

**Pilotprojekt til et frivilligt
måleprogram for metanudledning fra
biogas- og opgraderingsanlæg**

**Kunderapport
Juni 2016**

RAPPORT

Pilotprojekt til et frivilligt måleprogram for metanudledning fra biogas- og opgraderingsanlæg

Torben Kvist

Titel : Pilotprojekt til et frivilligt måleprogram for metanudledning fra biogas- og opgraderingsanlæg

Rapport kategori : Kunderapport

Forfatter : Torben Kvist

Dato for udgivelse : 30.06.2016

Copyright : Dansk Gasteknisk Center a/s

Sagsnummer : 741-95; H:\741\95 Pilotprojekt - biogaslækager\Rapportering\Rapport\Metantab Taskforce_FINAL.docx

Sagsnavn : Metanlækager

ISBN : 978-87-93180-21-5

Indholdsfortegnelse	Side
1 Indledning	3
2 Baggrund.....	5
3 Sammenfatning og konklusion	6
4 Udvælgelse af biogasanlæg til deltagelse i projektet.....	9
4.1 Nuværende praksis på biogasanlæg.....	9
4.2 Deltagende anlæg i undersøgelsen.....	12
5 Målemetoder og målefirmaer.....	13
5.1.1 Målemetoder.....	13
5.1.2 Udvælgelse af målefirmaer	16
6 Resultater	18
6.1.1 Anlæg 1	18
6.1.2 Anlæg 2	20
6.1.3 Anlæg 3	20
6.1.4 Anlæg 4	23
6.1.5 Anlæg 5	24
6.1.6 Anlæg 6	27
6.2 Sammenfatning af måledata.....	30
6.3 Omkostning til målinger	33
6.3.1 Generel vurdering af udførte målinger.....	34
7 anbefalinger	36
8 Forslag til frivilligt måleprogram.....	37
8.1 Overordnet koncept for det frivillige måleprogram.....	37
8.2 Systemgrænser for, hvilke dele af anlæggene der er inkluderet	37
8.2.1 Biogasanlæg til afgangning af husdyrgødning	38
8.2.2 Biogasanlæg til afgangning af spildevandsslam.....	38
8.2.3 Biogasopgraderingsanlæg	39
8.3 Tilmelding til det frivillige måleprogram	40
8.4 Egenkontrol i det frivillige program	41
8.5 Opfølgende eksterne gennemgange af anlægget	41
8.6 Administration af ordningen	41

Bilag

- Bilag 1: Sammenfatning af svar fra spørgeskemaundersøgelse
- Bilag 2: Anbefalede metoder til detektion og kvantificering af metantab
- Bilag 3: Spørgeskema til brug ved tilmelding til det frivillige måleprogram

1 Indledning

Denne rapport beskriver bestemmelse af metantab fra seks forskellige danske biogasanlæg. Undersøgelsen inkluderer lækagesøgning, hvor de enkelte lækager detekteres, og metantabet fra anlæggene kvantificeres. På baggrund af erfaringer fra de udførte målinger, andre målinger og udenlandske erfaringer er der beskrevet en ordning, som skal bistå anlæggene i deres bestræbelser på at reducere udslippet af metan fra biogasproduktion.

Arbejdet er udført som en del af projektet ”Pilotprojekt til et frivilligt måleprogram for metanudledning fra biogas- og opgraderingsanlæg”, der er gennemført som et samarbejde mellem Energistyrelsen og Brancheforeningen for Biogas.

For at indfri målene med projektet er der gennemført målinger af metantab fra et antal biogasanlæg og opgraderingsanlæg, og målingerne er blevet gennemført af forskellige målefirmaer for at opnå erfaringer med forskellige metoder til kvantificering og med forskellige firmaers måde at løse opgaven på.

I forbindelse med projektet er der udarbejdet et spørgeskema, der er rundsendt til biogasanlæggene sammen med en invitation til deltagelse i projektet.

Formålet var at opnå information om, hvordan man indtil nu har arbejdet med reduktion af metantab fra biogasanlægget. Et andet formål med spørgeskemaet var at indhente oplysninger til brug for målefirmaet i forbindelse med udarbejdelse af tilbud om bestemmelse af metantabet fra involverede anlæg.

På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen og erfaringerne fra de gennemførte målinger er der beskrevet en frivillig ordning, som kan bistå anlæg med at reducere udslippet af metan fra biogasproduktion.

Dansk Gasteknisk Center har fungeret som projektleder på projektet.

Bodil Harder fra Energistyrelsens Biogas Taskforce og Bruno Sander Nielsen fra Brancheforeningen for Biogas har fungeret som styregruppe for projektet. Der har desuden været tilknyttet en ekspertgruppe, bestående af:

- Jørgen Hinge, AgroTech
- Henrik B. Møller, Århus Universitet
- Anders Fredenslund, DTU Miljø
- Charlotte Scheutz, DTU Miljø
- Lars Jørgensen, Dansk Gasteknisk Center
- Magnus Andreas Holmgren, SP

2 Baggrund

Der er risiko for, at metantab fra biogasanlæg kan have et omfang, der i væsentlig grad reducerer klimafordelen ved afgang af husdyrgødning. Nyeste tal viser, at klimaffekten for udledningen af metan er 34 gange kraftigere end CO₂¹. Resultater fra et tidligere projekt, *Methane emission from Danish biogas plants*, har vist, at der er betydeligt metantab fra biogasanlæg. For de ni anlæg, der blev målt på, udgjorde metantabet i gennemsnit 4,2 % af den samlede produktion. For et af anlæggene svarede udledningen til en tabt værdi på 1,4 mio. kr./år.

Et andet resultat af det ovenfor nævnte projekt var, at det oftest var relativt let og billigt at reducere metantabet for de undersøgte anlæg. Det er derfor vigtigt, at der er fokus på problemstillingen. Øget fokus, systematisk gennemgang af anlæggene for metantab og kvantificering af faktisk metantab fra biogasproduktion ventes derfor at kunne føre til

- øget indtjening i form af øget gassalg for branchen og de enkelte anlæg
- optimeret effekt som klimavirkemiddel gennem reduktion af klimabelastning, hvilket også vil medføre bedre omdømme for branchen
- bedre data vedrørende emission af klimagas fra biogassektoren til brug for nationale opgørelser.

I Sverige eksisterer en frivillig ordning, hvor biogasproducenter gennemfører egenkontrol af metantab og hvert tredje år får kvantificeret metantabet af et eksternt målefirma. Initiativet til ordningen er taget af "Avfall Sverige", der har mange affaldsbaserede biogasanlæg som medlemmer, for at opnå øget fokus på metantab og for at kunne dokumentere, at branchen har dette fokus.

Dette projekt har til formål at

- opnå større viden om det faktiske metantab fra biogas- og opgraderingsanlæg
- indsamle data for metantab for biogasproduktion til brug for nationale opgørelser af klimagasser
- udvikle en frivillig ordning, som kan bistå anlæg med at reducere udslippet af metan fra biogasproduktion.

¹ IPCC AR5 p714.

3 Sammenfatning og konklusion

Tidligere projekter og internationale erfaringer har vist, at metantabet fra biogasanlæg kan være betydeligt, hvilket har en direkte indflydelse på miljøgevinsten ved produktion og anvendelse af biogas, men også på biogasanlæggenes økonomi. På denne baggrund har Energistyrelsens Biogas Task-force i samarbejde med Brancheforeningen for Biogas iværksat et projekt, der skal bidrage med øget viden om metantab fra biogasanlæg.

Alle biogasanlæg blev inviteret til at deltage i projektet. Målefirmaer blev inviteret i form af en åben invitation. På baggrund af indsendte interessetilkendegivelser blev der udvalgt seks forskellige biogasanlæg og tre målefirmaer. De udvalgte er: to anlæg baseret på spildevandsslam, to gårdbiogasanlæg og to biogasfællesanlæg. Biogassen fra to af anlæggene opgraderes og afsættes via naturgasnettet. Opgraderingsanlæggene har også været en del af undersøgelsen.

De tre målefirmaer anvendte forskellige metoder. To af målefirmaerne gennemgår anlæggene for mulige kilder til metantab og kvantificerer efterfølgende tabet fra de fundne kilder. Det tredje målefirma måler et samlet metantab fra anlægget, men sporer ikke de enkelte lækager.

Der er fundet betydelig variationer i metantabet. Nogle anlæg har meget lave metantab og andre har høje. Der er desuden konstateret betydelige tidlige fluktuationer i det målte metantab. Det samlede metantab for de seks anlæg er domineret af fire store kilder. For to af de husdyrgødningsbaserede er det fortanke og mixertanke, for et af de spildevandsbaserede anlæg er der betydelige tab fra åbne efterlagertanke, og endelig blev der målt et stort tab fra et opgraderingsanlæg, der behandler en større biogasmængde, end det er designet til. To af de store kilder er på relativt nye anlæg, og man var ved projektets start opmærksom på dem og i gang med at planlægge, hvordan tabene kunne elimineres.

På nogle anlæg blev metantabet bestemt af flere firmaer eller flere gange af samme firma. Der blev på samme anlæg konstateret betydelige variationer i målte metantab. Det er vurderet, at forskellene primært skyldes tidlige variationer i det faktiske tab. Der er dog også målt forskelle, hvor det er vurderet, at forskellen ikke kan forklares med tidlige variationer, men i stedet må

skyldes forskelle i målemetoder og omstændigheder ved målingen f.eks. vejrforhold.

Afhængigt af om de laveste eller de højeste af de målte værdier på enkelte anlæg antages at være repræsentative værdier, udgør det samlede tab mellem 1,1 og 3,3 % af den opgivne årlige biogasproduktion for de seks undersøgte biogasanlæg. Det reelle tab vurderes at ligge et sted derimellem.

Dertil kommer et bidrag fra de to undersøgte opgraderingsanlæg. Metantabet fra disse er målt til hhv. 0,1 og 20 kg/h. De 20 kg/h svarer til 2,7 % af den producerede biometan. Når disse bidrag inkluderes i det samlede tab fra anlæggene, udgør tabet fra biogasanlæg og opgraderingsanlæggene tilsammen mellem 2,4 og 4,5 % af den opgivne årlige metanproduktion. Jf. ovenfor forventes det reelle tab at ligge et sted derimellem.

Det skal dog bemærkes, at det målte tab fra opgraderingsanlægget på 20 kg/h er forbundet med stor usikkerhed. Samme dag målingen blev foretaget, målte et andet målefirma et samlet tab fra anlægget inkl. tab fra opgradering på 13 kg/h.

Målingerne, der er udført i projektet, bekræfter tidligere erfaringer, som viser, at metoder og procedurer til bestemmelse af metantab fra biogasanlæg ikke er færdigudviklede og dokumenterede. Undersøgelsen viser også, at der kan være betydelige tidlige variationer i metantabet.

