3 Mätosäkerhet

Det är svårt att säga något generellt om mätosäkerhetens storlek vid bestämning av metanförlust eftersom förutsättningarna är så olika för de olika teknikerna och för enskilda anläggningar och mätpunkter. De beräknade metanförlusterna har en total mätosäkerhet som beror på många felkällor. Om utsläppsmätningarna kan göras kontrollerat (raksträckor etc.) så ligger den huvudsakliga felkällan i bestämningen av metanflödet genom anläggningen, d.v.s. det värde som utsläppet relateras till.

Mätning i rågas har stor osäkerhet eftersom gasen där är mättad med vattenånga och innehåller många föroreningar (smuts och partiklar). Den indirekta metoden där utsläppen i stället relateras till rengasmätning är därför mer tillförlitlig i detta hänseende. För uppgraderingsanläggningar är det förväntat att resultaten för metanförlust kommer att skilja åt mellan beräkningen baserad på rågasmätning och beräkningen baserad på rengasmätning. Det senare resultatet bör som sagt vara mer tillförlitligt eftersom rengasmätningen normalt sett är mer noggrann.

## 8 Läcksökning

Varje anläggning ska ha en rutin för regelbunden och systematisk läcksökning. En noggrann läcksökning bör genomföras årligen, då hela anläggningen systematiskt går igenom. För en sådan noggrann läcksökning kan det vara en fördel att använda en extern resurs så att man undviker ”hemmablindhet”. Mellanliggande kontroller bör utföras med lämpliga intervall som en del av anläggningens underhållsprogram, enligt ett enklare förfarande.

### 8.1 Metoder och instrument

Vid läcksökning 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 ska äga minst ett läcksökningsinstrument samt ha tillgång till läcksökningsspray.

Läcksökningsinstrument för detektion av metan kan baseras på olika mätmetoder. Vanliga metoder är halvledarsensorer eller katalytiska sensorer. Det är viktigt att skilja på läcksökningsinstrument och gasvarnare. Läcksökningsinstrument ska ange mätresultat som en halt på en display, alternativt med olika nivåer som indikeras med ljus-signaler. Vidare ska instrumentet kunna förse med mätsond (se Figur 4), för kontroll av svåråtkomliga utrymmen.

Halvledarsensorn består av en eller flera metalloxider och värms upp till en specifik temperatur, beroende på vilken gas som ska 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.

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.



Figur 29. Optisk gaskamera av fabrikat FLIR ([www.flir.com](http://www.flir.com))

Vid noggrann läcksökning, eller vid svårigheter att identifiera läckage, kan en optisk gaskamera vara ett värdefullt komplement, se Figur 29. Kameran arbetar i IR-området och kan visualisera läckande metan som stillbilder eller videofilm.

## 8.2 Noggrann läcksökning med instrument

Läcksökningsinstrumentets funktion ska kontrolleras innan läcksökningen påbörjas. Testa utrustningens funktion genom att släppa ut en liten mängd biogas och kontrollera att instrumentet detekterar detta. Om instrumentet ska servas och kalibreras med ett visst tidsintervall, kontrollera att detta skett enligt tillverkarens anvisningar.

Genomför en systematisk genomgång av anläggningen med läcksökningsinstrument och läckspray. Om metanutsläpp detekteras med läcksökningsinstrument ska det högsta noterade mätvärdet antecknas i ett protokoll.

För läcksökningsinstrumentet utmed eventuella utsläppspunkter. Detta ska göras både en liten bit ifrån och precis intill utrustningen. En pump drar vanligtvis in gas till detektorn i instrumentet. Beroende på ledningens längd, pumpens effekt och detektorns svarstid kan instrumentet föras med olika hastighet längs med den ev. utsläppspunkten. Om sökningen genomförs för snabbt går det inte att bestämma var ett utsläpp detekterats.

Identifierade läckor dokumenteras och förs in i arbetsordersystemet för prioritering, beredning och åtgärd.

