

Rapport 2022:04

Avfall Sveriges Utvecklingssatsning
ISSN 1103-4092

UTVÄRDERING OCH MINSKNING AV METANUTSLÄPP FRÅN OLIKA EUROPEISKA BIOGASANLÄGGNINGS- KONCEPT (EvEmBi)



AVFALL SVERIGE

Förord

Utsläpp av metan från produktion och användning av biogas måste minimeras av flera skäl så som miljö, ekonomi och säkerhet. Sedan 2007 finns ett frivilligt svenskt system för egenkontroll av metanemissioner, sedan 2018 kallat EgMet, som har bidragit till ökad kunskap om förekomst av metanutsläpp bland svenska samrötningsanläggningar och avloppsreningsverk. Liknande frivilliga system finns i ett fåtal andra europeiska länder.

”Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plant concepts” (”EvEmBi”) är ett internationellt projekt med partners från flera europeiska länder.

Syftet med EvEmBi-projektet har varit att dels utvärdera olika europeiska biogaskoncept (typer av anläggningar) med avseende på emissionsfaktorer, dels att sprida kunskap om hur frivilliga system kan och bör utformas. Resultat och lärdomar från projektet har delgivits EU-kommissionen som inspel i kommande förslag till reglering av metanutsläpp. Projektresultaten kommer också att användas för vidareutveckling av det svenska EgMet-systemet. Sist men inte minst har EvEmBi-projektet möjliggjort genomförandet av två utbildningstillfällen för Avfall Sveriges och Svenskt Vattens medlemmar.

Projektet har finansierats av Avfall Sveriges utvecklingssatsning, Svenskt Vatten Utveckling och Energimyndigheten. Projektledare har varit Johan Yngvesson och Jonas Dahl, båda vid RISE. Johan Yngvesson har författat rapporten.

Malmö i januari 2022

Cecilia Holmblad
Ordförande Avfall Sveriges
Utvecklingskommitté

Tony Clark
Vd, Avfall Sverige

Sammanfattning

Det finns europeiska och nationella behov av att genom jämförbara dataunderlag och metoder kunna rapportera utsläpp av växthusgaser ifrån avfallshantering och biogassystem. Det finns också behov av att branschen ska få ökade kunskaper, ta lärdom och få kontroll över sina emissioner för att målinriktat kunna arbeta för att undvika dem.

I Sverige har detta arbete kommit långt genom branschens egna system "Egenkontroll Metanemissioner - EgMet" (tidigare "Egenkontrollprogram metanemissioner - Frivilligt Åtagande"). Medan några få andra länder i Europa på senare tid har infört eller planerat att införa liknande system, har det i Sverige funnits sedan 2007 under vilken tid det har bidragit till att öka kunskapen om utsläpp och förbättrat miljöprestandan i processerna.

I EvEmBi-projektet har ett stort antal biogasanläggningar utvärderats med avseende på deras utsläpp av metan. Emissionsfaktorer har tagits fram genom att genomföra mätningar på biogasanläggningar i Tyskland, Österrike, Schweiz och Sverige och innefattar både jämförbara totalemissioner samt emissioner uppdelat på komponenter i anläggningen. Ett viktigt resultat är att skilja mellan emissioner som uppkommer som en konsekvens av den tekniska konstruktionen av anläggningen, som exempelvis öppna rötrestlager eller val av uppgraderingsteknologi, med emissioner som uppstår på grund av läckage från skador och slitage på konstruktioner och utrustning, så kallade OTNOC (Other Than Normal Operation Conditions). Vidare visar resultaten att just läckage ofta kan utgöra en större källa till de totala utsläppen än vad val av processlösningar innebär.

Efter att ha identifierat ett stort antal emissionskällor på biogasanläggningar, både av konstruktions- och processteknisk karaktär, och sådana som uppstår på grund av OTNOC, så har projektet tagit fram en lång åtgärdslista för att minska liknande emissioner. Resultaten från projektet visar att emissionsreducerande åtgärder kan tillskrivas korrekt val av utrustning eller processlösning men även att organisatoriska åtgärder har stor betydelse, såsom effektiva läcksökningsprogram och kunnig personal. Utöver detta så har även externa stöd eller åtgärder stor betydelse. Som exempel anges här frivilliga kontrollsystem som inkluderar intern läcksökning och kvantifiering av utsläppen genom externa kontroller.

Resultaten och slutsatserna ifrån projektet har spridits till branschpersonal genom ett antal utbildningstillfällen. Som en konsekvens av projektet och dess resultatspridning har projektdeltagarna haft möjligheten att föra diskussioner med EU-kommissionens departement för energifrågor, DG Ener. Det ansvarar bl.a. för att implementera EU:s strategi för att minska metanemissioner.

Lärdomar och resultat ifrån EvEmBi-projektet kommer att ha en direkt påverkan på utvecklingen av det svenska systemet för egenkontroll. En utökad datainsamling av antal läckor på anläggningarna samt genomförda förbättringsåtgärder är förslag som enkelt kan implementeras i systemet.

Summary

There is a European and national need to be able to report greenhouse gas emissions from waste management and biogas systems through comparable data and methods. There is also a need for the industry to gain increased knowledge, learn lessons and gain control over its emissions to be able to work purposefully to avoid them.

In Sweden, this work has come a long way through the industry's own system "Self-Inspection of Methane Emissions - EgMet" (Avfall Sverige/ Svenskt Vatten, 2021)). While a few other countries in Europe have recently introduced or planned to introduce similar systems, it has been in Sweden since 2007 during which time it has contributed to increasing knowledge about emissions and improved environmental performance in the processes.

In the EvEmBi project, several biogas plants have been evaluated regarding their methane emissions. Emission factors have been developed by conducting measurements at biogas plants in Germany, Austria, Switzerland, and Sweden and include both comparable total emissions and emissions divided into components of the plant. An important result is to distinguish between emissions that arise because of the technical construction of the plant, such as open digestate or choice of upgrade technology, with emissions that occur due to leakage from damage and wear and tear on structures and equipment, so-called OTNOC (Other Than Normal Operation Conditions). Furthermore, the results show that leakage can be a greater source of the total emissions than the choice of process solutions entails.

After identifying several emission sources at biogas plants, both of a design and process engineering nature, and those that arise due to OTNOC, the project has developed a long list of measures to reduce similar emissions. The results from the project show that emission reduction measures can be attributed to the correct choice of equipment or process solution, but also that organizational measures are of great importance, such as effective leak detection programs and knowledgeable staff. In addition to this, external support or measures are also of great importance. As an example, voluntary control systems are listed here, which include internal leak detection and quantification of emissions through external controls.

The results and conclusions from the project have been disseminated to industry staff through training opportunities. Because of the project and its dissemination of results, the project participants have had the opportunity to have discussions with the EU Commission's Ministry of Energy, DG Ener. Which is responsible for the implementation of the EU's strategy to reduce methane emissions.

Lessons learned and results from the EvEmBi project will have a direct impact on the development of the Swedish system for self-control. An increased data collection of the number of leaks at the facilities and implemented improvement measures are proposals that can easily be implemented in the system.

Innehållsförteckning

1	Bakgrund	1
2	Syfte och mål	4
3	Genomförande	6
3.1	Aktiviteter i projektet.....	7
3.2	Mätmetoder och anläggningar	8
4	Resultat	13
4.1	Vanliga källor till emissioner.....	14
4.2	Emissionsfaktorer.....	17
4.3	Antal läckage.....	23
4.4	Reduktionsåtgärder	25
5	Frivilliga egenkontrollprogram i Europa.....	28
6	Konklusioner och framtida behov	30
7	Citerade verk.....	32

1

Bakgrund

Enligt FNs klimatkonvention ska alla länder rapportera sina inventerade utsläpp av växthusgaser. Det innefattar även kvalitativa och jämförbara dataunderlag från biogasanläggningar. Specifikt behövs precisa och överskådliga mätdata från fullskaliga anläggningar och bättre estimerade emissionsfaktorer för rapportering enligt IPCC:s riktlinjer. Dagens emissionsfaktorer för metan vid avfallshantering baseras på alltför få studier vilket innebär stor variation av värden. I Tyskland antas generellt 1% av produktionen gå förlorad till atmosfären vilket baseras på antaganden i livscykelanalyser daterade före 2008. I Österrike räknas inte metanemissioner från biogasproduktion med i IPCC rapporteringen på grund av avsaknad av relevanta underlag. Dock angavs 2% förluster från gödselbaserad biogas. Antalet studier på temat har ökat de senaste åren, men ändå saknas jämförbara dataunderlag över metanemissionerna från dessa verksamheter. Avsaknaden av en europeisk standard och metodutvecklingen inom mätning av metanemissioner har gjort att tillgängliga resultat från sådana studier är svåra att jämföra mellan länder. Detta leder till att felaktiga eller osäkra värden för metanemissioner måste användas i samband med investeringar, tillståndsansökningar eller förbättringsåtgärder på anläggningarna. Det försvårar samtidigt för myndigheter att kontrollera och verifiera miljöprestanda på anläggningarna.

Inom EU pågår ett flertal aktiviteter relaterat till metanemissioner där EU:s framtagna av en gemensam metanstrategi 2020 har varit central. I strategin visar man tydligt på biogasbranschens möjlighet att vara en starkt bidragande faktor att sänka totala metanemissioner ifrån speciellt avfalls och jordbrukssektorn (EBA, 2020). Detta under förutsättningar att man inte släpper ut den metan som produceras. Därför är också arbetet med att ta fram nya referensdokument för bästa tillgängliga teknik för avfallshantering (BREF) viktigt. Det kommer att vara vägledande för medlemsländerna och sannolikt påverka sådant som bl.a. gränsvärden för metanemissioner, krav på mätningar och på tillämpbara mätmetoder. Krav på att införa ett system för att mäta metanläckage kan komma via EU inbakat i hållbarhetsredovisning inom regelverk för Taxonomi och förmodligen även via den revision som nu pågår via avloppsvattendirektivet (Svenskt Vatten, 2020).

För svenska avfallsanläggningar är det därför viktigt att påverka arbetet på EU-nivå genom att bidra med data och kunskap. Dels genom att redovisa mätdata som är representativa för svenska anläggningar, dels föra fram de inarbetade metoder kring mätning, rapportering och egenkontroll som framgångsrikt tillämpas.

Mellan 2016-2018 genomfördes ett projekt inom ERA-NET Bioenergy med syftet att harmonisera mätmetoder för metanemissioner (ERANETBioenergy, 2018)), och skapa grund för en europeisk standard. I det arbetet deltog flera av de aktörer som ingår i EvEmBi-projektet, inklusive RISE. Resultaten från MetHarmo-projektet ligger till grund för metodiken och jämförbarheten i EvEmBi.