Som allerede nævnt vil de to største enkeltkilder på biogasanlæggene blive håndteret af anlægsejerne. Efter håndtering af de to kilder må tabet forventes at blive betydeligt lavere.

På baggrund af typen af de fundne kilder til metantab er der beskrevet forskellige anbefalinger til, hvad man på biogasanlæggene kan gøre for at reducere metantabet.

Der er desuden beskrevet et oplæg til en frivillig ordning i brancheregion, som biogasanlæggene kan tilslutte sig. Formålet med ordningen er at øge fokus på metantab i branchen og at dokumentere branchens indsats for at reducere metanudledningen fra anlæggene. Ordningen skal hjælpe det enkelte anlæg

med at nedbringe udledningen og dermed forbedre sin økonomi og sit klimaregnskab. Det er desuden tanken, at ordningen skal kunne bidrage til at øge den generelle viden om metantab fra biogasanlæg, således at denne kan indgå i nationale drivhusgasopgørelser. Idet der er tale om en frivillig ordning, anbefales det, at ordningen etableres af branchen selv. Ordningen indebærer, at

- der defineres en rutine for egenkontrol.
- denne egenkontrol gennemføres minimum hver anden måned.
- der hvert andet eller tredje år gennemføres en kvantificering af eksternt målefirma. Frekvensen afhænger af anlægsstørrelse.

Resultatet af eksterne målinger indrapporteres til ordningens sekretariat og data offentliggøres på en hjemmeside i anonymiseret form.

4 Udvalgelse af biogasanlæg til deltagelse i projektet

Som en del af projektet er i alt 105 biogasanlæg blevet kontaktet og spurgt, om de ønsker at deltage i et måleprogram, hvor metantab fra anlæggene bestemmes. Sammen med forespørgslen er der udsendt et spørgeskema, hvori der spørges til anlægsstørrelse, anvendt biomasse, byggeår, mv., og der spørges til rutiner mv. i forbindelse med håndtering af metantab. Både husdyrgødningsbaserede anlæg og spildevandsbaserede anlæg er kontaktet. På baggrund af de indkomne svar er de deltagende anlæg blevet udvalgt.

For de husdyrgødningsbaserede anlæg gælder:

- 65 er kontaktet, heraf 21 biogasfællesanlæg og 44 gårdbiogasanlæg
- 10 har svaret
- 10 har ønsket at deltage.

Flere har mundtligt tilkendegivet deres interesse for projektet, men pga. igangværende ombygninger mv. har det ikke været muligt for dem at deltage i målerunden.

For de spildevandsbaserede anlæg gælder:

- 40 er kontaktet
- 8 har svaret
- 5 har ønsket at deltage.

Som det fremgår, er der tre spildevandsbaserede anlæg, som har svaret, men som ikke ønsker at deltage i projektet. Grunden var for to anlægs vedkommende, at de havde fået gennemført lækagesøgning, og det tredje anlæg havde indstillet biogasproduktionen.

4.1 Nuværende praksis på biogasanlæg

I forbindelse med projektet er der som nævnt udarbejdet et spørgeskema, der er rundsendt til biogasanlæggene sammen med en forespørgsel om, hvorvidt de ønsker at deltage i projektet.

Formålet med spørgeskemaet var at opnå information om, hvordan man indtil nu har arbejdet med reduktion af metantab fra biogasanlægget. Et andet formål var at indhente oplysninger til brug for målefirmaet i forbindelse

med udarbejdelse af tilbud om bestemmelse af metantabet fra involverede anlæg. Desuden er biogasanlæggene, der blev udvalgt til at få gennemført målinger, valgt på baggrund af de indsendte svar. Kriterier for udvælgelse beskrives i afsnit 4.2.

Resultater fra spørgeskemaundersøgelsen sammenfattes i dette afsnit.

Af de husdyrgødningsbaserede anlæg, der ønskede at deltage i projektet, er fire gårdanlæg og seks er fællesanlæg. I alt dækker de anlæg, hvorfra der er modtaget besvarelse, omkring 20-25 % af den danske biogasproduktion.

Metanproduktionen på anlæggene varierer fra ca. 50.000 m³/år til 13.000.000 m³/år, hvor de husdyrgødningsbaserede biogafællesanlæg er størst og de spildevandsbaserede anlæg generelt er de mindste.

Aldersspredningen er stor blandt anlæggene. Det ældste stammer fra 1955 og det nyeste fra 2014, hvor de ældste anlæg er repræsenteret af spildevandsbaserede anlæg. De ældste husdyrgødningsbaserede biogasanlæg i undersøgelsen er fra omkring 1990. Tilsvarende er de nyeste anlæg repræsenteret af husdyrgødningsbaserede anlæg, hvor de senest opførte spildevandsbaserede anlæg er opført i starten og midten af 1990'erne.

Antallet af reaktortanke varierer fra en til syv, hvor de mindste anlæg er spildevandsbaserede og de største husdyrgødningsbaserede. På alle de husdyrgødningsbaserede biogasanlæg i undersøgelsen findes der kun lukkede lagertanke. Derimod findes der på godt halvdelen af de spildevandsbaserede anlæg åbne lagertanke. De åbne lagertanke kan potentielt have et betydeligt metantab.

Kun et af de adspurgte spildevandsbaserede anlæg havde et lugtfilter installeret; dette var dog ikke i drift. Dette var lige omvendt for de husdyrgødningsbaserede anlæg, hvor der kun var et anlæg, der ikke havde et lugtfilter. Hvorvidt et lugtfilter er nødvendigt, vil afhænge af anlæggets opbygning, men et lugtfilter vil reducere svovlemissioner og dermed lugtgener fra anlægget. Generelt var det biologiske lugtfiltere, anlæggene havde. Lugtfiltere fjerner ikke metan, men behandler tab fra flere kilder, og dermed er det mu-

ligt, hvis det ønskes, at fjerne metantab, hvis passende efterbehandlingsudstyr installeres. Det kan være en RTO (Regenerativ thermal oxidizer).

Syv af anlæggene, svarende til knap 40 %, oplyste, at de havde en systematisk egenkontrol af gaslækager. Ligeledes havde ca. 40 % af anlæggene mistanke om gaslækager på anlægget. De anlæg, der havde mistanke om lækage, var ikke nødvendigvis de samme, som havde regelmæssig egenkontrol. Ifølge svarene på spørgeskemaundersøgelsen er der på syv af anlæggene, svarende til knap 40 %, tidligere foretaget reparation af gaslækager. Af de anlæg, hvor der tidligere var foretaget reparationer af gaslækager, havde 2/3 af anlæggene regelmæssig egenkontrol.

Tre anlæg havde tidligere fået foretaget lækagetest af eksternt firma; de fleste inden for de sidste par år. På alle tre anlæg var der også tidligere udført reparation af lækager, og de havde ikke længere mistanke om lækage. Kun ca. halvdelen af anlæggene gjorde noget ekstra ved den seneste reparation for at sikre, at anlægget efterfølgende var gastæt.

De anlæg, der tjekkede for lækager, benyttede sig generelt af lækagespray, tryktest, visuel inspektion og gasalarmer.

Samtlige 18 anlæg, der returnerede spørgeskemaet, syntes, det var en god idé med et frivilligt måleprogram.

For yderligere detaljer henvises til Bilag 1, der udgøres af en tabel, der sammenfatter besvarelsene af spørgeskemaerne.

4.2 Deltagende anlæg i undersøgelsen

Det har inden for de økonomiske rammer af projektet ikke været muligt at udføre så mange målinger, at det giver et dækkende og repræsentativt billede af metantabet fra danske biogasanlæg. Dertil er de danske biogasanlæg for forskellige. Det er derimod tilstræbt at opnå en stor variation i de typer anlæg, der er med i undersøgelsen med henblik på at opnå det bredest mulige overblik over kilder til metantab og størrelse af metantab fra biogasinstitutioner. Der var derfor et ønske om, at undersøgelsen skulle inkludere både

- biogasproduktion og opgradering
- nyere og ældre anlæg
- større og mindre anlæg
- husdyrgødningsbaserede anlæg og spildevandsanlæg.

Biogaspåproduktionen er betydeligt større fra husdyrgødningsbaserede anlæg end fra spildevandsbaserede anlæg. Der er derfor valgt i højere grad at lægge vægt på husdyrgødningsbaserede anlæg i forhold til spildevandsbaserede anlæg. Eftersom en stigende andel af biogassen bliver opgraderet, er det valgt også at inddrage to biogasanlæg med opgraderingsanlæg i undersøgelsen.

Inden for projektets budget var det muligt at invitere seks anlæg til at deltage i undersøgelsen: Fire husdyrgødningsbaserede anlæg, hvoraf to har opgraderingsanlæg, og to spildevandsbaserede anlæg.

De deltagende biogasanlæg med en biogasproduktion større end 1 mio. m³ metan pr. år betalte 18.000 kr. for at deltage og få udført målinger. Mindre anlæg betalte 9.000 kr. Resten betales af Biogas Taskforcen.

5 Målemetoder og målefirmaer

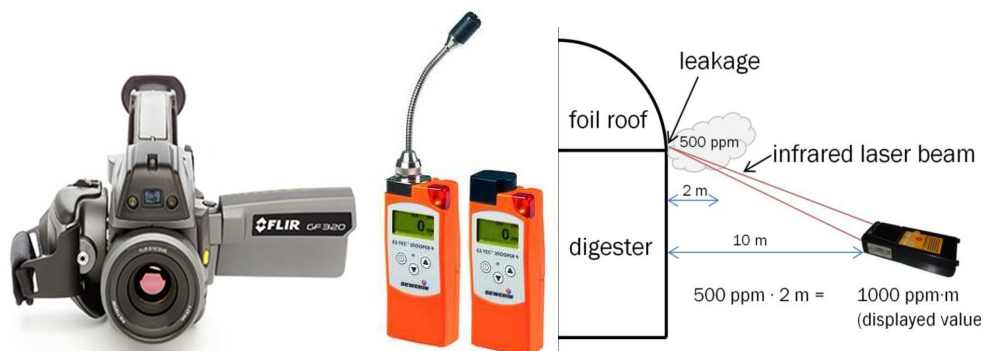
5.1.1 Målemetoder

I projektet er forskellige målefirmaer inviteret til at udføre måling af metantab på anlæggene. Der er defineret forskellige krav til udførelse af målingerne. Derfor er der som en del af projektet udarbejdet et udbudsmateriale, der indeholder en beskrivelse af målemetoder, der kan anvendes til lokalisering af kilder til metantab og til kvantificering af tabet fra de enkelte anlæg. Metodebeskrivelsen er angivet som Bilag 2.