### 8.3 Mellanliggande kontroller med instrument

Inför rutiner för läcksökning i ordinarie underhållsprogram, t.ex. som ronderingar med lämpliga intervall och i samband med genomförda underhållsarbeten (efter drifttagning) på relevanta utrustning. Rutinerna bör tydligt beskriva förfarande och rapportering.

Om den noggranna läcksökningsmetoden som beskrivs ovan skulle tillämpas ofta på anläggningen är det risk att den till slut utförs slentrianmässigt och slarvigt. Om man istället utför mellanliggande kontroller (exempelvis varje vecka eller månad, i samband med ordinarie rondering) på ett enklare sätt, får man ett lättarbetat men ändå kraftfullt verktyg för att upptäcka gasläckor.

Vid de mellanliggande kontrollerna noterar man den uppmätta halten med läcksökningsinstrumentet på ett antal platser i lokaler med gasutrustning. Platserna bör vara väl definierade, även i höjdd, och de ska inte vara direkt invid potentiellt läckande delar (ett minsta avstånd av 1 meter rekommenderas). Metoden kräver ett noggrant läcksökningsinstrument enligt vad som anges i kapitel 4.1.3 för att betydande läckor ska kunna upptäckas på detta sätt. Utspädningseffekten blir ju betydande i en stor lokal.

Uppmätta halter på de olika platserna bör följas i olika diagram för att upptäcka trender. Om trenddiagrammen indikerar läckage eller om mätningen är noterbart högre än tidigare värden kan man initiera en noggrann läcksökning i utrustningen invid den aktuella platsen.

För att kunna detektera låga halter är det viktigt att instrumentet startas och nollkalibreras i kolvätefri utomhusluft.

## 9. Referenser

- Gustavsson, Lennart och Magnus Andreas Holmgren. *Emissionsmäthandbok 2015*. Stockholm: Energiforsk rapport 2015:142, 2015.
- Holmgren, Magnus Andreas. "Handbok metanmätningar." 2011.
- Holmgren, Magnus Andreas, Agnes Willén och Lena Rodhe. *Värdering och utveckling av mätmetoder för bestämning av metanemissioner från biogasanläggningar - Litteraturstudie*. Malmö: Rapport SGC 238, 2011.
- Holmgren, Magnus Andreas, o.a. *Värdering och utveckling av mätmetoder för bestämning av metanemissioner från öppna rötrestlager – pilotskaleförsök*. Malmö: SGC Rapport 2013:274, 2013.
- Holmgren, Magnus. "Frivilligt åtagande – inventering av utsläpp från biogas- och uppgraderingsanläggningar." 2009.
- IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working*. Cambridge: Cambridge, 2013.
- Metoder att mäta och reducera emissioner från system med rötning och uppgradering av biogas*. Malmö: RVF Utveckling 2005:07, 2006.
- Persson, Margareta. "Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas." 2003.
- SGC. *Energigas och miljö*. Malmö: SGC, 2005.
- SS-EN 15446:2008, *Flyktiga och diffusa utsläpp av gemensamt intresse för industrisektorer - Mätning av diffusa utsläpp av ångor genererade av utrustning och rörläckage*. Stockholm: SIS, 2008.
- SS-EN ISO 16911-1:2013 *Utsläpp och utomhusluft - Bestämning av hastighet och volymflöde i kanaler - Del 1: Manuell referensmetod*. Stockholm: SIS, 2013.
- SS-EN ISO 25139:2011, *Utsläpp och utomhusluft - Manuell metod för bestämning av metankoncentration med gaskromatografi*. Stockholm: SIS, 2011.
- SS-EN ISO 25140:2010 *Utsläpp och utomhusluft - Automatisk metod för bestämning av metankoncentrationen med flamjonisationsdetektor*. Stockholm: SIS, 2010.
- Yngvesson, Johan och Magnus Andreas Holmgren. *Mätmetod för att bestämma metanutsläpp från täckta biogödsellager*. Malmö: Avfall Sverige rapport U2014:12, 2014.



*2025*

*Författare*

*Magnus Holmgren, EgMet Kansli*



**AVFALL SVERIGE**

**Svenskt Vatten**