Det svenska frivilliga systemet Egenkontroll metanemissioner ("EgMet"), är unikt och möts alltid av stort intresse internationellt. I övriga Europa finns det ambitioner att ta fram motsvarande nationella system. Hittills har Danmark infört ett liknande system (inspirerat av det svenska), men också Frankrike och Schweiz har system med liknande funktion och mål. Sedan starten av det svenska systemet 2007 har man genom metodiskt arbete byggt upp ett stort statistiskt material över metanemissioner från svenska biogasanläggningar. Det har samtidigt kunnat visa på stadigt minskade metanemissioner från deltagande anläggningar. Resultat från mätningar som genomförts i EgMet (dåvarande "Frivilligt åtagande") under åren 2007-2015 utgör ett viktigt dataunderlag och erfarenhetsbas i projektet.

Trots många förbättringar och utsläppsminskningar som skett inom EgMet genom åren saknas dock ännu kunskap om vilka åtgärder som ger bäst emissionsreducering och är mest kostnadseffektiva. Målet med deltagandet i det europeiska samarbetsprojektet "EvEmBi", som är en förkortning av "Evaluation and reduction of methane emissions from different European biogas plant concepts", var därför att samla mer kunskap och erfarenhet ifrån anläggningar med olika koncept även utanför Sveriges gränser.

De projektpartners som deltagit i EvEmBi-projektet är DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (De), University of Stuttgart, Fachverband Biogas e. V., University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna (AT), BEST Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH, Abwasser und Abfalltechnik GmbH, Kompost & Biogas Verband Österreich (AT), Ökostrom Schweiz (SW), Bern University of Applied Sciences (SW), Oester Messtechnik GmbH, Research Institutes of Sweden – RISE (SE), Avfall Sverige (SE) och Svenskt Vatten (SE). DTU (DK) deltog som underkonsult till RISE för speciella mätningar.

Projektet är utfört som en del av ERA-NET Bioenergy, som är ett europeiskt samarbete mellan forskningsfinansiärer inom bioenergiområdet och är uppbyggt på att parterna finansierar respektive nationell forskningsfinansiär. I Sverige finansierades RISE insats i huvudsak av Energimyndigheten och medfinansiering ifrån Svenskt Vatten och Avfall Sverige.

2

Syfte och mål

Projektets syfte har varit att reducera metanemissioner från biogasanläggningar i Sverige och Europa genom att identifiera potential, utveckla kvantifieringsmodeller och egenkontrollsystem samt att sprida kunskapen till biogasaktörer. Samt även till EU-kommissionens arbete med BREF-dokument, strategidokument och utsläppsreglerande åtgärder.

I den svenska delen av projektet var målet att utföra mätningar av metanemissioner på tre avfallsanläggningar och tre avloppsreningsverk. Dels med de beskrivna metoder som tillämpas inom det svenska samverkansprojektet Egenkontroll Metanemissioner (EgMet) sedan 2007, men med kompletterande s.k. omgivningsmätningar. Därutöver var målet att kombinera resultaten med de andra parternas jämförbara mätningar på olika europeiska anläggningar. Syftet med detta var att erhålla representativa emissionsfaktorer och för olika biogas-koncept i Europa (t.ex. jordbruksbaserad, matavfalls- eller avloppsslam-baserad biogas, uppgradering eller kraftvärmeproduktion) men också att försöka identifiera och peka på var de största emissionskällorna vanligen uppstår på anläggningarna och därmed kunna föreslå reduktionsåtgärder. Det var också ett uttalat mål att inom projektet om möjligt implementera och utvärdera sådana åtgärder utifrån nytta och kostnad.

Ett annat mål vara att resultaten ifrån projektet skulle ligga till grund för utveckling av ett europeiskt ”frivilligt åtagande” som i sin tur kan stimulera till fler nationella system, men även användas för att utveckla det befintliga EgMet som tillämpas inom biogasbranschen i Sverige idag. Information om och förklaring av det svenska systemet hade här ett eget syfte för att inspirera och underlätta för andra länder att utveckla deras system

Projektet skulle därför ta fram relevanta utbildningsunderlag för det svenska EgMet systemet och sprida kunskapen om resultaten, metoder och åtgärderna genom webinar och workshop för svenska och europeiska biogasorganisationer och operatörer på producerande anläggningar.

Syftet med projektet har också varit att genom att bidra med underlag från reella mätningar av emissionsfaktorer bidra med data till EU:s olika diskussioner om klimatpåverkan från biogas och därmed öka möjligheterna att eventuella framtida gränsvärden och tillståndskrav anpassas därefter. Projektresultaten har även haft syftet att öka kvaliteten i underlag till beslutsfattare och nationella biogasstrategier.

Förväntningarna har varit att projektet skulle leda till ökad kunskap om emissionsreducerande åtgärder hos anläggningarna, och att en samanställning av harmoniserade och jämförbara mätdata från ett större antal europeiska anläggningar kunde bidra till kunskap och utveckling även av det svenska systemet.

Ett gemensamt system för kvantifiering av emissionsfaktorer skulle möjliggöra en klassificering av olika konfigurationer för biogasproduktion och utifrån det kan rekommendationer ges och utvecklingen drivas framåt.

3

Genomförande

3.1 AKTIVITETER I PROJEKTET

Detta kapitel beskriver de aktiviteter som genomfördes inom projektet och som utlovats för det svenska deltagandet i Evembi, vilket även inkluderar resultat ifrån de andra europeiska partnernas mätningar och konklusioner. En gemensam rapport med sammanställning av projektets samtliga deltagares aktiviteter är inskickad till ERANET Bioenergy och kommer troligtvis publiceras på deras hemsida eranetbioenergy.net.

3.1.1 Mätningar

Det svenska deltagandet i projektet omfattade emissionsmätningar på sju svenska biogasanläggningar, varav två var avloppslambaserade anläggningar. Resultaten utvärderades och åtgärder föreslogs för att minska utsläppen. I de fall emissionsreducerande åtgärder genomfördes på anläggningarna utfördes uppföljande mätningar för att bestämma effekten av åtgärderna. Här bearbetades även statistik från EgMet från tidigare år och kompletterades med information om teknisk konfiguration, underhållsparametrar, organisation och genomförda förbättringsåtgärder. Mätningarna utfördes enligt två olika mätmetoder samtidigt, så kallad "on-site" punktmätningar respektive omgivningsmätningar med spårgasmetod.

I deltagande länder genomfördes motsvarande mätningar på ett stort antal anläggningar. Även dessa mätningar utfördes som on-site- respektive omgivningsmätningar.

3.1.2 Emissionsreducerande åtgärder

Från de initiala mätningarna föreslogs åtgärder för att minska utsläppen. I några fall genomfördes sådana åtgärder på anläggningarna som sedan kontrollmättes igen för att utvärdera effekterna. Underlag från mätningar och förbättringsåtgärder har använts i en enklare cost-benefit-analys av åtgärderna.

3.1.3 Emissionsfaktorer

Mätdata från projektet har använts för att ta fram emissionsfaktorer för olika typer av anläggningar och delprocesser. Resultaten är tänkta att användas som faktabaserat underlag till emissionsfaktorer för att representera utsläpp från delprocesser eller objekt/utsläpp och typer av biogasanläggningar i Europa. Emissionsfaktorerna beskriver utsläppets andel av producerad mängd metan på en enskild anläggning eller processdel och anges i procent. Underlagen kan därför användas till att bedöma och sätta relevanta krav och gränsvärden i nationella eller europeiska system eller regler.

3.1.4 Utveckling av egenkontrollsystem för metanemissioner

Inom projektet ingick även att bidra med erfarenheter från det svenska EgMet-systemet för att stödja implementering av motsvarande system i deltagande länder. Från svenskt håll omfattade detta översättning av den svenska systembeskrivningen till engelska, erfarenhetssammanställning från deltagande aktörer och presentationer för projektgruppen och på ett publikt, internationellt webinar.

Deltagande länders projektpartners informerade i sin tur deras respektive biogasbranscher genom nationell rapportering, seminarier och workshops.

3.1.5 Utbildning

I projektet ingick att ta fram underlag och material för utbildningar inriktade mot metanemissioner och emissionsreducerande åtgärder för svenska aktörer. Detta genomfördes i form av två utbildningstillfällen, riktade mot biogasbranschen, i samarbete med Svenska Vattens och Avfall Sveriges utbildningsverksamheter. Det första tillfället hölls som ett traditionellt seminarium hos Tekniska verken i Linköping, 2020-03-12. Det andra tillfället utfördes som ett webinarium 2021-01-27 som inbjöd till aktivt medverkande genom enkätfrågor (s.k. polls-frågor) samt diskussionsforum i mindre grupper. Båda tillfällena utvärderades som positiva efteråt och kan eventuellt fortsätta som årliga event även efter projektets slut.

Projektets europeiska partners utförde motsvarande utbildningsinsatser i respektive länder.

3.1.6 Input till EU-kommissionens strategi- och regelarbete

Under projektets gång publicerade Europakommissionen en strategi för att minska metanemissioner (Comission, 2020) (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf).

Den adresserar metanutsläpp som förekommer inom energi-, jordbruk-, avfall- och avloppsrelaterade verksamheter. Bland annat omnämns dåligt designade och bristfälligt underhållna biogasanläggningar som utsläppskällor som kan åtgärdas. Under projektets avslutande månader fördes samtal med kommissionens representant för den aktuella arbetsgrupp som ansvarar för att ta fram förslag till hur metanstrategin realiserar. Dessa samtal anordnades av den europeiska biogasföreningen (European Biogas Association - EBA). De utgick till stor del ifrån projektresultaten, projektmedlemmarnas erfarenheter och slutsatser kring

de goda effekterna av frivilliga branschsystem för metanreducering i Sverige och även Danmark. Även projektresultat i form av emissionsfaktorer kommunicerades in till Kommissionen via denna kanal.

3.2 MÄTMETODER OCH ANLÄGGNINGAR

Metanmätningarna utfördes vanligtvis under en arbetsdag på anläggningarna och med två olika metoder samtidigt. Dels användes samma on-site-metoder som tillämpas i Sverige inom EgMet och som beskrivs i Handbok Metanmätningar (Avfall Sverige, 2016). Dessa mätningar utfördes av RISE. Metoden går i stora drag ut på att mäta enskilda utsläpp från identifierade källor och utsläppspunkter på anläggningen. Efter mätningen kan samtliga uppmätta utsläpp summeras för att representera de totala utsläppen från anläggningen.

Parallellt med dessa utfördes även omgivningsmätningar enligt så kallad spargasmetod (eng. TDM - Tracer Dispersion Method) av Danmarks Tekniska Universitet, DTU.

3.2.1.1 Kvantifiering av utsläpp med on-site-metod

On-site-mätningar är den metodik som tillämpats i Sverige inom EgMet. Tillvägagångssättet beskrivs i detalj i Handbok Metanmätningar (Avfall Sverige, 2016). Metodiken bygger på en initial identifiering av alla utsläppspunkter på anläggningen med efterföljande kvantifiering av enskilda utsläpp. I kvantifieringen mäts utsläppets volymflöde och koncentrationen av metan. Kvantifieringen kan utföras med flera olika metoder beroende på om det återfinns som ett ventilationsflöde, som ett läckage på en membran- eller betongkonstruktion, som ett kontinuerligt utsläpp från en uppgraderingsenhet eller som diffusa utsläpp från till exempel ytan på ett rötrestlager.