Der er stor metodefrihed i forhold til målinger. *Lokalisering* af kilder til metantab kan ske ved

- lyd eller visuelt
- lækspray
- bærbart læksøgningsinstrument
- IR-kamera.

Der findes forskellige instrumenter, der kan anvendes til dette formål. Nogle af disse er vist i Figur 1.



Figur 1 Instrumenter til detektion af kilder til metantab.

Tilsvarende er der også stor frihed i forhold til valg af metode til *kvantificering* af metantabet.

Der findes to fundamentalt forskellige metoder til kvantificering af metantab.

1. Metantabet bestemmes for enkelte lækager og summeres
2. Metantab fra anlægget bestemmes ved at måle den samlede metanemission fra anlægget ved udførelse af målinger nedvinds anlægget.

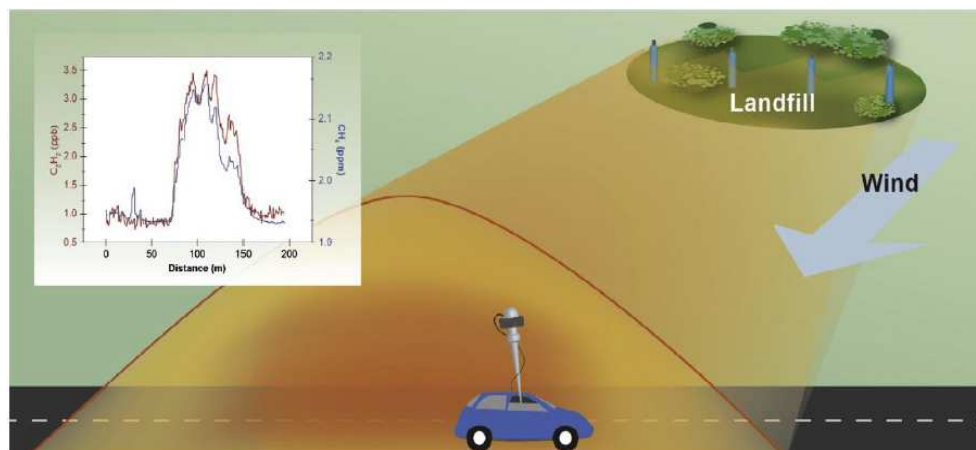
Denne tilgang kaldes fjernmåling. I dette projekt er anvendt en metode, hvor der frigives sporgas på anlægget, den såkaldte sporgasdispersionsmetode.

Ved den første metode lokaliseres kilder til metantab med metoder som ovenfor. Herefter bestemmes tabet fra de enkelte fundne kilder. Det gøres ved at bestemme koncentration af metan og volumen- eller massestrøm af gasmængden, der udledes fra de enkelte kilder. Det samlede metantab fra anlægget bestemmes som summen af tabet fra de enkelte kilder.



Figur 2 Eksempel på bestemmelse af metantab fra en enkelt kilde. Udsivende biogas fra en tank opsamles vha. afdækning og en blæser. Gasflow og metankoncentration i gassen måles, og metantabet beregnes som produktet af de to. Ved denne metode skal det sikres, at der ikke suges biogas ud fra kilden. Se evt. Bilag 2.

Den anden metode baserer sig på måling af metankoncentration i luften, som vinden bærer væk fra anlægget. Metoden er derfor følsom overfor geografi og vindforhold, hvor veje på tværs af vindfanen og en jævn ikke for stærk vind giver de bedste resultater. Metantab kan bestemmes ved at udlede en kendt mængde af en sporgas på biogasanlægget og måle koncentrationen af både metan og den udledte sporgas. Tabet bestemmes ud fra mængden af udledt sporgas og forholdet mellem målt koncentration af sporgas og metan. Det er illustreret i Figur 3.



Figur 3 Eksempel på bestemmelse af det samlede metantab vha. fjernmålemetoden.

I figur 3 er metoden illustreret, hvor der udledes sporgas i en kendt mængde fra forskellige punkter på anlægget, samtidig med at koncentrationen af metan og sporgas måles på tværs af metanfanen nedstrøms anlægget. I det illustrerede tilfælde måles koncentrationerne vha. et instrument placeret i en bil, der kører forbi anlægget nedstrøms fra anlægget i forhold til vindretningen.

Der gennemføres en måling, hver gang køretøjet illustreret i Figur 3 har passeret gennem ”metanfanen” fra anlægget. Det betyder, at det tager 2-5 minutter at gennemføre en måling afhængig af bredden på fanen. Der gennemføres en række traverseringer, og metantabet angives normalt som et gennemsnit af de enkelte målinger.

Fælles for de to metoder til kvantificering af metantab er, at kvaliteten af målingerne er afhængige af vejrforhold. Kraftig vind vil medføre større usikkerhed på målte tab. Det bør tilstræbes kun at anvende læksøgere og FLIR-kamera ved vindhastigheder lavere end 5-7 m/s. Fjernmålinger bør gennemføres ved vindhastigheder mellem 5 og 10 m/s.

Med den første metode, hvor metantabet bestemmes for enkelte kilder, er der risiko for, at metoden underestimerer det faktiske tab, idet kun detekterede lækager kvantificeres. Det vurderes dog, at det ikke behøver at have en reel betydning, idet denne og tidligere undersøgelser har vist, at selv ganske små kilder til metantab kan detekteres.

Ved den anden metode, fjernmålingsmetoden, kvantificeres tabet fra alle kilder. Der er dog en risiko for, at metantab for kilder uden for biogasanlægget inkluderes i målinger. Det kan være metantab fra en nabogård. For at eliminere denne risiko foretages en måling af baggrundskoncentration af metan opstrøms i forhold til vindretningen, sådan at der kan tages højde for dette forhold ved bestemmelsen af tabet fra biogasanlægget.

For begge metoder gælder, at udførelse af måling ikke kan beskrives entydigt i en procedure. Udførelse af gode målinger kræver både omhyggelighed og erfaring.

For detaljer om målemetoderne henvises til Bilag 2.

5.1.2 Udvalgelse af målefirmaer

Fem målefirmaer var direkte inviteret til at deltage i projektet. Opgaven var desuden i åbent udbud. Fire målefirmaer var interesserede i at afgive tilbud på at udføre målingerne.

På baggrund af et møde, hvor målefirmaerne præsenterede deres respektive måleydelser for de deltagende anlæg, blev tre af firmaerne inviteret til at indsende tilbud på måleydelserne.

Tabel 1 Oversigt over, hvilke målefirmaer der har målt på hvilke biogasanlæg

	Målefirma		
	1	2	3
Anlæg 1		x	x
Anlæg 2	x		
Anlæg 3	x	x	x
Anlæg 4	x		
Anlæg 5	x		x
Anlæg 6	x	x	x

Målefirma 1 og 2 foretager først en lækagesøgning, og efterfølgende kvantificeres tabet fra de enkelte fundne lækager. Det tredje målefirma foretager en måling af det samlede metantab fra anlægget, men sporer og kvantificerer ikke de enkelte lækager. I projektet er stillet krav om, at der leveres oplysninger om både tabets størrelse, og hvilke kilder der bidrager til samlede tab.

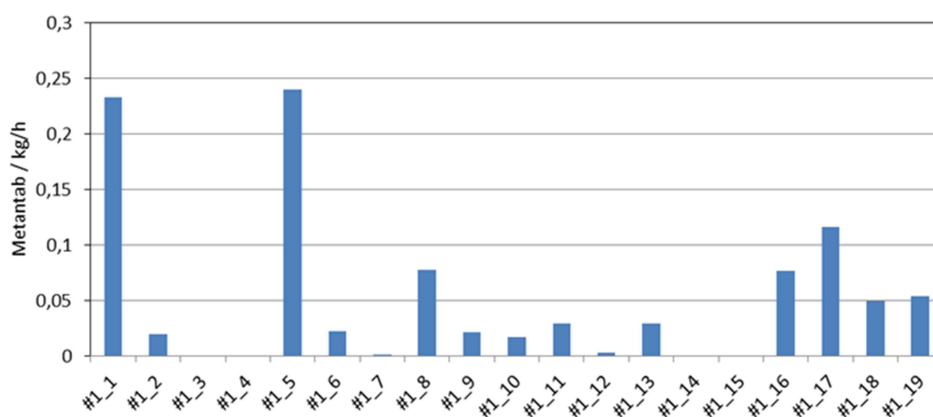
Derfor har det pågældende målefirma indgået en aftale med et af de andre målefirmaer om at stå for lækagesøgningen. Det har samtidig muliggjort dobbeltbestemmelser af kvantificeringen og dermed en vis sammenligning af målemetoder og målefirmaer. Antallet af målinger og deltagende anlæg er dog ikke tilstrækkeligt til at kunne drage endegyldige konklusioner.

6 Resultater

I det følgende beskrives kort de målinger, der er udført på de enkelte anlæg, og der gives en karakterisering af de hyppigst fundne og de væsentligste kilder til metantab fra de undersøgte anlæg.

6.1.1 Anlæg 1

Anlæg 1 er et ældre men nyrenoveret biogasfællesanlæg uden opgradering. Målefirma 2 fandt 19 kilder til metantab på anlægget, og det samlede metantab blev bestemt til 1,0 kg/h. Det svarer til 0,25 % af den oplyste årlige biogasproduktion. Størrelsen af de enkelte fundne kilder til metantabet er vist i Figur 4. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 2.



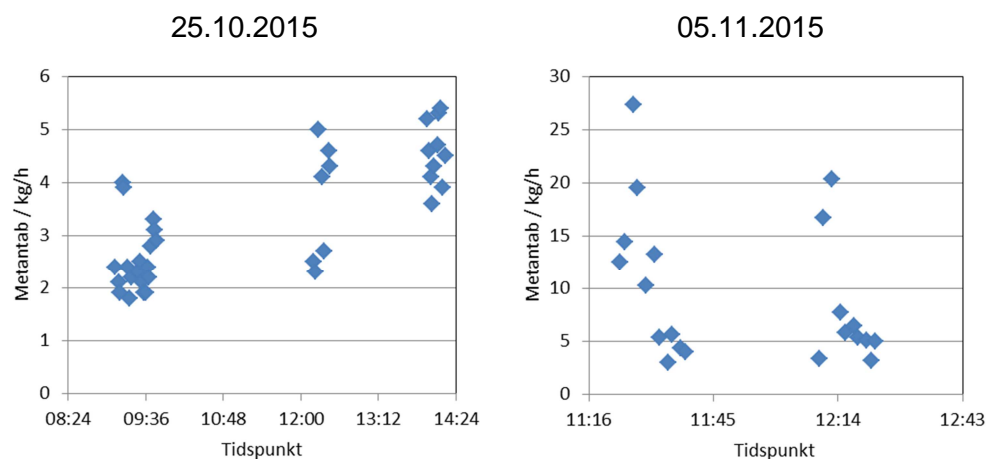
Figur 4 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 1. Målt af målefirma 2 den 26.10.2015 og 05.11.2015.