Figur 1 visar några metoder för kvantifiering av olika utsläppskällor. Genom att summera samtliga sådana uppmätta utsläpp hos en anläggning erhålls ett totalt utsläppsvärde. Fördelen med on-site metoden är att det ger ett bra underlag för prioritering av anläggningens utsläpp och är ett förhållandevis okomplicerat tillvägagångssätt. Några nackdelar är att mätningarna kräver ett

mätbart och konstant flöde från det specifika utsläppet. Det är även svårt att kvantifiera alla utsläpp på en anläggning och att det totala utsläppet kan underskattas om någon utsläppskälla inte identifieras men eventuellt överskattas om flödet skulle fluktuera. Jämförelse med omgivningsmätningar (se följande kapitel) antyder dock på att det är troligare med en möjlig underskattning.

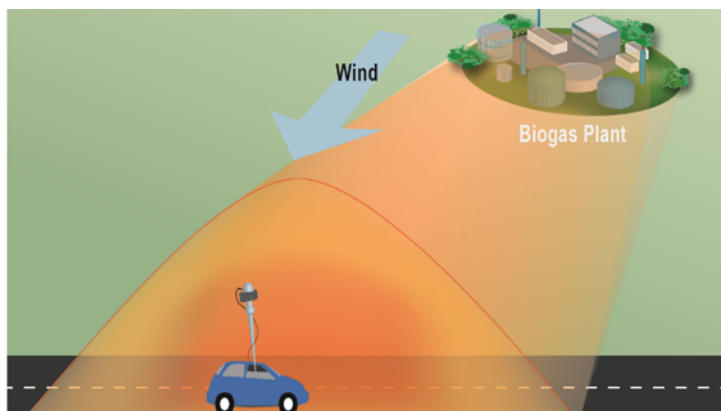
Figur 1 Bilden till vänster visar hur en dynamisk huv används för kvantifiering av diffusa utsläpp från ytan på ett rötrestlager. Den högra bilden visar mätning av lufthastighet med en varmtrådsgivare, för beräkning av flödet i en ventilationstrumma.



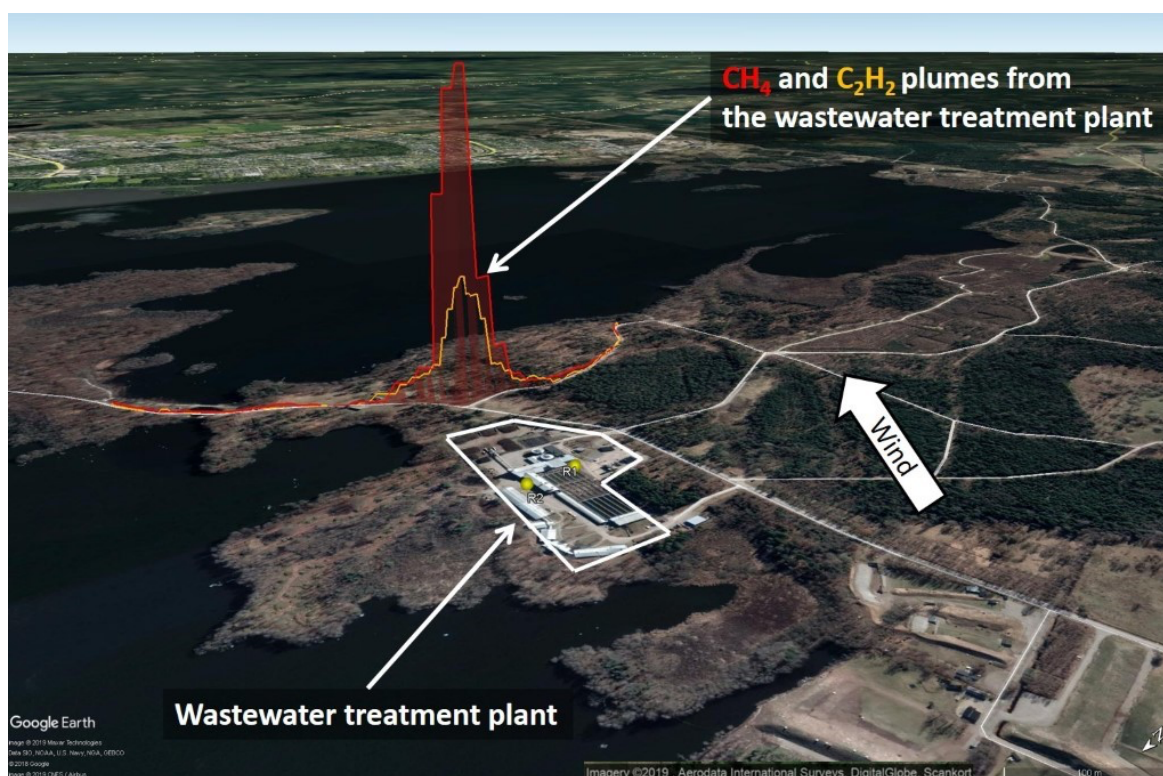
3.2.1.2 Kvantifiering av utsläpp med spårgasmetod (TDM):

Denna metod går huvudsakligen ut på att mäta emissionerna i vinden nedströms anläggningen, samtidig som ett kontinuerligt utsläpp av en känd mängd spårgas skapas på strategiska punkter på anläggningen. Flera mätningar (10-20 traverseringar) genomförs för att erhålla ett genomsnittligt värde, se Figur 2. Metoden beskrivs mer i detalj i (Clauß, o.a., 2019)

Figur 2 Illustration över metankvantifiering från en biogasanläggning med spårgasmetod. (Källa: Charlotte Scheutz, DTU)



Figur 3 Exempel på resultatrapport från mätning med spårgasmetod.



På de internationella anläggningarna genomfördes också on-site-mätningar av samma slag som i Sverige medan omgivningsmätningarna genomfördes med IDMM (Inverse Dispersion Modelling). Även denna metod beskrivs i (Clauß, o.a., 2019). Metoderna är jämförbara och ger liknande resultat. Partners i projektet använde den metod de hade tillgång till i det land de mätte.

Fördelarna med omgivningsmätningar, även kallade off-site-mätningar, är att de i större utsträckning kan analysera hela emissionen. Några nackdelar är att de är mer komplicerade att utföra, de är väderberoende och delvis beroende av topografi och vägnät kring anläggningen. En utförlig jämförelse mellan omnämnda mätmetoder återfinns i (Clauß, o.a., 2019), men generellt kan man konstatera att omgivningsmetoderna visar något högre utsläppsvärden än on-site metoden. I EvEmBi har man använt sig av resultaten från omgivningsmätningarna för beräkningar av de totala emissionsfaktorerna, för jämförelser mellan olika anläggningar. Emissionsfaktorerna för olika delprocesser, enskilda processteg eller komponenter beräknats dock utifrån on-site-mätningarna.

3.2.2 Typer av anläggningar

I den svenska studien deltog fem samrötningsanläggningar och två slamrötningsanläggningar (avloppsreningsverk). Samtliga var utrustade med uppgraderingsenheter som i olika omfattning renade biogasen till fordonsgas. I de andra länderna utfördes mätningar på olika kombinationer av avfall-, gödsel- och grödobaserade anläggningar med i huvudsak kraftvärmeanläggningar som användare av gasen.

Totalt mättes det på 30 anläggningar i fyra länder: Österrike, Tyskland, Schweiz och Sverige. Tabell 1 listar alla kombinationer av koncept som ingick i mätkampanjerna. I utvärderingen av resultat har dock även andra mätningar tagits med där de har varit jämförbara.

Tabell 1 Anläggningar som ingick i mätkampanjer i projektet.

	Land	Substrat	Användning
1	Österrike-01	Matavfall	Kraftvärme; Uppgradering
2	Österrike-02	Matavfall	Kraftvärme; Uppgradering
3	Österrike-03	Matavfall; gödsel	Kraftvärme
4	Österrike-04	Restströmmar bryggeri	Kraftvärme
5	Österrike-05	Matavfall; lantbruksavfall	Uppgradering
6	Österrike-06	Matavfall	Kraftvärme
7	Österrike-07	Industriellt matavfall	Kraftvärme
8	Österrike-08	Majsensilage; gödsel	Kraftvärme
9	Schweiz-01	Gödsel, slurry organiskt avfall	Kraftvärme
10	Schweiz-02	Gödsel, slurry organiskt avfall	Kraftvärme
11	Schweiz-03	Gödsel, slurry organiskt avfall	Kraftvärme
12	Tyskland-01	Energigrödor, gödsel	Uppgradering
13	Tyskland-02	Gödsel	Kraftvärme
14	Tyskland-03	Energigrödor	Kraftvärme
15	Tyskland-04	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
16	Tyskland-05	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
17	Tyskland-06	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
18	Tyskland-07	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
19	Tyskland-08	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
20	Tyskland-09	Energigrödor	Uppgradering
21	Tyskland-10	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
22	Tyskland-11	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme
23	Tyskland-12	Energigrödor, gödsel	Kraftvärme (Självförsörjning)
24	Sverige-01	Avloppsslam, matavfall	Uppgradering
25	Sverige-02	Matavfall, gödsel	Uppgradering
26	Sverige-03	Matavfall, gödsel	Uppgradering
27	Sverige-04	Matavfall	Uppgradering
28	Sverige-05	Matavfall	Uppgradering
29	Sverige-06	Matavfall, gödsel	Uppgradering
30	Sverige-07	Avloppsslam	Värmepanna

4

Resultat

4.1 VANLIGA KÄLLOR TILL EMISSIONER

På en biogasproduktionsanläggning kan många olika källor till utsläpp förekomma. Det finns diffusa källor, punktkällor och källor som endast förekommer vid vissa driftsförhållanden. De vanligaste och mest relevanta källorna är:

- Utsläpp från tankar uppströms röt-kammaren
- Läckage vid gashållare och gashållarfixering
- Läckage från tryckhöjande maskindelar i gassystemet
- Utsläpp från säkerhetsventiler (tryckavlastningsventiler)
- Utsläpp från öppna eller täckta, men ej gastäta, rötrestlager
- Utsläpp från biogasutnyttjandeenheter (t.ex. kraftvärme och biogasuppraderingsenheter)

Förutom att minska utsläppen av klimatpåverkande växthusgaser (metan) så har minimering av metanutsläppen flera ytterligare positiva effekter. Detta inkluderar säkerhetsaspekter, ekonomi och luktproblem. Om koncentrationen av biogas i luften är mellan 6 och 22 volymprocent, eller för biometan (dvs uppraderad/renad biogas) mellan 4,4 och 16,5 volymprocent, finns det en explosionsrisk i närvaro av en antändningskälla.

Att undvika metanläckage är därför också viktigt ur säkerhetssynpunkt. Därutöver strävar anläggningsoperatörerna på att nyttogöra största möjliga mängd biogas som produceras, eftersom biogasen är anläggningens främsta inkomstkälla. Små förluster av metan kan leda till betydande ekonomiska förluster. Även om metan är en luktfri gas, så kan minskade metanutsläpp också minska utsläppen av luktämnen, såsom svavelföreningar.

Regelbunden sökning av läckage är här bästa metoden att detektera källor till eventuellt läckage. I samband med detektering kan det vara sunt att överväga det faktum att ju högre gastrycket är där

läckaget uppstår desto större riskerar utsläppet att bli. Dessutom har läckagets position i systemet allt större påverkan på ekonomin och miljö, ju högre koncentrationen av metan man har i gasflödet. Dvs. ju närmre punkten för försäljning det uppstår.

En detaljerad beskrivning av olika mätmetoder för att upptäcka och kvantifiera utsläpp vid biogasanläggningar beskrivs i (Clauß, o.a., 2019).

4.1.1 Mottagning och förbehandling av substrat

Beroende på flera förhållanden (typ av råvara, lagringstid, förbearbetning, temperatur, pH-värde osv.), kan utsläpp från mottagande tankar eller bufferttankar uppstå. Medan utsläppen från fasta råvaror inklusive ensilage är försumbara, så kan öppen lagring av naturgödsel, särskilt ko- och grisgödsel, orsaka större metanutsläpp.

Även på samrötningsanläggningar med huvudsakligen avfallsbaserade substrat kan utsläpp från mottagningsstadiet eller under förbehandling ibland förekomma. Det är särskilt aktuellt hos anläggningar som tar emot slakteriavfall. Luften från dessa delprocesser släpps ut via en luktreduceringsenhet, i de flesta fall ut via ett biofilter (Reinelt, o.a., 2017). I Sverige tillämpas även aktivt kolfilter eller alternativa tekniker för att reducera lukt.

Utsläpp i mottagningsstadiet kan undvikas, t.ex. genom gastät överbyggnad av öppna tankar, reglering av temperatur och pH-värde. För flytande naturgödsel rekommenderas att den förs direkt in i den gastäta delen av biogasanläggning för att undvika utsläpp och också uppnå en hög biogasutvinning. Gastäta blandnings- eller hydrolystankar där råvaror blandas före inmatning i röt-kammaren är extra viktigt där metanbildande bakterier kan förväntas finnas i substratet som tas in, eller där material från röt-kammare eller avvattning re-cirkuleras till substratet.

4.1.2 Rötkammaren och lågtryckssystemet

Den huvudsakliga rötningen sker i gastäta system. Utsläpp sker dock via diffusion genom gashållar-membran, eller som läckage från konstruktionen eller genom tryckavlastningsventiler. Det bör noteras att stora läckage och utsläpp via säkerhetsventiler tillhör OTNOCs (annan än normal drift villkor). Dessa utsläpp måste undvikas och bör inte uppstå under normalt drifttillstånd av en biogasanläggning.

Den första rekommendationen för att minska metanutsläppen riktar sig till designers av biogasanläggningar. Hänsyn bör tas till att minimera utsläppen vid drift redan i planeringsfasen av en anläggning, till exempel vid konstruktion av tankar och dimensionering av gasrör. Diffusionen genom gashållarmembran kan minimeras genom regelbundet underhåll av folierna varför dessa bör konstrueras så att det kan utföras på ett effektivt sätt.

Läckor uppstår relativt ofta i rötkammarens överbyggnad (se avsnitt Emissionsfaktorer 4.2). För membrankupoler bör speciell uppmärksamhet ägnas åt övergången mellan rötkammarvägg och membrankupol. Vidare utgör genomföringar åt vajer eller rep till nedsänkta omrörare källor till läckage. Läcksökning kan hjälpa till att identifiera sådana typer av läckage i ett tidigt skede och kan därmed snabba upp tiden till åtgärder för att reparera skador och därmed minimera utsläppet.

Läckage kan även förekomma i andra delar av en biogasanläggning, exempelvis i gasfläktar, kompressorer och på gasreglerutrustning såsom automatventiler. Röranslutningar, flänsfogar, värmeväxlare och gastorkar är andra delar där läckage kan förekomma. För att minimera dessa utsläpp är regelbunden läcksökning ett effektivt sätt att snabbt identifiera och sedan åtgärda utsläppen. En trolig förklaring till att läckage återfinns på dessa komponenter är det löpande slitaget som uppstår i rörliga maskindelar och de vibrationer

som bl.a. roterande maskiner kan ge upphov till. Även kondenserad rågas kan vara en bidragande faktor då det skapar en mycket korrosiv miljö. Rätt underhållsintervall och rätt materialval är här väldigt viktigt samt att minimera vibrationer i utrustningen, dels i samband med installation men även genom löpande kontroller och justerande åtgärder.

Säkerhetsventilen ska öppnas vid övertryck i rötkammaren, men endast som sista alternativet. Innan det sker ska gasfacklan startas. Undersökningar av (Reinelt & Liebetrau, Monitoring and Mitigation of Methane Emissions from Pressure Relief Valves of a Biogas Plant, 2020) har visat, att det finns biogasanläggningar där säkerhetsventiler regelbundet släpper ut biogas. En vanlig orsak är att reaktorn eller rötrestlagret körs med för hög fyllnadsgrad. Vid uppvärmning, t.ex. genom solstrålning minskar gaslagringskapaciteten och när påfyllningsnivån stiger över ett kritiskt värde släpper övertrycksventilen ut gas för att reducera det ökade trycket. Det är därför mycket viktigt att fyllnadsnivån inte är för hög, för att ha möjlighet att kompensera för vädereffekterna. Enligt en tysk studie rekommenderas en fyllnadsgrad på 50% (Liebetrau, Reinelt, Agostini, & Linke, 2017).

4.1.3 Lagring av rötrest

I normalfallet fortsätter metanbildningsprocessen i rötresten. Därför är det viktigt att nå nästan fullständig nedbrytning av det organiska materialet. Ett vanligt sätt att hantera detta på är att förvara rötresten i en gastät täckt tank som antingen är ansluten till gassystemet eller till ett separat system för omhändertagande av gasen. Ett annat alternativ för att minska metanproduktionen i rötresten är att med värmepumpar kopplat till utgående flöde från rötkammaren snabbt reducera temperaturen, eftersom metanproduktionen minskar vid temperaturer under 17°C.

Avvattning i sig är ett sätt att minska den biologiska aktiviteten i materialet, se nedan.

4.1.4 Efterbehandling rötrestes

Efterbehandling av rötrestes inkluderar avvattning som ger en vätskefas och en fastfas. Vätskefasen återförs till processerna medan den fasta fasen lagras, med eller utan addering av strukturmateriel. Utsläppen kan minimeras genom tillräcklig luftning och en lämplig justering av materielstrukturen. När materiet avvattnas frigörs dock metan som finns kvar i materiet. Utsläppen ifrån själva avvattningsprocessen kan vara avsevärda under drift.

Den vanliga lösningen för dessa processer är att leda ventilationsluften genom ett biofilter för att minska spridning av dålig lukt. Sådana biofilter kan även innehålla metanoxiderande mikroorganismer men hur effektiva de egentligen är att reducera metanutsläppen är oklart. Ett effektivt sätt att minimera dessa utsläpp är att leda luften genom en termisk oxideringsenhet eller att använda den som förbränningsluft i en panna.

4.1.5 Biogasutnyttjande

Vid uppgradering eller användning av bi gasen kan metanutsläpp uppstå. Det finns huvudsakligen två typer av gasutnyttjande på anläggningarna: förbränning av bi gas för att generera värme och elektricitet i en kraftvärmeenhet respektive uppgradering av bi gas till biometan.

4.1.5.1 Kraftvärme

Kraftvärme produktionen kan vara en stor källa till metanförlust vid en bi gasanläggning. Vid ofullständig förbränning innehåller avgaserna från gasmotorn en del metan. För att hålla detta i schack krävs korrekta driftinställningar samt återkommande underhåll och skötsel av maski-

ner. I extrema fall kan utsläppen minskas till ett minimum genom installation av en termisk efterförbränningsenhet. Dessutom bör användningen av en selektiv katalysator för reduktion (SCR) för kväveoxider (NOx) och andra behandlingsåtgärder övervägas för att minska metanutsläppen. I vilket fall som helst behövs regelbunden service av kraftvärmeenheten, kontrollmätningar på avgaserna och en bra dokumentation av motorinställningarna för att erhålla minimalt med metanutsläpp. Vibrationer från motorns rörliga delar bör i möjligaste mån minimeras för att minska slitage i röranslutningar.

4.1.5.2 Uppgradering till biometan

Uppgraderingsenheten kan också vara en källa till metanutsläpp. På grund av tekniska begränsningar och prestanda för specifika uppgraderingstekniker, individuella driftinställningar och anläggningens kondition, kan det finnas mer eller mindre metan kvar i den separerade koldioxidströmmen (avgaserna). Det är därför viktigt att följa upp uppgraderingsenhetens prestanda och utsläppsnivåer. Beroende på vilken teknik som tillämpas kan dessutom en efterbehandling av avgaserna, en termisk oxideringsenhet (regenerativ termisk oxidering - RTO), minska metanutsläppen från denna källa.

Även på uppgraderingsenheter är regelbundet underhåll i enlighet med rekommenderade intervaller och specifikationer en viktig faktor för att minimera läckage. Komponenter som utsätts för vibrationer eller kondenserande rågas löper högre risk att läcka. Komponenter där läckage ofta detekterats är exempelvis kompressorer och dess anslutningar, gastorkar och värmeväxlare.

4.1.6 Fackling

I vissa driftlägen måste gasen brännas i en fackla, eller i en gasbrännare, så att metan omvandlas till koldioxid och vatten. Facklingen ska starta automatiskt om påfyllningsnivån i rötkammare eller andra gasanslutna behållare är för hög. Detta förhindrar att gastrycket i behållaren ökar så att biogasen släpps ut via säkerhetsventilerna. För att uppnå lägsta möjliga utsläpp vid fackling av överskottsgas rekommenderas en sluten fackla eller gasbrännare. En justerbar fackla kan hjälpa till att förhindra att onödiga mängder gas förbränns.

Metanutsläpp kan också uppstå om gas-/luftblandningsförhållandet i facklan är felaktigt inställt.

4.2 EMISSIONSFAKTORER

En emissionsfaktor (EMF) beräknas som uppmätt mängd utsläpp (kg/h) dividerat med den totala metanproduktionen i anläggningen och anges i procent. EMF kan anges för hela anläggningen eller för specifika punktkällor.