Målefirma 3 har ligeledes gennemført kvantificering af det samlede metantab. Den 26.10.2015 blev tabet bestemt til at være $3,3 \text{ kg/h} \pm 1,1 \text{ kg/h}$, og den 05.11.2015 blev tabet fundet til at være $9,5 \text{ kg/h} \pm 6,8 \text{ kg/h}$.

Tabel 2 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 4.

1	Udluftning fra kompressorer i gasbygning
2	Utæthed ved kompressor 1 i gasbygning (del af kilde 5)
3	Utæthed ved kompressor 2 i gasbygning (del af kilde 5)
4	Utæthed ved ventil i gasbygning (del af kilde 5)
5	Udluftning fra gasbygning
6	Udluftning fra overdækning af efterlagertank
7	Åbent brønddæksel
8	Utæt tryk-vakuumentil på reaktor
9	Utæt tryk-vakuumentil på reaktor
10	Utæthed ved omrøreraksel på reaktor
11	Utæt tryk-vakuumentil på reaktor
12	Utæthed ved omrøreraksel på reaktor
13	Utæthed ved omrøreraksel på reaktor
14	Utæthed ved omrøreraksel på reaktor
15	Utæt tryk-vakuumentil på reaktor
16	Lækage ved måleskab i gasmålerbygning
17	Utæt blæser i skur ved gasmålerbygning
18	Utæt tryk-vakuumentil på toppen af gasrensetank
19	Utæt tryk-vakuumentil på toppen af gasrensetank

Målefirma 3's metode, fjernmålemetoden, er bl.a. kendetegnet ved, at der gennemføres en række målinger kort efter hinanden. Det er illustreret i Figur 5. Heraf fremgår det, at det målte metantab fra anlægget varierer mellem 3,0 og 27,3 kg/h inden for 10 minutter.

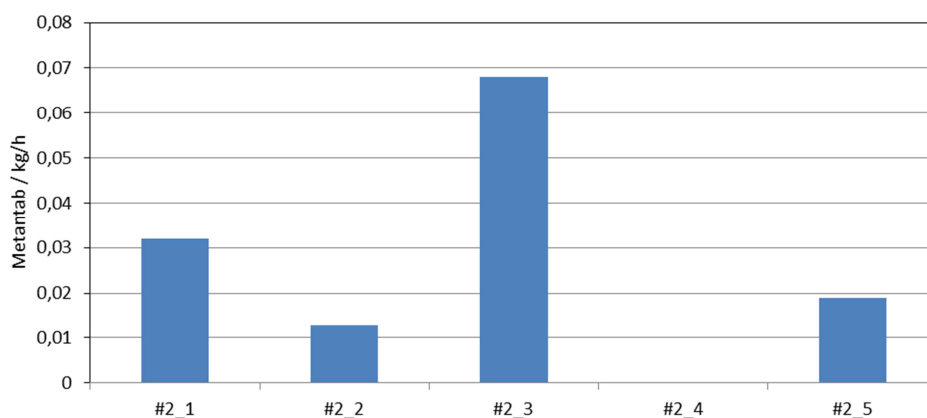


Figur 5 Variation i målte metantab fra biogasanlæg. Målt af målefirma 3.

Ovenstående indikerer, at metantabet varierer meget. Anlægget har oplyst, at der den 5. november var tekniske problemer med en pumpe, der kan have forårsaget uønskede trykstigninger i systemet, som kan have aktiveret sikkerhedsventiler. Det kan forklare de store variationer, som er vist i Figur 5.

6.1.2 Anlæg 2

Anlæg 2 er et mindre gårdbiogasanlæg. Der er gennemført skanning af anlægget for kilder til metantab, og tabet fra de fundne kilder er efterfølgende blevet kvantificeret. Der er detekteret fem kilder, og tabet fra de enkelte kilder er vist i Figur 6. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 3.



Figur 6 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 2. Bestemt af målefirma 1 den 09.11.2015.

Det samlede tab er 0,13 kg/h, hvilket svarer til 0,3 % af den opgivne årlige produktion.

Tabel 3 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 6.

- | |
|---------------------------------|
| 1 Tab fra rejktvandsbrønd |
| 2 Lækage, efterlager |
| 3 Sikkerhedsventil, reaktor |
| 4 Omrører, lækage |
| 5 Sikkerhedsventil, svovlfilter |

6.1.3 Anlæg 3

Anlæg 3 er et relativt stort spildevandsbaseret anlæg. Alle tre målefirmaer bestemte metantab fra anlægget. Resultat af målinger udført af Målefirma 1 og 2 er vist i Figur 8. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 4. Både

målefirma 1 og 2 fandt seks kilder til metantab. Fem af disse blevet detekteret af begge målefirmaer. Kilde 3_4 er metantab fra åbne efterlagertanke.

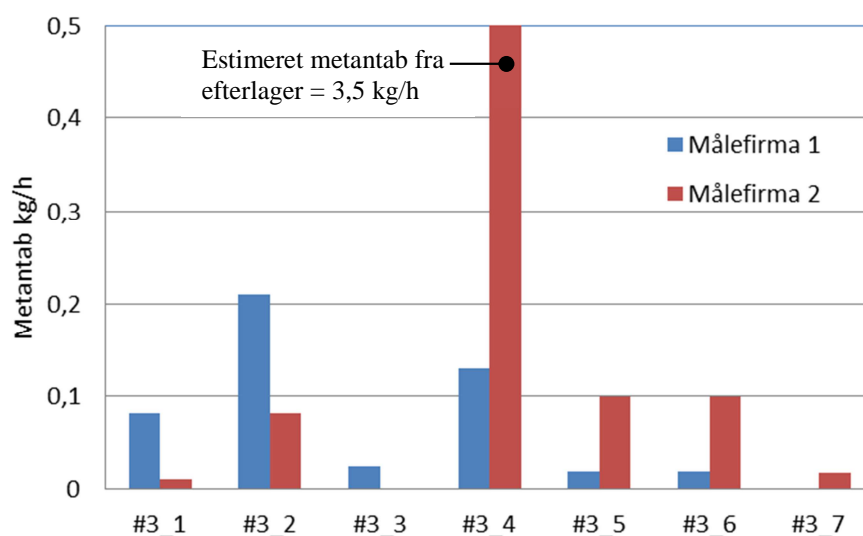
Målefirma 1 har foretaget en måling med metode, der ikke var egnet til den pågældende kilde. Metantabet er bestemt ved at bestemme afdampningen fra overfladen langs kanten af den "koniske" efterlagertank og antage at afdampning sker ensartet fra hele overfladen. Eftersom tanken har skrå sider og midten af tanken er kraftigt beluftet, se foto i Figur 7, er det ikke rimeligt at antage en ensartet afdampning fra overfladen. Det er derfor forventeligt, at det faktiske tab er betydeligt højere end det målte, når målingen udføres i hjørnet af tanken. Målefirmaet har ikke gjort opmærksom på, at resultatet af målingen er forbundet med stor usikkerhed.



Figur 7 Foto af firma 1's måling af metantab fra efterlager. Måling foretages i øverste venstre hjørne på fotoet. Bemærk de skrå sider og beluftningen i midten af tanken.

Målefirma 2 har ikke kvantificeret tabet fra denne kilde ved måling, men størrelsen af tabet er vurderet ud fra en række oplysninger fra driftspersonalet og ud fra forskellige antagelser. Det er fra anlægget oplyst, at man forventer, at der er en god omrøring i reaktorerne. Det betyder, at sammensætningen af den slam, der pumpes ud, er som den, der er i reaktorerne. På den baggrund er det antaget, at den specifikke metanproduktion (kubikmeter gas pr. kubikmeter slam pr. time) af den udpumpede slam er som for den slam, der er i reaktoren. Det er desuden oplyst, at opholdstiden i efterlagrene er ca. tre timer. Pga. den korte opholdstid er det antaget, at produktionsraten ikke falder betydeligt, mens slammen ligger i efterlagertankene. Ud fra ovenstå-

ende og volumen af slam i efterlagrene er et estimeret tab fra efterlagrene beregnet. I praksis vil der ske en vis afkøling af slammet i efterlagrene. Denne afkøling betyder, at den faktiske produktionsrate er lavere end forudsat, og dermed er metantabet også lavere end det estimerede. Pga. kort opholdstid og relativt stort volumen af efterlager er det vurderet, at temperaturfaldet er beskedent. Efterfølgende måling udført på anlægget i andet regi bekræfter, at det vurderede er sandsynligt.



Figur 8 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 3. Målefirma 1 målte 13.11.2015, og målefirma 2 målte 27.10.2015.

Tabel 4 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 8.

1	Gasbooster
2	Utæt flange ved gasbooster
3	Slambrønd
4	Efterlager
5	Slampumpesump
6	Rejektsump
7	Udslip fra brønddæksel

Det samlede tab for kilderne vist i Figur 8 målt af målefirma 1 er 0,48 kg/h, hvilket svarer til 0,3 % af produktionen. Det samlede tab målt/vurderet af målefirma 2 er 4,0 kg/h, hvilket svarer til 2,4 % af den opgivne produktion.

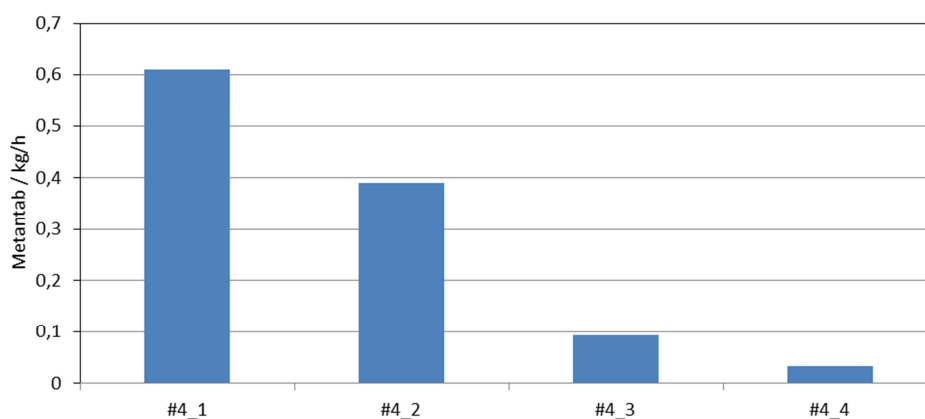
Metantabet fra anlægget blev desuden bestemt vha. fjernmålemetoden af målefirma 3. Den 27.10.2015 blev tabet med denne metode bestemt til 13,5 kg/h. Det svarer til 8,2 % af den opgivne produktion.