4.2.1 Anläggningsmissioner - Sverige

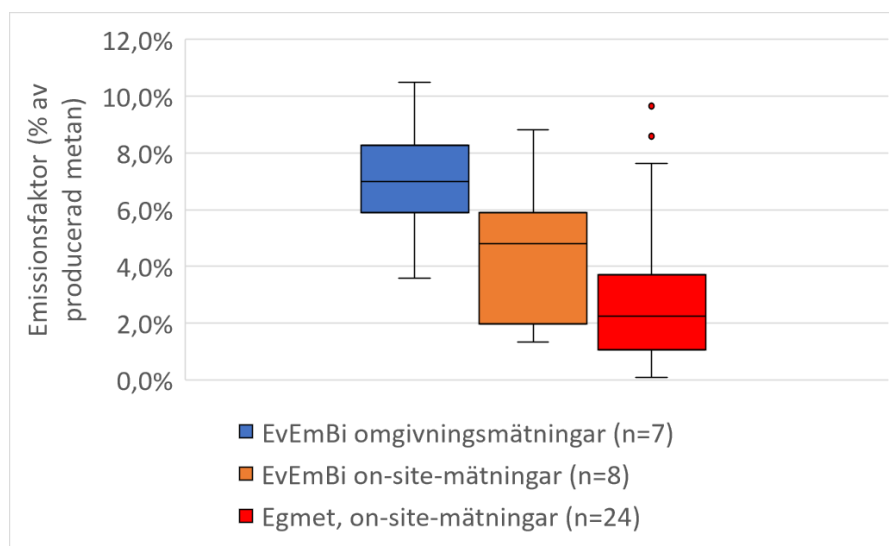
Totalt sex anläggningar mättes i projektet. Samtliga mättes med on-site- och omgivningsmätningar samtidigt. Fyra av anläggningarna mättes även en andra gång, efter implementering av emissionsreducerande åtgärder. Utöver dessa mätningar så utvärderades ytterligare en anläggning utanför projektet med avseende på utsläpp och förbättringsåtgärd och där användes istället (on-site) metanemissionerna som kvantifierats inom EgMet året tidigare för jämförelsen.

De totala utsläppen ifrån de svenska anläggningarna i projektet varierade från 6 kg/h till 24 kg/h. Detta resulterade i emissionsfaktorer mellan 3,6 – 11 %, men ett medianvärde på 7% baserat på omgivningsmätningar (se blå stapeln i Figur 4). Jämför man dessa mätvärden med on-site-mätningar utförda på svenska anläggningar i EvEmBi projektet (Orange stapel i Figur 4) och resultat ifrån EgMet (Röd stapel i Figur 4) så är resultaten ifrån omgivningsmätningarna generellt högre än on-site resultaten. On-site-mätningarna på svenska anläggningar i EvEmBi-projektet resulterade i EMF på 1,8 – 8.8 % (median 5%) och de samlade resultaten ifrån EgMet på 0 – 7,8% (median 2,1%).

Orsaken till skillnaden mellan omgivnings- och on-site-mätningar är sannolikt att man vid on-site-mätningarna inte lyckats kvantifiera alla utsläppskällor på anläggningarna, då metoden bygger på en summering av flertal utsläppskällor. Omgivningsmätningarna summerar däremot alla utsläppskällor men är därmed också känsliga för eventuella icke relevanta bidrag ifrån annan kringliggande verksamhet till biogasanläggningen, som tex deponier.

Anledningen till att medianvärdet för on-site-resultaten från EvEmBi (Orange stapel Fig 4) är högre än medianvärdet för EgMet (Röd stapel Fig 4), är att i EvEmBi projektet fokuserade på ett mindre antal anläggningar (8) som hade ett känt utsläpp för att undersöka möjliga åtgärder, medan EgMet-resultaten innefattar betydligt fler anläggningar (24) och även sådana där EMF är nästan noll.

Figur 4. Emissionsfaktorer för de svenska anläggningarna från on-site respektive omgivningsmätningar på undersökta anläggningar i Sverige. Den högra boxen visar motsvarande värden från EgMet statistikrapport (Yngvesson, 2021, pågående).



Kända utsläppspunkter som är diffusa och svåra att kvantifiera med on-site-metoder är t.ex. lagrade högar av avvattnat rötslam och intermittenta utsläpp från övertrycksventiler och säkerhetsventiler. Fler faktorer som väsentligt påverkar resultaten är variationer i utsläpp från mottagningstankar och rötrestlager, och då speciellt hur dessa tankar och lager är konstruerade i förhållande till gastäta övertäckningar.

4.2.2 Anläggningsemissioner - Evembi Europa

Figur 5 visar EMF-resultat ifrån EvEmBi omgivningsmätningar på 23 europeiska anläggningar med olika koncept för lagring av rötrest. Värdena visas som staplar där min-värdet är den undre kanten av stapeln och max-värdet den övre. Medianvärdet, som det refereras till i följande text, är det tjockare streck som går tvärs över stapeln.

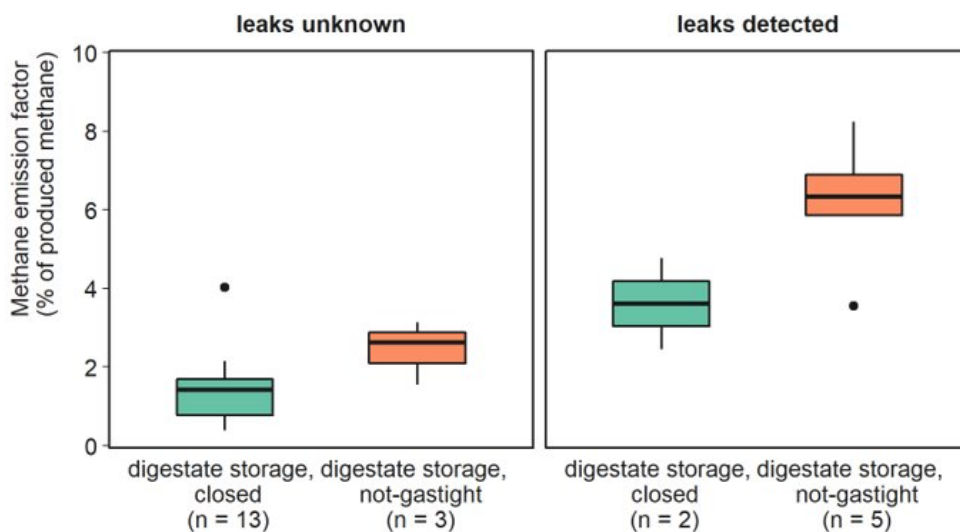
Det övervägande antalet (15) har överbyggda, slutna lager (closed, gröna staplar) men ett mindre antal (8) är i någon form öppna (not-gastight, orangea staplar).

Skillnaden i EMF är tydlig och visar på hur stor påverkan ett icke tillslutet och gastätt rötrestlager kan ha på totalemissionerna ifrån biogasanläggningen. Medianvärdet på EMF ökar ifrån 1,9% från tillslutna till 2,8 % för anläggningar med öppet eller icke gastätt rötrestlager (vänstra diagrammet i Figur 5).

Men Figur 5 visar också på att detta är under förutsättning att anläggningen inte har någon annan läcka på anläggningen. I 7 av de 23 anläggningarna som ingick i analysen identifierades någon form av läckage (leaks detected, höger diagram i figur 5) vilket resulterade i lite mer än en dubblering av medianvärdena för EMF i förhållande till anläggningar där inget läckage identifierats (leaks unknown, vänster diagram i Figur 5).

Konklusion från detta är att rötrestlagets konfiguration (dvs öppen eller sluten) har stor betydelse för en anläggnings totalemissioner, men att alla former av läckage pga. skadad eller felmonterad utrustning oftast har en större påverkan än själva konfigurationen. Det understryker därmed vikten av att identifiera dessa eventuella läckage på anläggningen för att kunna åtgärdas. Genom att även kvantifiera dessa med on-site-mätningar kan man också få en bild av hur stor påverkan en reduktionsåtgärd har.

Figur 5. Resultat på totala utsläpp (omgivningsmätningar) från EvEmBi uppdelat beroende på konfiguration av rötrestlager samt med och utan identifikation av någon form av läckage. Underlaget omfattar 23 europeiska anläggningar, inklusive de svenska som deltog i projektet. Källa (Wechselberg & et. al. , 2021)



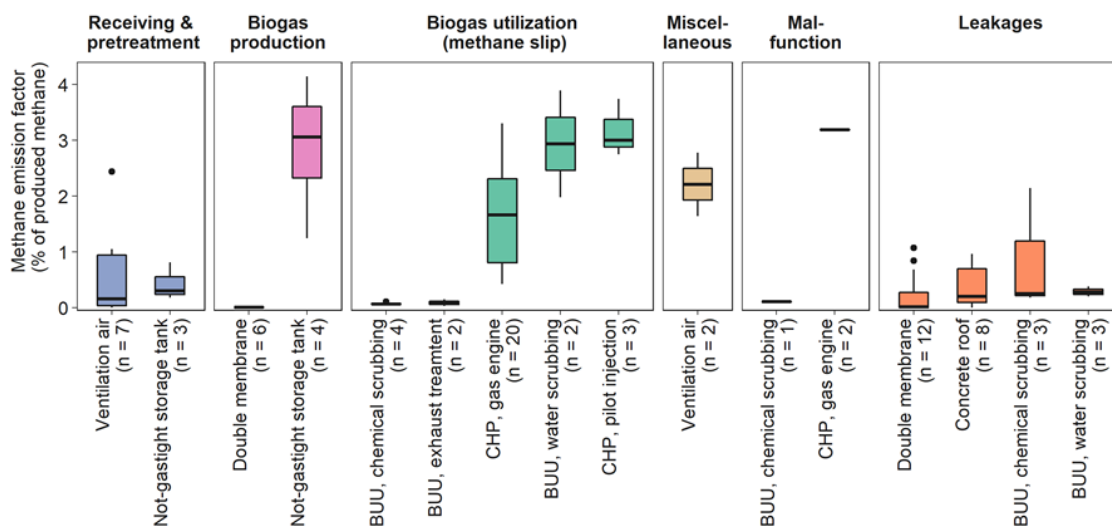
4.2.3 Punktkällor - Evembi Europa

I ovanstående stycke diskuterades och påvisades effekten av utsläpp ifrån ett icke gastätt rötrestlager som en viktig del av de normala operativa totalutsläppen, även utan skador eller annan form av läckage. Men beroende på anläggningens utformning och koncept kan även andra delprocesser ha betydande utsläpp, även vid normal drift.

I Figur 6 redovisas en sammanställning av resultaten ifrån on-site-mätningarna som emissionsfaktorer för respektive delprocess i samtliga europeiska anläggningar som ingick i projektets mätkampanjer (se tabell 1 över anläggningar).

Figur 6. Sammanställning av emissionsfaktorer från samtliga on-site-mätningar inom EvEmBi projektet uppdelat på var (vilken delprocess) i anläggningen det mätts.

Källa (Wechselberg & et. al. , 2021). BUU=biogas upgrading unit (biogasuppgrederingsenhet), CHP=combined heat and power (kraftvärme), n=antal uppmätta fall



Emissionsfaktor ”Receiving & pretreatment” (substrathanteringen)

Substrathanteringen (receiving & pretreatment i Figur 6) inkluderar utsläpp från mottagningstankar, fickor, mix-utrustning, blandtankar, hydrolystankar och annan förbehandlande utrustning. I de fall relevanta utsläpp uppmättes var det uteslutande på anläggningar som tar emot naturgödsel som del av substratmixen. Detta är ett vanligt förekommande substrat på de utländska anläggningarna i projektet men det förekom även på några av de svenska anläggningarna. Medianvärdena för EMF ligger runt 0,1 – 0,3 % och uppmättes i ventilationsluften (ventilation air) ifrån innesluten utrustning eller i frånluft ifrån öppna tankar och cisterner (not-gastight storage tank).

Emissionsfaktor ”Biogas production” (biogasproduktion)

Biogasproduktionen (biogas production i Figur 6) inkluderar utsläpp från rötchammare, efterrötning, och säkerhetsventiler på dessa komponenter, rötrestlager och avvattningsenheter samt delar av lågtryckssystemet såsom rördragningar, gasfläktar och gaslager m.m. Som tidigare diskuteras är det stor skillnad i emissionsfaktor mellan anläggningar med gastäta rötrestlager respektive anläggningar som har öppna rötrestlager (non-gastight storage tank). Det är tydligt att val av rötrestlager-typ är en viktig faktor. Resultaten visar också att rötchammare utrustade med dubbelmembran och utan skador har väldigt låga utsläpp.

Emissionsfaktor ”Biogas utilization” (biogasanvändning)

Biogasanvändningen (biogas utilization i Figur 6) omfattar systematiska metanutsläpp från uppgraderingsenheter (BUU=biogas upgrading unit) eller kraftvärmeenheter (CHP=combined heat and power). Relativt höga emissioner kan härledas till avgaserna från kraftvärmeenheter (median EMF på 1,9% för gasmotorer och 3 % för pilotinsprutningsmotorer) samt till restgasen från uppgraderingar med vattenskrubber teknik (median EMF på 3 %). Uppgradering med kemisk skrubber eller katalytisk efterbehandling, så kallade RTO (regenerativ termisk oxidering) av rökgaser från kraftvärmeenheter visar här betydligt lägre värden. Dvs. valet av uppgraderingsteknologi och efterbehandling av rökgaser har en avgörande roll för emissionerna. Den senaste sammanställningen från det svenska EgMet-systemets mätningar, totalt 30 anläggningar, visar att median-EMF för vattenskrubbar på 1,2 % (Yngvesson, 2021, pågående).

Övriga källor (miscellaneous)

Dessa utgörs av ventilationsluft från anläggningarna som kan innehålla betydande mängder metan. I förekommande fall utgörs dessa dock av blandade luftflöden och det framgår inte alltid varifrån dessa luftflöden kommer. Men det är vanligt att ventilationsluft utgörs av samlade ventilationsflöden från såväl mottagningsenheter, gasutrustningsrum som avvattningsenheter.

I Figur 6 visas även emissionsfaktorer för några delprocesser med identifierade fel (malfunctions) samt för ett antal kvantifierade läckageställen (leakage). Skador på dubbelmembran och betongkonstruerade rötchammare resulterar oftast i läckage och betydande emissionsbidrag. Likaså visar sig läckage från processutrustning på uppgraderingsenheten kunna utgöra väsentliga emissionsbidrag. Det är extra tydligt på kemiska skrubber som vid normal funktion har väldigt låga utsläpp i restgasen.

4.2.4 Punktkällor Sverige

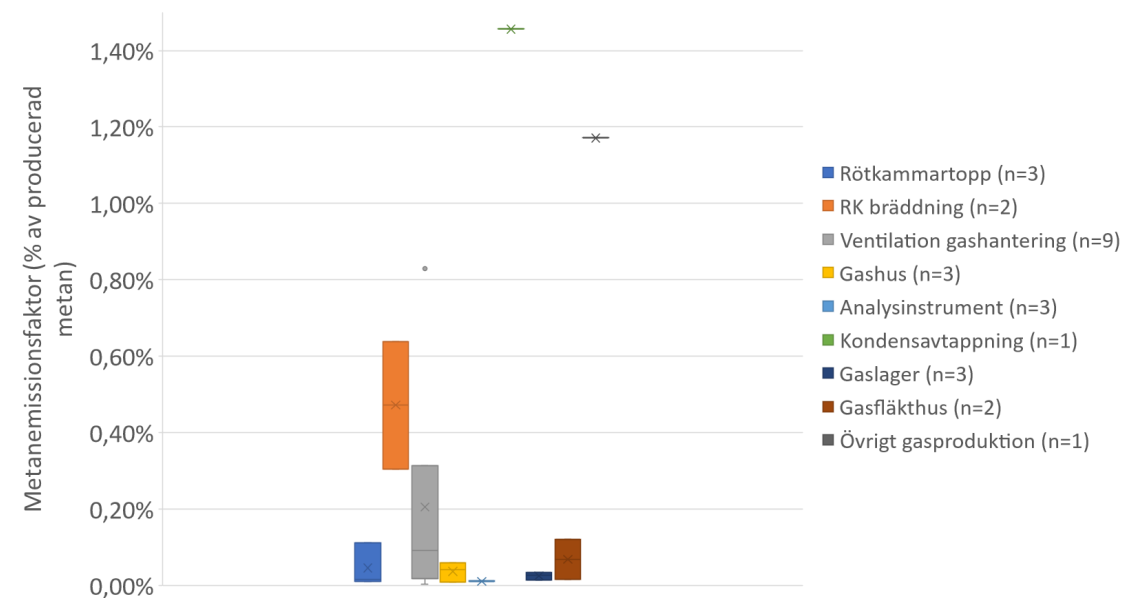
Även inom det svenska samverkansprojektet EgMet har en del läckage kvantifierats genom mätningar. I några av de uppmätta gasläckagen identifierades även grundorsaken, men det är generellt svårt att bestämma var utsläppen kommer ifrån. Detta beror på att mätningen oftast sker i en ventilation från ett eller flera utrymmen med, i sin tur, många olika typer av objekt och möjliga källor till läckage. I de fall där stora och mer eller mindre kontinuerliga utsläpp uppstått, har det varit möjligt att lokalisera och kvantifiera dessa.

De kategorier som inkluderas i figur 7 omfattar i stor utsträckning läckage från rörliga maskiner i lågtryckssystemet, gasfläktar och automatventiler, samt från kondensfällor där luftningen är placerad

inom utrymmet för ventilationen. Andra delar i gassystemet där läckor identifierats är mätartavlor (rördragningar och kopplingar till mät- och analysinstrument), flänsar och rörkopplingar, värmeväxlare och gastorkar.

Jämfört med sammanställningen i figur 6 över de europeiska mätningarna är de svenska siffrorna närmast att jämföra med talen uppmätta för ”ventilation air” och där är de svenska värdena relativt låga. Här är dock en utmaning att i EgMet-systemet mäts totalutsläpp i samlande utsläppspunkter, och dokumentation av var mindre utsläpp sker inte sammanställs eller presenteras på samma vis som i EvEmBi.

Figur 7. Uppmätta läckage på 24 biogasproducerande anläggningar inom samverkansprojektet EgMet under åren 2016-2018. Flera av kategorierna kan omfatta samma typer av utrustning. Antalet läckage är okänt men det är inte ovanligt att kvantifierade ventilationsflöden inkluderar fler än ett läckage.



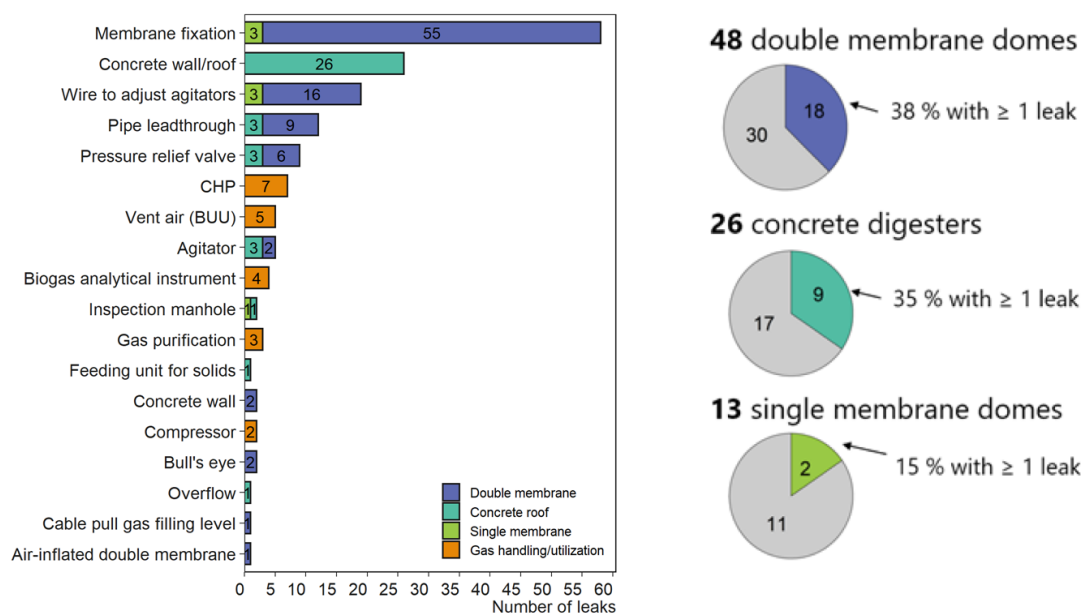
4.3 ANTAL LÄCKAGE

I Sverige sker mätningarna huvudsakligen vid utsläppspunkterna vilket ofta är vid ventilationsutlopp eller liknande. I en del fall är det möjligt att allokerat hela utsläppet till ett enskilt objekt eller läckage inom ventilationens upptagningsområde. Men ofta är så inte fallet. Enskilda läckage kan ibland kvantifieras men det är även relativt vanligt att läckage bedöms vara mycket små, alltför diffusa eller otillgängligt placerade för att de ska kunna kvantifieras. I dagsläget noteras därför dessa mindre läckor eller deras antal inte inom EgMet då fokus är på kvantifieringen.

I de internationella mätningarna i EvEmBi projektet gjordes även en ansats att räkna antalet identifierade läckor. De flesta har påträffats på rötkammare och efterrötkammare. Det kan naturligtvis relateras till storleken på objekten och antalet sådana objekt på anläggningarna. Tex hos de större producenterna i Tyskland finns det minst två rötkammare, men ofta fyra eller sex, och de är flera tiotals meter i omkrets. Vanliga tekniska lösningar på rötkammarkonstruktioner i Europa utgörs av dubbelmembrantak, men även betongkonstruktioner och enkelmembran förekommer.