Den suverænt største fundne kilde er som nævnt tabet fra de åbne efterlagre, og det er oplyst, at slammængden i de åbne efterlagre holdes rimeligt konstant. Derfor må det forventes, at tabet fra denne kilde ikke varierer så meget, at det kan forklare forskellen på de målte metantab på 2,4 % og 8,2 %, som er målt af hhv. målefirma 2 og 3. De øvrige fundne kilder er for små til at forklare forskellen. En mulig forklaring er, at målefirma 3's resultater inkluderer andre kilder, som ikke er inkluderet af de to øvrige firmaer. Det kan være metantab fra dele af spildevandsbehandlingen og metantab fra gasmotoranlægget som ikke indgik i måleopgaven, men som fjernmålingen ikke kan undgå at få med i målingen. Dette er især et problem ved spildevandsanlæg, hvor det er svært at adskille udledningen fra spildevandsrensningen fra udledningen fra biogasanlægget.

6.1.4 Anlæg 4

Anlæg 4 er et mindre spildevandsbaseret anlæg. På dette anlæg er der gennemført skanning af anlægget for kilder til metan, og tabet fra de fundne kilder er efterfølgende blevet kvantificeret af målefirma 1.

Der er detekteret fire kilder, og tabet fra de enkelte kilder er vist i Figur 9. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 4.



Figur 9 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 4. Bestemt af målefirma 1 den 11.11.2015.

Tabel 5 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 9.

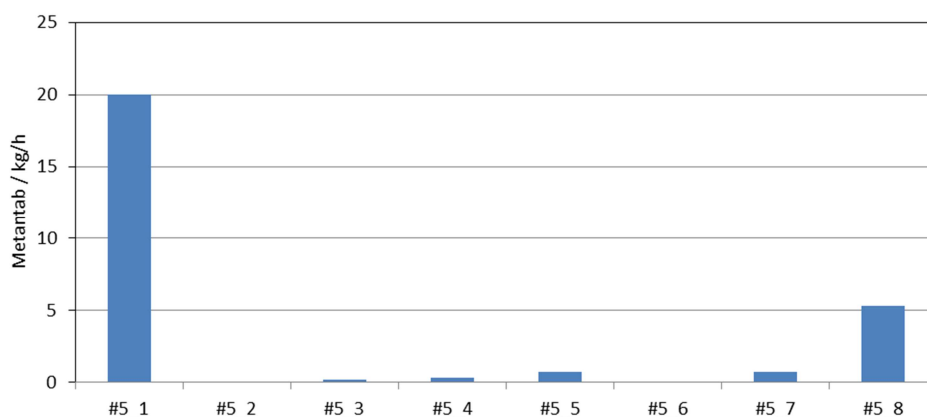
- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 | Homogeniseringstank, ventilation |
| 2 | Slambehandling |
| 3 | Decanter, ventilation |
| 4 | Rådnetank, slambrønd |

Det samlede tab er 1,1 kg/h, hvilket svarer til 4,0 % af den opgivne årlige produktion.

6.1.5 Anlæg 5

Anlæg 5 er et nyere biogasfællesanlæg, hvor gassen opgraderes vha. af et vandskrubberanlæg og afsættes til gasnettet. Der er gennemført skanning af anlægget for kilder til metan, og tabet fra de fundne kilder er efterfølgende blevet kvantificeret.

Der er detekteret otte kilder, og tabet fra de enkelte kilder er vist i Figur 10. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 6.



Figur 10 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 5. Bestemt af målefirma 1 den 12.11.2015.

Tabel 6 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 10.

- | | |
|---|--|
| 1 | Opgradering, CO ₂ -fraktion |
| 2 | Opgradering, gasanalyse |
| 3 | Opgradering, ventilation |
| 4 | Opgradering, lækage |
| 5 | Efterlager, sikkerhedsventil |
| 6 | Efterlager, ventilation mellem membraner |
| 7 | Modtagetank, ventilation |
| 8 | Mixertank |

Det samlede tab fra biogas- og opgraderingsanlægget blev målt til 27 kg/h, hvilket svarer til 5,2 % af den opgivne årlige produktion. Det er efterfølgende oplyst, at den faktiske produktion var højere end det oplyste på måletidspunktet. Derfor svarer de 27 kg/h til ca. 4 % af produktionen på måletidspunktet.

Tabet er domineret af to kilder. Den ene kilde, 5_1, er opgraderingsanlægget. Grunden til, at opgraderingsanlægget har et så højt tab, er sandsynligvis, at det på måletidspunktet behandler en gasmængde, større end det, det er designet til. I måleperioden har anlægget behandlet en mængde svarende til 110 % nominel last. Biogasanlægget er opmærksomt på dette og har efterfølgende idriftsat et ekstra opgraderingsanlæg med en større kapacitet. Ca. 75 % af det samlede tab stammer fra opgraderingsanlægget. Nyere vand-skrubberbaserede opgraderingsanlæg, der opereres inden for det specificerede, har normalt et metantab svarende til ca. 1 % af den behandlede metanmængde². Det er ca. en tredjedel af det målte metantab for dette opgraderingsanlæg.

Den anden større kilde, 5_8, stammer fra mixertanken. Fra anlæggets side vurderes det, at det ikke umiddelbart er muligt at eliminere dette tab, da det vil kræve større konstruktionsmæssige ændringer på anlægget.

Metantabet fra anlæg 5 blev desuden bestemt af målefirma 3 vha. af sporgasmetoden. Her blev det samlede tab fra biogas- og opgraderingsanlægget målt til 13 kg/h, hvilket svarer til ca. 2,5 % af den opgivne årlige produktion. Det svarer til ca. 45 % af, hvad målefirma 1 målte som samlet tab, og 63 % af, hvad målefirma 1 målte som metantab fra opgraderingsanlægget alene.

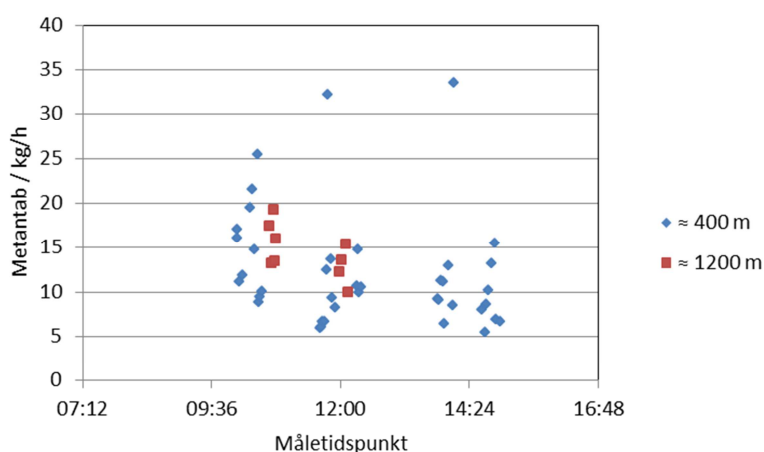
De to målefirmaer har målt samme dag, og ingen af de to væsentlige kilder – tab fra opgraderingsanlægget og tab fra mixertank – vurderes at kunne variere tilstrækkeligt hurtigt til at kunne forklare den målte forskel med tidlige variationer i faktisk metantab. Det er ikke umiddelbart muligt at give en

² Biogas upgrading – Review of commercial technologies (Biogassuppgradering – Granskning av kommersiella tekniker) SGC Rapport 2013:270.

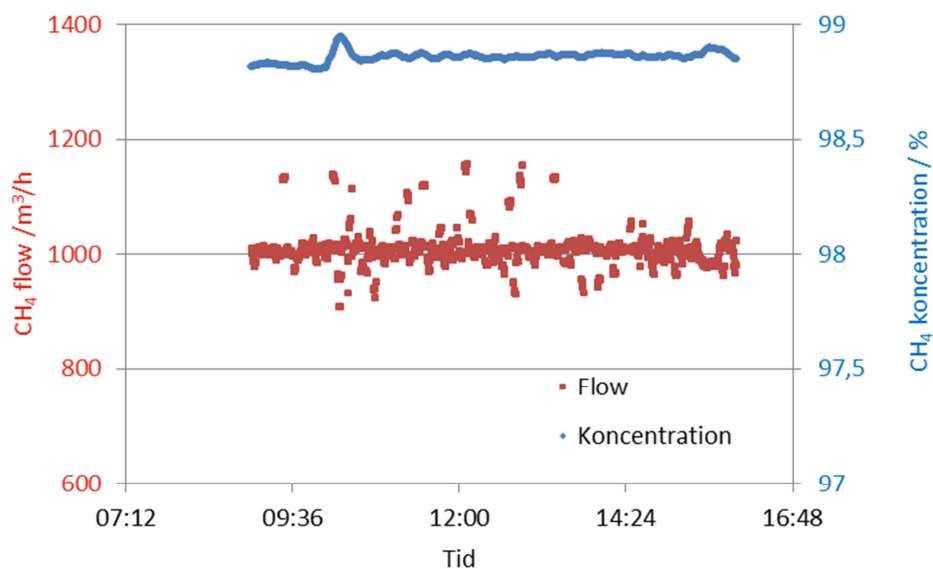
entydig forklaring på, hvorfor målefirma 3 måler så meget mindre end målefirma 1.

En mulig forklaring kunne være, at sporgassen frigives ved jorden, mens den største del af metanemissionen sker fra en høj skorsten. For at undersøge betydningen af dette har målefirma 3 gennemført målinger hhv. 400 og 1200 m fra anlægget. Betydningen af fejlen, der begås, hvis sporgaskilden ikke er placeret optimalt, reduceres, hvis målingen gennemføres længere fra anlægget. Resultat af målinger er vist i Figur 11. Heraf fremgår, at resultatet af målinger gennemført ca. 1200 m fra anlægget er på samme niveau som dem, der er gennemført ca. 400 m fra anlægget. Derfor vurderes det, at forskellen mellem resultaterne fra de to målefirmaer ikke kan forklares med uhensigtsmæssig placering af sporgaskilden.

Metantabet kommer primært fra to kilder. Den ene kilde er mixertanken. Dynamikken for processerne i mixertanken er lav, hvorfor kun langsomme variationer i metanudviklingen forventes. Den anden betydende kilde er afkastet fra opgraderingsanlægget. Driftsdata fra opgraderingsanlægget for hhv. metanflow og -koncentration indikerer, at driftsforholdene har været meget stabile i måleperioden, se Figur 12. I viste periode har metankoncentrationen i den rå biogas varieret med $\pm 0,3$ procentpoint. På den baggrund virker variationen i metantab målt af firma 3 overraskende stor.