Figur 8. Antal identifierade läckage på biogasanläggningar.

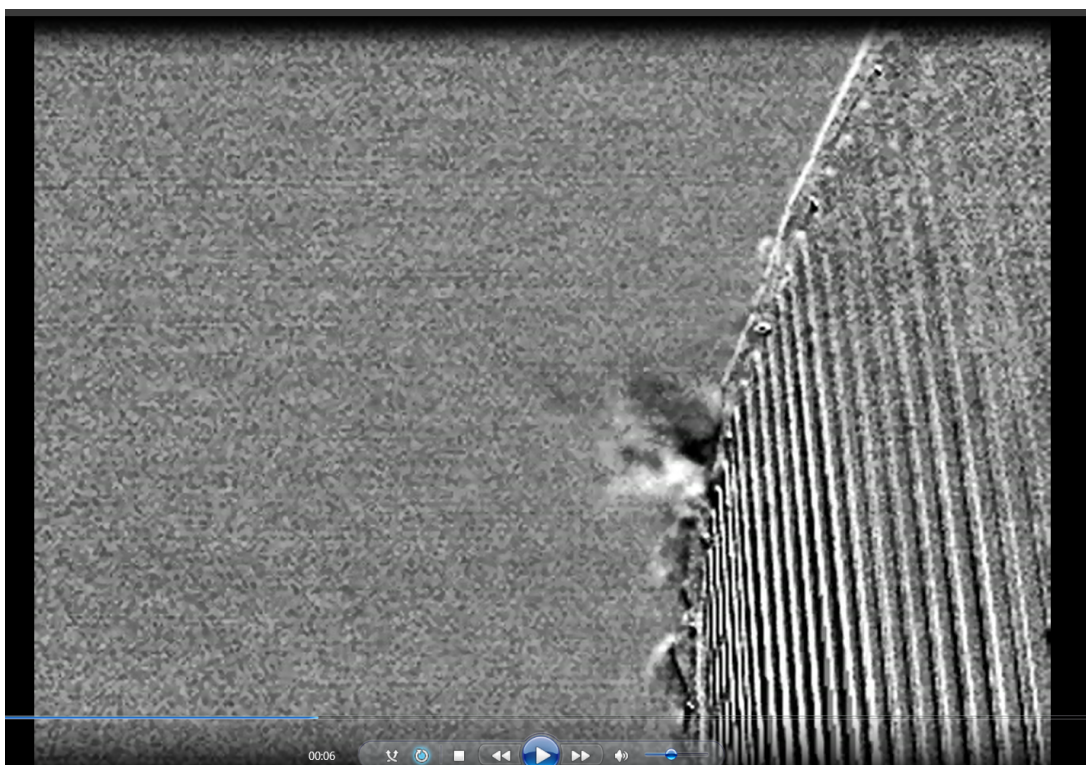
Källa (Wechselberg & et. al. , 2021)



De flest förekommande läckagen som identifierats i projektet är olika former av läckage i fixeringen av de uppblåsta membrantaken eller sprickor och hål i betongtak. Många gånger så upptäcks det också flera läckor på samma anläggning och i fallet dubbla membrantak hade 38% mer än en läcka. För betongtak förekom det i 35% av fallen. Det skall noteras att resultaten påverkas av att mertalet av data kommer ifrån Tyskland och Österrike där denna typ av koncept är vanlig. En väsentlig faktor för antalet läckor på samma anläggning är ofta direkt relaterat till ålder på utrustningen, speciellt på membrantak.

I Sverige har denna typ av läckage ibland detekterats men inte kunnat kvantifieras och man har inte heller systematiskt dokumenterat antalet läckor. Ett exempel på ett läckage som detekterats men ej kunnat kvantifieras visas i Figur 9. Orsaken vid det tillfället var att det skulle innebära alltför stor arbetsmiljörisk pga. svåråtkomlig placeringen och hälsorisk för mätpersonal.

Figur 9. Läckage från ett dubbelmembrantak över ett kombinerat gaslager/biogödsellager.
Läckaget kunde inte undersökas närmare och ej heller kvantifieras.



Istället för att fokusera på läckage ifrån membran-tak har fokus i Sverige varit på roterande maskiner och rörliga komponenter i lågtryckssystemet samt uppgraderingarna, se Figur 10.

Figur 10. Läckage i anslutningen till en värmeväxlare för rågas på en vattenskrubber.

Läckan (röd ring) visualiseras med OGI kamera men var enkel att detektera med sniffer.

Kvantifieringen av läckan utfördes på ventilationen från processrummet då det är betydligt svårare att enskilt kvantifiera under pågående produktion. Det innebär dock att andra läckor i samma utrymme inkluderas i kvantifieringen. I samband med denna läcka identifierades ytterligare två läckage i samma utrymme på olika delar av process- och provtagningsutrustningen. Samtliga läckor lades in som olika arbetsorder i operatörens underhållssystem för åtgärdande och möjlig uppföljning.



4.4 REDUKTIONSÅTGÄRDER

4.4.1 Åtgärder för att minska utsläpp av metan

Det finns flera tekniska och organisatoriska åtgärder för att minska utsläppen från biogasanläggningar. Tekniska reduktionsåtgärder är verkliga ingrepp på anläggningen, t.ex. installation av nya komponenter eller underhåll. Tekniska åtgärder medför också direkta kostnader, medan organisatoriska åtgärder

beskriver förändringen av åtgärdssekvenser under anläggningens drift och kan också utgöra mycket effektiva reduktionsåtgärder inkluderat i de normala driftskostnaderna. Från (Liebetrau, Reinelt, Agostini, & Linke, 2017) och erfarenheterna från EvEmBi-projektkonsortiet samt författarens långa erfarenhet av metanmätningar på biogasanläggningar anges nedan de mest relevanta reduktionsåtgärderna.

Tekniska reduktionsåtgärder:

- Tätning av läckage, med korrekta material och metoder så att de inte återuppstår.
- Bygga gastäta tak på tankar för substrat, t.ex. gödsellager eller blandningstankar.
- Installation av en avgasrening eller katalytisk förbränningsenhet (RTO) efter kraftvärme- eller uppgraderingsenheten. Kan även kopplas på ventilationsluft med hög metanhalt.
- Hänsynstagande till möjliga utsläpp redan under planeringen av biogasanläggningen, t.ex. använda teknik med låga utsläpp och rätt dimensionering av biogasrör
- Regelbunden ersättning av åldrade gashållarmembran.
- Minimering av vibrationer i komponenter.

Organisatoriska reduktionsåtgärder:

- Regelbunden läcksökning
- Läckagedetektering/utsläppsmätningar efter underhållsåtgärder och ingrepp på komponenter, t.ex. förnyelse av gashållarmembran, genomförd maskinservice eller byta av packningar i röranslutningar. Det är också viktigt att klargöra när åtgärder är nödvändiga för att undvika onödiga ingrepp i anläggningen.
- Gashållarens påfyllningsnivå helst vid 50 %
- Regelbundet underhåll av kraftvärmeenhet
- Optimerat underhåll av roterande maskiner
- Regelbundna kontroller av genomföringar för rep/vajer
- Justering av substratmatning före planerat underhåll
- Massbalansberäkning för att identifiera förluster → klargöra om åtgärder är nödvändiga
- Beaktande av säsongeffekter
- Tillräcklig luftning under efterbehandling

- Dokumentation av utsläppsdetekterings- och kvantifieringsmätningar → klargöra om åtgärder är nödvändiga
- Utsläppssnåla justeringar, t.ex. kraftvärmejustering
- Analys av kvarvarande gaspotential → klargöra om åtgärder är nödvändiga

Sekundära reduktionsåtgärder:

För att stödja genomförandet av de tekniska och i synnerhet organisatoriska reduktionsåtgärderna för anläggningen är det mycket viktigt att överföra kunskapen om metanutsläpp och deras omfattning till anläggningsoperatörer. Med denna kunskapsöverföring och den därav följande förbättringen av prestandan, t.ex. genom att genomföra regelbunden egenkontroll, kan utsläppen minskas. Nedan listas några viktiga sekundära reduktionsåtgärder som gör det möjligt att förbättra effektiviteten av de primära åtgärderna.

- Kunskapsöverföring till aktörer, t.ex. utbildning av operatörer/underhållspersonal i metanutsläpp och läcksökning.
- Information och praktiska exempel om reducerande åtgärder.
- Delta i frivilligt system för egenkontroll av metanutsläpp.

I EvEmBi-projektet gjordes denna kunskapsöverföring i form av utbildningstillfällen i de olika medverkande länderna Österrike, Tyskland, Schweiz och Sverige och då ofta samband med andra typer av kursverksamhet eller information om drift av biogasanläggningar där relevant personal ändå samlats. I Sverige avhölls två utbildningstillfällen som samarrangerades med Svenskt Vatten och Avfall Sverige.

4.4.2 Kostnadseffektivitet av åtgärder

Tekniska reduktionsåtgärder för att minska metanemissioner kan betyda relativt dyra investeringar. Speciellt när det gäller större modifieringar som tex att gastäta öppna rötrestlager eller investeringar som att installera i en katalytisk avgasrening (RTO). Om man bara ser till det ekonomiska värdet på den metan som släpps ut, så är sådana åtgärder sällan lönsamma. Därför är det viktigt att dessa potentiella utsläppskällor beaktas i designfasen innan en ny anläggning byggs. Ibland finns det andra orsaker som kan bidra till att även kostsammare åtgärder kan vara lönsamma att genomföras på en befintlig anläggning, t.ex. i samband med vissa planerade underhållsaktiviteter eller modifieringar som ändå ska utföras. Genom att tidigarelägga nödvändiga reinvesteringar kan kostnaden för att reducera metanutsläppen begränsas.

Ett av de mest ambitiösa målen i projektet var att identifiera läckor på olika biogasanläggningar i Europa, mäta och kvantifiera dessa före och efter åtgärd och sedan koppla detta till en specifik kostnad. Detta visade sig dock vara något mer komplicerat än vad man hade föreställt sig vid

planeringen av projektet. För det första så var tidsramen för att hela processen ifrån identifiering och mätning av läckage till beslut om åtgärd/investering, genomförande (som kanske innebär ombyggnation/installation) och en ny ommätning för att verifiera åtgärdens effekt, alltför snäv inom ramen för projektet. För det andra så är kostnaderna för de mer kraftfulla åtgärderna väldigt specifika vilket gör att underlaget för mer generella utsagor om vad det skulle kosta att minska en EMF för en annan anläggning blir inte trovärdiga.

Det som däremot framkom med största tydlighet var att mer organisatoriska reduktionsåtgärder, som regelbunden läcksökning och optimerat underhåll av anläggningarna, ofta är lönsamt. Likaså är de mer sekundära åtgärderna som utbildning och deltagande i system för egenkontroll viktiga då de är en förutsättning för att man skall upptäcka eventuella problem. De sekundära åtgärderna bidrar dessutom till att effektivisera de organisatoriska åtgärderna för att begränsa eller reducera metanutsläpp.

5

**Frivilliga
egenkontroll-
program i Europa**

I Sverige har vi sedan 2007 ett frivilligt åtagande för biogasproducenter i form av egenkontrollprogram för metanemissioner. Systemet har utvecklats och samögs sedan 2018 av Svenskt Vatten och Avfall Sverige under namnet Egenkontroll metanemissioner - EgMet. Detta har varit centralt inom projektet för att implementera liknande system i Europa. Samtidigt har det framkommit vissa svagheter och brister som existerar i systemet, men kanske ännu viktigare, en bekräftelse på att EgMet faktiskt skapar stor nytta och ger resultat. Det är viktig kunskap som erbjuder systemägarna goda möjligheter att utveckla systemet.

I Danmark finns det ett frivilligt åtagande sedan 2016 som i stort bygger på det svenska systemet. Det innehåller krav om läcksökning, minst varannan månad, enligt en anläggningsspecifik plan. Kvantifiering ska göras minst var tredje år, eller vartannat år för produktionsanläggningar större än 1 Mton CH₄ per år. Man ställer även krav på att förnya läcksökningsplan samt genomföra läcksökning efter genomförd, större modifiering eller tillbyggnad av anläggningen. Hittills har ett fåtal större anläggningar anslutit sig.

I Schweiz finns ett system som påminner om det svenska EgMet. Systemet inkluderar återkommande egenkontroller i form av läcksökning samt att extern aktör kvantifierar utsläppen enligt vissa intervaller. Metoderna som används är inte desamma som använts inom EvEmBi-projektet utan bygger på enklare typer av analysinstrument. Systemet finansieras genom myndighetsstöd som även innefattar kostnaderna för kvantifieringen. Systemet är finansierat centralt och anslutna biogasproducenter behöver inte betala för mätningarna.

I Österrike har man initierat ett frivilligt åtagande program och formulerat en systembeskrivning som liknar det svenska systemet. Det innefattar i stort samma avgränsningar av anläggningen som i Sverige, egenkontroll i form av intern läcksökning enligt årliga eller månatliga intervaller och kvantifiering av anläggningens totala utsläpp utav oberoende part vart femte år. Dessutom ska läcksökning utföras av extern part varje 2,5 år. Systemet riktar sig i första hand till österrikiska biogasanläggningar, men erbjuder möjlighet för anläggningar i andra länder att medverka.

Tyskland har inte något frivilligt åtagande men åtgärder för att minska metanutsläppen har tagits med i tekniska föreskrifter, t.ex., i TRAS-120 (Bundesministerium fuer Umwelt, 2019).

Genom de kommunikationsinsatser och samverkan som skett i projektet har projektgruppen deltagit i en dialog med EU-kommissionens energidirektorat (DG ENER) som leder arbetet med att realisera metanemissionsstrategin (COM(2020) 663 final). DG ENER har bl.a. till uppgift att föreslå reglering eller aktiviteter för Kommissionen att fatta beslut om. Bland det som förmedlats är erfarenheterna från det svenska frivilliga åtagandet för egenkontroll och fördelarna som det givit branschen. Man har även från projektgruppens håll förmedlat emissionsfaktorer (EMF) och åtgärdsförslag. EU-kommissionens slutsatser och råd kommer sannolikt få effekter på utformningen av framtida regleringar av metanutsläpp.

Det finns goda möjligheter att framtagna EMF få spela en viktig roll i den fortsatta utvecklingen av Kommissionens BREF-arbete.

6

Konklusioner och framtida behov

Slutsatser

En av de viktigaste slutsatserna är att det är viktigt med kontinuerlig, systematisk läcksökning på biogasanläggningar. Resultaten indikerar att läckage faktiskt kan orsaka mer omfattande utsläpp än vad valet av teknologi eller produktionskoncept gör. Vid val av uppgraderingsteknologi vet vi från tidigare statistiksammanställningar inom EgMet att tekniken har stor betydelse. Det är också väl känt att s.k. ”öppna” rötrestlager (de är oftast täckta men ej gastäta) ger större utsläpp än motsvarande gastäta lager gör. Men trots stora skillnader mellan sådana tekniska lösningar kan alltså enskilda stora eller ett stort antal mindre läckage av biogas utgöra den största källan till utsläpp på anläggningen.

Medvetenheten och kunskapen om metanutsläppen behöver ökas hos konstruktionsfirmor och deras leverantörer för att undvika att de levererar utrustning och lösningar som ger stora utsläpp över tid. Det gäller även konsulter som involverar sig i sådana projekt samt projekterande personal vid de företag som väljer att investera i och bedriva biogasproduktion. Ett sätt detta kan ske på är genom att visa att det är möjligt att bygga anläggningar med mycket små metanutsläpp och genom att medvetandegöra vilka processer, konstruktioner och materialval etc. som bidrar till höga metanutsläpp.

Några svagheter på anläggningarna har identifierats i projektet. En av dessa är de omfattande läckage som tycks kunna förekomma på en del membrantak till röttningsreaktorer och rötrestlager. Detta har inte studerats i någon större grad i Sverige än så länge.

Projektresultaten har lett fram till ett antal emissionsfaktorer för biogasproducerande verksamheter och en gemensam syn på dessa. Det gör att det finns goda möjligheter att förbättra sådan data i framtiden genom att inkludera fler mätresultat och beräknade faktorer i EgMet.

Framtida behov

Kompetensen och kunskapen om läcksökning på biogasanläggningar behöver stödjas.

Personaltätheten är relativt låg vilket gör att kunskap kan försvinna från en anläggning tillsammans med enskilda individer.

Utbildningstillfällen har visat sig vara effektivt och uppskattat.

Utveckla kunskapen om metanutsläpp på biogasanläggningar hos tillståndsgivande myndigheter för bättre kravställningar gällande fastställda gränsvärden och redovisningar.

Utveckla EgMet med att även dokumentera antal läckage och åtgärder som genomförts. Detta har påbörjats av EgMet-kansliet.

Samverka med branschorganisationer och relevanta aktörer i Europa kring fortsatt utveckling och harmonisering av mätmetoder, emissionsfaktorer och kunskapsöverföring kring förbättringsåtgärder. Emissionsfaktorer ifrån projektet har delgetts det utskott inom EU-kommissionen som har till uppgift att ta fram förslag till direktiv rörande framtida regleringar inom metanutsläpp i Europa. Dessa emissionsfaktorer kan möjligtvis komma att spela en viktig roll vid implementeringen av RED II (EBA, 2021) och uppdatering av BREF. Behov av ännu bättre statistik och underlag efterfrågas nu från EU.



Citerade verk

Avfall Sverige. (2016). 2016:17 Handbok
Metanmätningar, Revidering 2016 . Malmö: Avfall
Sverige.

Avfall Sverige/ Svenskt Vatten. (2021). Hämtat
från Egenkontroll Metanemissioner: [https://
www.avfallsverige.se/avfallshantering/
avfallsbehandling/biologisk-atervinning/frivilligt-
atagande/](https://www.avfallsverige.se/avfallshantering/avfallsbehandling/biologisk-atervinning/frivilligt-atagande/)

Bundesministerium fuer Umwelt, N. u. (2019).
TRAS 120. Hämtat från www.biogas.org

Clauß, T., Reinelt, T., Liebetrau, J., Vesenmaier, A.,
Reiser, M., Flandorfer, C., . . . Yngvesson, J. (2019).
Recommendations for reliable methane emission
rate quantification at biogas plants. Leipzig:
DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH.

Comission, E. (2020). Brussels: European
Comission. Hämtat från [https://ec.europa.eu/
energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/eu_methane_strategy.pdf)

EBA. (2020). Methane Strategy recognises pivotal
role of biogas and biomethane in reducing EU
methane emissions in agricultural and waste
sectors. Hämtat från [https://www.europeanbiogas.
eu/methane-strategy-recognises-pivotal-role-
of-biogas-biomethane-in-reducing-eu-methane-
emissions-in-agricultural-waste-sectors/](https://www.europeanbiogas.eu/methane-strategy-recognises-pivotal-role-of-biogas-biomethane-in-reducing-eu-methane-emissions-in-agricultural-waste-sectors/)

EBA. (2021). RED II from the biogas perspective.
Hämtat från [https://www.europeanbiogas.eu/32-
of-renewable-energy-in-2030-the-agreement-is-
confirmed/](https://www.europeanbiogas.eu/32-of-renewable-energy-in-2030-the-agreement-is-confirmed/)

ERANETBioenergy. (2018). Metharmo. Hämtat
från [https://eranetbioenergy.net/wp-content/
uploads/2020/11/Eranet_bioenergy_factsheet_
MetHarmo.pdf](https://eranetbioenergy.net/wp-content/uploads/2020/11/Eranet_bioenergy_factsheet_MetHarmo.pdf)

Liebetrau, J., Reinelt, T., Agostini, A., & Linke,
B. (2017). Methane emissions from biogas plants
Methods for measurement, results and effect on
greenhouse gas balance of electricity produced.
ERA Net Bioenergy: Task 37.

Reinelt, T., & Liebetrau, J. (2020). Monitoring and
Mitigation of Methane Emissions from Pressure
Relief Valves of a Biogas Plant. Chem. Eng.
Technol. 90, 17.

Reinelt, T., Delre, A., Westerkamp, T.,
Holmgren, M. A., Liebetrau, J., & Scheutz, C.
(2017). Comparative use of different emission
measurement approaches to determine methane
emissions from a biogas plant. Waste management
68 , 173-185.

Svenskt Vatten. (2020). Hämtat från [https://www.
svensktvatten.se/om-oss/europeiska-unionen/
avloppsdirektivet/](https://www.svensktvatten.se/om-oss/europeiska-unionen/avloppsdirektivet/)

Wechselberg, V., & et. al. . (2021). Evaluation of
methane emissions from different European biogas
plant concepts using harmonized methods. V. CMP
Conference, 23. - 25. March 2021. DBFZ.

Yngvesson, J. (2021, pågående). Avfall Sveriges
Statistisk rapport EgMet, Omg 4. Malmö: Avfall
Sverige.

Avfall Sverige är kommunernas branschorganisation inom avfallshantering. Det är Avfall Sveriges medlemmar som ser till att avfall tas om hand och återvinns i landets alla kommuner. Vi gör det på samhällets uppdrag: miljösäkert, hållbart och långsiktigt. Vår vision är "Det finns inget avfall". Vi verkar för att förebygga att avfall uppstår, att mer återanvänds och att det avfall som uppstår återvinns och tas om hand på bästa sätt. Kommunen och deras bolag är ambassadör, katalysator och garant för denna omställning.



Avfall Sverige Utveckling 2022:04

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress Baltzarsgatan 25, 211 36 Malmö
Telefon 040-35 66 00
E-post info@avfallsverige.se
Hemsida www.avfallsverige.se