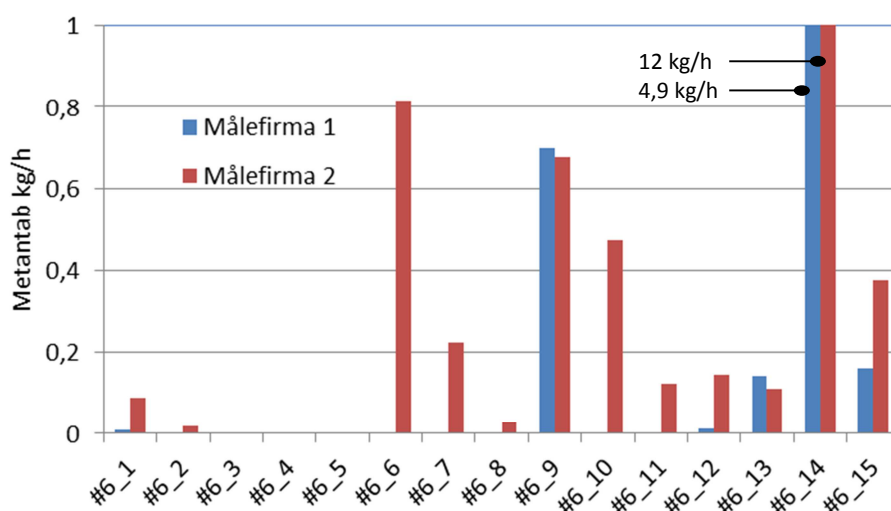
Figur 11 Variation i målte metantab fra biogasanlæg. Målt af målefirma 3 den 12.11.2015.



*Figur 12 Variation i metankoncentration og -produktion fra opgraderingen.
Data fra opgraderingsanlæggets SRO-system 12.11.2015.*

6.1.6 Anlæg 6

Anlæg 6 er et større gårdbiogasanlæg, hvor biogassen opgraderes vha. af et aminbaseret opgraderingsanlæg. Der er gennemført skanning af anlægget for kilder til metantab, og tabet fra de fundne kilder er efterfølgende blevet kvantificeret af såvel målefirma 1 som 2. Disse målinger er udført af to målefirmaer uafhængigt af hinanden med seks dages mellemrum. Resultatet er vist i Figur 13. Beskrivelse af de enkelte kilder er vist i Tabel 6.



Figur 13 Metantabet for hver af de identificerede kilder til metantab for anlæg 6. Målefirma 1 har målt 10.11.2015 og målefirma 2 04.11.2015.

Tabel 7 Beskrivelse af de enkelte kilder som er vist i Figur 13.

- | | |
|----|--|
| 1 | Sikkerhedsventil, reaktor |
| 2 | Sikkerhedsventil, efterlager |
| 3 | Sikkerhedsventil, reaktor |
| 4 | Sikkerhedsventil, efterlager |
| 5 | Sikkerhedsventil, reaktor |
| 6 | Sikkerhedsventil, efterlager |
| 7 | Utæthed ved dæksel på lagertank |
| 8 | "Presenning-dæksel" på lagertank |
| 9 | "Presenning-dæksel" på fortank |
| 10 | Sikkerhedsventil efterlagertank |
| 11 | Ventilationsrist fra gasrum |
| 12 | Ventilationsrist fra gasrum |
| 13 | Opgraderingsanlæg, CO ₂ -fraktion |
| 14 | Udsugningsrør fra fortank |
| 15 | Udsugningsrør fra opvarmningsmoduler |

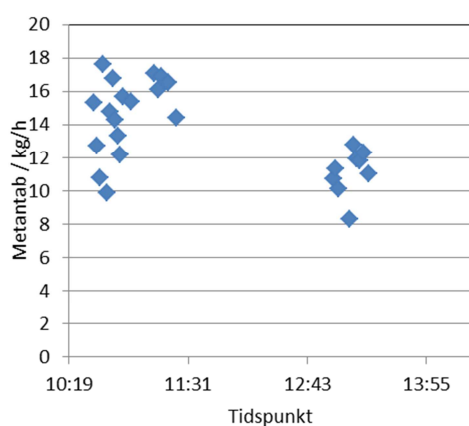
Målefirma 1 målte et samlet metantab på 5,9 kg/time svarende til 1,4 % af oplyst biogasproduktion. Målefirma 2 målte et samlet metantab på 15 kg/time svarende til 3,7 % af oplyst biogasproduktion.

Den 10. november fandt målefirma 1 seks kilder, og den 4. november fandt målefirma 2 15 kilder. Det skal bemærkes, at målefirma 2 målte under tilnærmelsesvis vindstille betingelser, mens målefirma 1 målte under vindha-

stigheder på op til 20 m/s. Den kraftige vind vanskeliggør lækagesøgningen meget. De kraftige vindstød kan desuden påvirke selve målingen og det faktiske tab for nogle af kilderne. Det afhænger af kildernes art.

Den suverænt største enkeltkilde er udsugningen fra en opvarmet fortank, og den udgør ifølge begge målinger ca. 80 % af det samlede metantab. Det ene firma måler 12 kg/h og det andet 4,9 kg/h. I begge tilfælde er måling på denne kilde uafhængig af vejrforhold, idet både koncentration og flowbestemmelsen sker i en lukket kanal. Der er ingenting, der giver anledning til at tro, at der kan være tale om målefejl. Det vurderes derfor, at forskellen i metantabet er et udtryk for den faktiske forskel i tabet på måletidspunktet.

Foruden ovennævnte har målefirma 3 udført en måling af det samlede metantab fra anlægget. Det er bestemt til 13,4 kg/h. Som tidligere beskrevet er der ved en sådan måling gennemført en række successive målinger. Målingen er gennemført samme dag, som målefirma 2 målte. Variationen i disse målinger er vist i Figur 14.



Figur 14 Variation i målt metantab fra biogasanlæg. Målt af målefirma 3.

Det er forventeligt, at tabet fra fortank varierer over tid. Det skyldes, at det tager tid, fra biomassen tippes i fortanken, til biogasproduktionen for alvor kommer i gang. Der kan desuden ske hurtig ændring i metantabet ved pumpning af biomasse, der sker med ca. 45 minutters mellemrum. På den baggrund er det vurderet, at de hurtige variationer, der er afbildet i Figur 14, ikke kan forklares med variation i tabet fra fortank. De øvrige fundne kilder er for små til at forklare forskellen vist i Figur 14.

Som nævnt udgør én kilde 80 % af tabet. Anlægs ejer er opmærksom på kilden og planlægger, hvordan tabet bedst elimineres.

Som nævnt opgraderes biogasproduktion fra dette anlæg vha. af et aminbaseret opgraderingsanlæg. Metantabet som følge af opgraderingen er målt til at være 0,14 kg/h svarende til 0,04 % af den opgivne biogasproduktion. Det er – som ventet – væsentligt lavere end for vandskrubberanlæg.

6.2 Sammenfatning af måledata

I alt er der fundet og kvantificeret 57 kilder til metantab for de seks biogasanlæg og de to opgraderingsanlæg. Som det fremgår af ovenstående figurer, kan langt den største del af det samlede tab henføres til fire kilder. De fire kilder er en åben efterlagertank, en fortank, en mixertank og et opgraderingsanlæg, der var overbelastet på måletidspunktet. Ca. 80 % af det samlede tab fra 57 fundne kilder kan henføres til disse fire kilder.

Som vist tidligere er der tidlige variationer i det målte metantab. Forskellene kan skyldes

- variationer i produktion i fortank og mixertank
- variationer, der er afhængige af, om trykventiler er aktiverede eller ej
- variationer, der er afhængige af, om blæsere/booster kører på måletidspunkt.

Afhængigt af, om de laveste eller de højeste af de målte værdier på enkelte anlæg antages at være repræsentative værdier, udgør det samlede tab mellem 1,1 og 3,3 % af den samlede biogasproduktion for de seks undersøgte biogasanlæg. Det reelle tab vurderes at ligge et sted derimellem.

Dertil kommer et bidrag fra de to undersøgte opgraderingsanlæg. Metantabet fra disse er målt til hhv. 0,1 og 20 kg/h. Når disse bidrag inkluderes i det samlede tab fra anlæggene, udgør tabet fra biogasanlæg og opgraderingsanlæggene tilsammen mellem 2,4 og 4,5 % af den opgivne årlige metanproduktion. Jf. ovenfor forventes det reelle tab at ligge et sted derimellem.

Som allerede nævnt vil de to største enkeltkilder blive håndteret af anlægs-ejerne. Efter håndtering af de to kilder må tabet forventes at blive betydeligt lavere.

Metantabene repræsenterer en betydelig værdi. For at vurdere størrelsen af det værditab, som metantabet udgør, er værdien af biogas vurderet.

Det er i det følgende antaget, at biogastabet repræsenterer et nettotab svarende til 5 kr./m³_n CH₄.

Metantabet fra de enkelte anlæg, og hvilken værdi det tab repræsenterer, fremgår af Tabel 8.

Tabel 8 Oversigt over målte metantab, og hvilke værdier tabet repræsenterer. Der er regnet med en værdi af biogassen svarende til 5 kr./m³ metan.

	Tab			Målefirma
	Mængde	Andel*	Mistet indtjening*	
	kg/h	% af prod.	kr./år	
Anlæg 1	1,0	0,25 %	60.000	2
	3,3	0,84 %	201.000	3
	9,5	2,4 %	578.000	3
Anlæg 2	0,13	0,27 %	8.000	1
Anlæg 3	0,48	0,29 %	29.000	1
	4,0	2,4 %	244.000	2
	13,5	8,2 %	821.000	3
Anlæg 4	1,1	4,0 %	69.000	1
Anlæg 5	27	5,2 %	1.671.000	1
	13	2,4 %	767.000	3
Anlæg 6	5,9	1,4 %	360.000	1
	15	3,7 %	936.000	2
	13	3,3 %	815.000	3

* Tabets andel og størrelsen af mistet indtjening er baseret på årlig produktion oplyst af anlæggene.

Der er gennemført en karakterisering af de enkelte metantab. Som det fremgår af Tabel 9, er den hyppigst forekommende type af kilde til metantab trykventiler til sikring af anlægget mod for højt tryk. Ud af de 57 fundne kilder er de 22 trykventiler. Disse udgør 14 % af det samlede tab, når tabet fra det overbelastede opgraderingsanlæg ikke inkluderes.

Den væsentligste kilde til metantab er udsugningen fra fortanke mv. Denne type udgør godt 60 % af tabet. Hvis gassen fra udsugningen ledes til en in-

cinerator, vil den negative klimaeffekt af dette metantab kunne reduceres betragteligt, idet metan herved vil blive oxideret til CO₂, der har en klimaeffekt, der kun er ca. 3 % af klimaeffekten for metan.

Tabel 9 De fundne lækagetyper på biogasanlæg, deres antal og respektive del af det samlede tab. Opgraderingsanlæg er ikke inkluderet i nedenstående.

Type	Antal	Andel af tab
Trykventiler	22	14 %
Ventilation fra bygninger	7	7 %
Kompressorer/blæsere	8	5 %
Gennemføringer	7	0,3 %
Udsugning fra fortanke mv.	4	61 %
Åbne lagre	4	8 %
Andre kilder	8	4 %

”Andre kilder” omfatter bl.a. tab fra brønde og lækager fra slambehandlingsanlæg på spildevandsbaserede anlæg og tab fra målerskabe.

Udslippet fra opgraderingsanlægget er ikke indregnet i ovenstående, men måling viste, at tabet udgjorde 2,7 % af produktionen fra det pågældende anlæg.

Der er betydelige variationer i det målte. Dette skyldes tidlige variationer i udslippet fra anlægget og metodiske problemstillinger, som er beskrevet tidligere.

De tidlige variationer gør, at det er svært at angive et præcist tal for det faktiske årlige tab for de enkelte anlæg. Det er desuden svært at gennemføre et måleprogram, der eliminerer denne usikkerhed. Det skyldes, at der både er variationer, hvor metantabet varierer ganske hurtigt, som illustreret i fx Figur 5, og tilfælde, hvor tabet varierer langsommere. Et eksempel på denne type variation er tab fra fortanke og mixertanke. Her vil tabet være afhængig af, hvilken biomasse der er i tanken, og hvor længe den har været i tanken. Derudover vil der være variationer, som er temperaturafhængige og dermed årstidsafhængige.

De omtalte variationer ændrer dog ikke ved, at målingerne viser, hvilke anlæg der har relativt store metantab, og hvilke anlæg der ikke har. Målingerne

viser også, hvilke dele af anlægget, der er kritiske, og giver dermed mulighed for en fokuseret indsats til reduktion af metantabet. Det vurderes, at resultatet af målingerne giver et godt billede af størrelsen af tabet, men viser også, at de målte tab er forbundet med en betydelig variation.

For det enkelte anlæg giver en måling vigtig information om udslippet fra anlægget på måletidspunktet. Målingen viser, at der i perioder er udslip af den målte størrelsesorden fra anlægget. Der kan på andre tidspunkter forekomme et såvel lavere som højere udslip fra anlægget.

På grund af de tidlige variationer vil en enkelt måling kun med stor usikkerhed kunne bruges til at beregne de gennemsnitlige udslip fra anlægget i procent af anlæggets årsproduktion. Flere målinger på forskellige tidspunkter vil gøre beregningen af det årlige udslip som andel af årsproduktionen mere sikker.

Målinger fra flere anlæg gør det muligt at komme tættere på et gennemsnitligt udslip fra danske biogasanlæg i en samlet emissionsopgørelse.

Det samlede tab fra de danske biogasanlæg kunne bestemmes med større nøjagtighed, efterhånden som flere målinger gennemføres, idet det vil forbedre det statistiske grundlag.

6.3 Omkostning til målinger

Målefirmaer involveret i projektet blev bedt om at fremsende en interesse-tilkendegivelse med prisindikationer og en beskrivelse af, hvordan målingerne tænkes gennemført. Alle interesserede målefirmaer levede op til de formelle kvalitetskrav, der er defineret i forbindelse med projektet. På denne baggrund blev det vurderet, at det var muligt at gennemføre målinger på seks forskellige biogasanlæg med det til rådighed værende budget.

De seks nævnte anlæg og de fire interesserede målefirmaer blev inviteret til et møde, hvor målefirmaerne præsenterede den måleydelse, de ville levere. Efterfølgende planlagde projektgruppen og de udvalgte biogasanlæg, hvilke målefirmaer der skulle involveres i projektet.

Der var, som illustreret i Tabel 10, betydelig forskel i prisen for måling, afhængigt af, hvilket firma der blev entreret med. Målefirma 3's ydelse in-

debærer dog kun kvantificering af det samlede metantab fra anlægget og ikke bestemmelse af, hvorfra tabet sker, og leverer ikke oplysning om, hvad der bør gøres for at reducere metatabet. Til gengæld kvantificeres det samlede metantab fra anlæg – også tab fra kilder, der evt. ikke måtte detekteres af de to andre målefirmaer.

Tabel 10 Pris og indhold af den måleydelse, som de enkelte målefirmaer har leveret i projektet

Målefirma	Pris kr.	Indhold
1	25-30.000	Lækagesøgning Kvantificering
2	60.000	Lækagesøgning Kvantificering
3	24-30.000	Kvantificering

6.3.1 Generel vurdering af udførte målinger

Umiddelbart kan det for et anlæg virke oplagt at vælge firma 1, eftersom man både får lækagesøgning og kvantificering af metantab til en pris, der er ca. det samme, som firma 3 tager for kvantificering alene, og det halve af, hvad firma 2 tager for samme type ydelse. Helt så enkelt er det dog ikke, eftersom det ikke var samme ”produkt”, der blev leveret.

Firma 1 planlagde og gennemførte målinger på fem anlæg på fem dage, og de blev gennemført af én person. Målefirma 2 havde altid to personer og brugte mellem én og tre dage på opgaverne. Både målefirma 1 og 2 gennemførte målinger på anlæg 3 og 6. På anlæg 3 detekterede både firma 1 og 2 seks kilder til metantab. På anlæg 6 detekterede firma 1 seks og firma 2 15 kilder til metantab. Målefirma 1 målte i kraftig vind. Kraftig vind vanskeliggør normalt lækagesøgning, og lækagesøgningen burde måske have været gennemført under mere stille vejrforhold, da det er vanskeligt at detektere lækager i kraftig blæst.

Både anlæg 3 og 6 er tilsyneladende kendetegnet ved, at det samlede tab domineres af tab fra én kilde. Begge firmaer har fundet den dominerende kilde på begge anlæg. På anlæg 6 vurderes det, at det er sandsynligt, at tabet er kvantificeret korrekt af begge firmaer, og at forskellen skyldes tidlig variation. På anlæg 3 har firma 1 målt tabet fra den kilde, der er vurderet at

være den med størst tab. Ud fra oplysninger om, hvordan målingen er udført, vurderes det, at det faktiske tab var langt større end det målte. Efterfølgende oplyser målefirma 1, at eftersom der kun var én måletekniker på opgaven, var det ikke muligt at udføre målingen bedre, end det blev gjort. Målefirma 2 målte ikke tabet fra denne kilde, men estimerede det som beskrevet i afsnit 6.1.3. Firma 2 estimerer et tab, der er godt 25 gange højere end det, firma 1 har målt, og som tidligere nævnt har efterfølgende målinger på samme anlæg vist, at det estimerede er sandsynligt.

På baggrund af de udførte målinger kan det konkluderes, at effektiv detektion af kilder til metantab såvel som gode og pålidelige målinger af metantab kræver

- at målinger gennemføres under passende vejrforhold
- et betydeligt kendskab til funktionsmåden af de komponenter, der måles på
- gode måletekniske færdigheder
- at anlægget kører i normal drift
- at målingerne tidsmæssigt dækker døgnvariationerne på anlægget
- at målinger gennemføres med omhu
- at måleoperatøren rapporterer konkrete forhold af betydning for målingernes nøjagtighed.

7 anbefalinger

På baggrund af erfaringerne med metanudslip i dette projekt kan det anbefales, at biogasanlæggene gør en indsats for at minimere metantab fra anlæggene. Det kan bl.a. anbefales:

- At undgå opvarmning i fortank, medmindre den er tæt og med gasopsamling.
- At vurdere, om gastab fra fx fortanke kan nyttiggøres eller mindskes.
- At vælge opgraderingsanlæg, hvor lavt metantab garanteres og operere dem inden for det specificerede.
- At vurdere, om tab fra åbne efterlagre kan nyttiggøres ved overdækning eller mindskes ved reduktion af volumen.
- At vurdere, om trykniveauer i systemet kan reduceres. Det giver mindre lækagetab og færre aktiveringer af trykventiler.
- At gennemføre lækagesøgning ved reparationer eller at kræve dette af reparatøren.

Desuden anbefales det at indføre regelmæssige og systematiske rutiner for lækagesøgning. En sådan rutine kan indebære systematisk kontrol af:

- Gasblæsere/boostere. Hvis der detekteres lækager udbedres disse. Det kan være udskiftning af pakninger, efterspænding og reparation eller udskiftning af trykventil.
- Sikkerhedsventiler – rens fx membraner i ventiler ved lækage.
- Vandlåse. Disse kontrolleres og efterfyldes regelmæssigt. Alternativt etableres automatisk efterfyldning.
- Ventilation fra bygninger. Er der tab, bør kilden til tabet identificeres og om muligt fjernes.
- Gennemføringer, fx ved omrører, kabler og fra samlinger.

8 Forslag til frivilligt måleprogram

I Sverige eksisterer en frivillig ordning, hvor biogasproducenter gennemfører egenkontrol af metantab og hvert tredje år får kvantificeret metantabet af et eksternt målefirma. Initiativet til ordningen er taget af branchen for at opnå øget fokus på metantab og for at kunne dokumentere, at branchen har dette fokus. Ordningen blev etableret af Avfall Sverige i 2007.

Som en del af dette projekt er der defineret et koncept for en dansk ordning, der er inspireret af den svenske ordning.

Ligesom for den svenske ordning er formålet med den danske ordning at

- hjælpe anlægsejere med på systematisk vis at fokusere på metantab
- anlægsejere får større kendskab til kilder til metantab på deres anlæg
- metantab identificeres og reduceres
- biogasbranchen, forskere, myndigheder mv. får bedre datagrundlag med hensyn til faktisk tab og derfor større troværdighed i spørgsmål om metantab fra biogasproduktion.

8.1 Overordnet koncept for det frivillige måleprogram

Den frivillige ordning består af to dele. Biogasanlæggene gennemfører en regelmæssig og systematisk egenkontrol, hvor kritiske dele og komponenter undersøges for eventuelle lækager. Derudover gennemgås anlægget med mellemrum af et eksternt målefirma, der kvantificerer tabet fra fundne kilder. Omfanget af administrationen af ordningen er skitseret.

8.2 Systemgrænser for, hvilke dele af anlæggene der er inkluderet

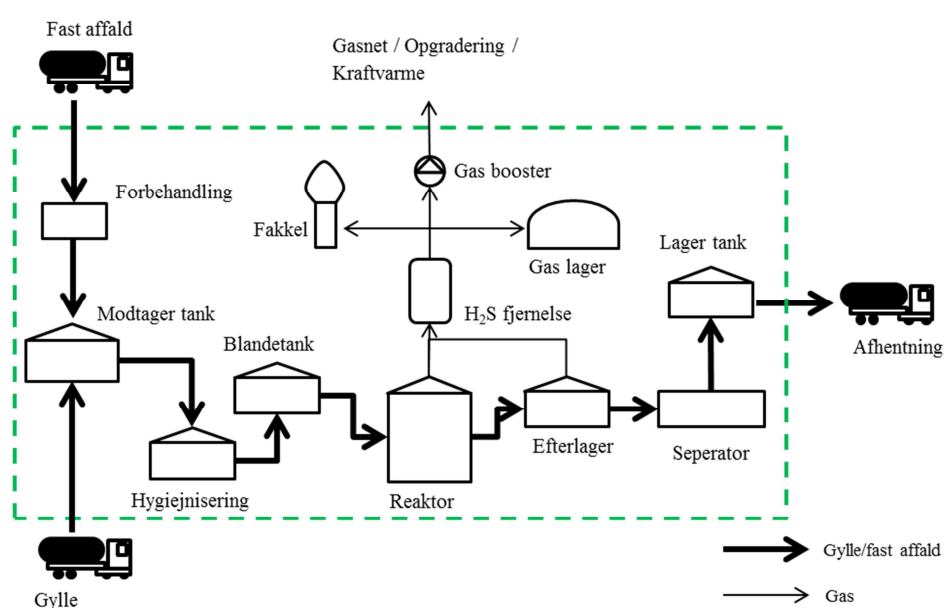
Det frivillige måleprogram omfatter tre typer anlæg:

1. Biogasanlæg baseret på husdyrgødning, se Figur 15
2. Biogasanlæg baseret på spildevand, se Figur 16
3. Biogas opgraderingsanlæg, se Figur 17.

Til hvert af disse anlæg er fastsat en systemgrænse, som fastlægger, hvilke dele der skal medtages i målingerne.

8.2.1 Biogasanlæg til afgasning af husdyrgødning

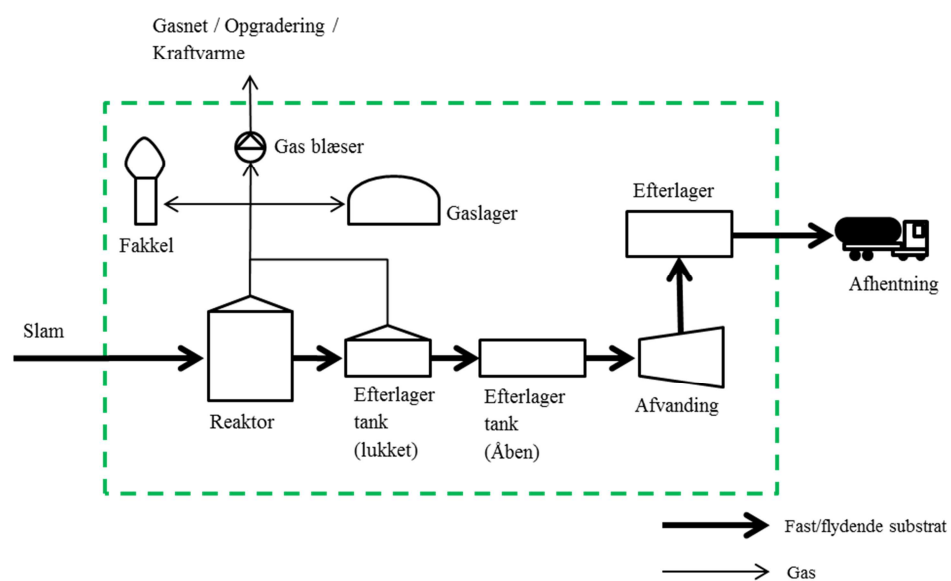
For biogasanlæg til afgasning af husdyrgødning mv. skal der måles på komponenter, som vedrører biogasanlægget på anlæggets lokation. Systemgrænsen er derfor sat imellem modtagelsen af biomasse på anlægget og udleveringen af den afgassede biomasse. I forhold til biogassen måles på installationer indtil biogassen sendes ud af anlægget eller forbruges lokalt på anlægget, fx i kedel eller motor. Motoren kan evt. inkluderes i målingen, hvis den står på anlægget. Dette er f.eks. relevant ved fjernmåling. Der bør i så fald redegøres herfor. Se evt. skitse i Figur 15.



Figur 15 Eksempel på hovedkomponenter på et biogasanlæg til behandling af gylle o.l. Den grønne stiplede linje angiver systemgrænsen.

8.2.2 Biogasanlæg til afgasning af spildevandsslam

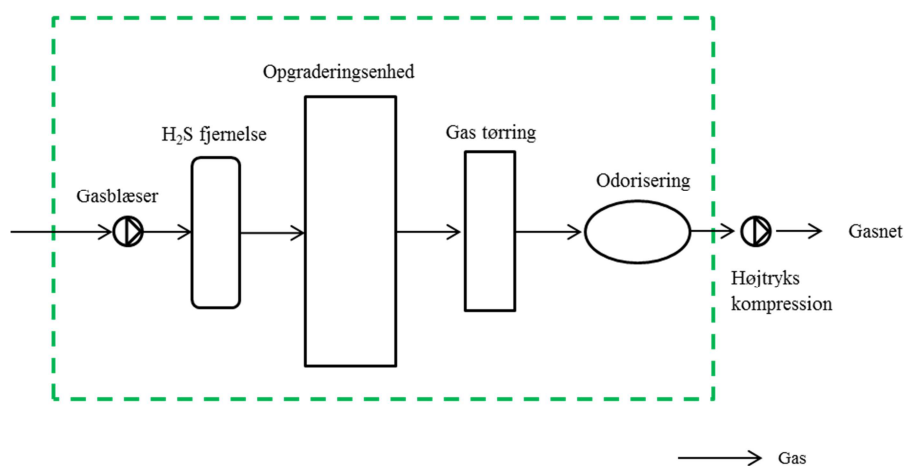
For et biogasanlæg til afgasning af spildevandsslam skal inkluderes komponenter, der omhandler selve biogasanlægget. I store træk er det de samme komponenter, der måles på andre biogasanlæg, dvs. fra hvor spildevandsslammet modtages, til dette afhentes fra anlægget. For biogassen er det komponenter, indtil disse sendes ud af anlægget eller anvendes fx i kedel eller motor. Komponenter, der omhandler rensning af spildevandet, skal ikke inkluderes. Til gengæld skal forbehandling af spildevandsslammet, som forbereder dette til brug i biogasanlægget, inkluderes. Se evt. skitse i Figur 16.



Figur 16 Eksempel på hovedkomponenter på et biogasanlæg baseret på spildevandsslam. Den grønne stiplede linje angiver systemgrænsen.

8.2.3 Biogasopgraderingsanlæg

Et biogasopgraderingsanlæg – og også motoranlæg - behandles som et separat anlæg, og målinger af metantab fra biogasanlægget og opgraderingsanlægget rapporteres hver for sig, hvis det er muligt. Begrundelsen for denne adskillelse skyldes, at opgraderingsanlægget kan være placeret på et biogasanlæg, men også væk fra anlægget. Der er også mulighed for, at opgraderingsanlægget modtager gas fra flere kilder. Grænsen er sat, hvor biogassen indføres til anlægget, groft sagt ”kommer op af jorden”, og til den forlader opgraderingsanlægget igen, dvs. alle komponenter vedrørende opgraderingsanlægget. Se evt. skitse i Figur 17.



Figur 17 Eksempel på hovedkomponenter på et biogasopgraderingsanlæg. Den grønne stiplede linje angiver systemgrænsen.

8.3 Tilmelding til det frivillige måleprogram

Når et anlæg tilmelder sig det frivillige måleprogram udfyldes et skema, der består af to dele. I del 1 gives en overordnet beskrivelse af anlægget. Heri beskrives biomasse, anlægstype, alder, mv. I del 2 gives en mere detaljeret beskrivelse af anlæggets opbygning. Et udkast til skema er vedlagt som Bilag 3.

Ved tilmeldingen forpligter man sig til inden 6 måneder at udarbejde et egenkontrolprogram for metantab fra anlægget. Planen udarbejdes i samarbejde med et eksternt målefirma, der samtidig foretager en lækagesøgning samt kvantificering af udslip på anlægget. Egenkontrolskema udarbejdes med udgangspunkt i skemaet vist i bilag 3, der tilrettes i samarbejde med konsulenten og sendes sammen med indberetning af måleresultaterne til sekretariatet for ordningen.

Der er ikke udarbejdet en generel protokol, der kan anvendes for biogasanlæg generelt. Dertil er anlæggene for forskellige.

Det eksterne firmas primære rolle er at sikre, at alle relevante dele er inkluderet i biogasanlæggets program for gennemførelse af egenkontrollen. Programmet skal indeholde en liste med komponentdele på anlægget, der skal undersøges for metantab i forbindelse med en rutinemæssig gennemgang af

anlægget for metantab, der gennemføres som en del af anlæggets egenkontrol.

8.4 Egenkontrol i det frivillige program

Når anlægget har fået udarbejdet et egenkontrolprogram gennemfører det egenkontrol som minimum hver anden måned. Hvis det vurderes, at det er relevant, at enkelte dele undersøges med et andet interval, er dette dog muligt. Det kræver, at der i planen er argumenteret for dette.

8.5 Opfølgende eksterne gennemgange af anlægget

Som deltager i det frivillige måleprogram forpligter man sig desuden til med mellemrum at lade et eksternt målefirma kvantificere metantabet fra anlægget. Målefirmaet indrapporterer resultatet af målingerne til ordningens sekretariat. Målingerne skal gennemføres i henhold til metoder, der er beskrevet i Bilag 2.

Det eksterne firmas gennemgang af anlæg og kvantificering af metantab gennemføres som udgangspunkt hvert andet år. Anlæg med en årsproduktion mindre end 1 mio. biogas pr. år skal gennemgås og indrapportere metantab hvert tredje år.

Hvis en kvantificering viser, at anlæggets metantab er større end 2 % af årsproduktionen eller mere end 50 ton om året, skal den eksterne kvantificering følges op af en lækagesøgning, hvor det eksterne målefirma for hver af de fundne kilder til metantab angiver forslag til, hvordan tabet reduceres. Desuden skal kvantificering gentages, inden der er gået 1 år.

Efter større ombygninger eller reoveringer på anlægget skal der gennemføres en lækagesøgning på anlægget igen og egenkontrolprogrammet skal tilrettes.

8.6 Administration af ordningen

Idet der er tale om frivillig ordning, anbefales det, at ordningen ledes og administreres af branchen selv. Branchen kan vælge selv at drive et sekretariat, der tager sig af administrative forhold, eller at udlicitere drift af sekretariat til eksternt firma.

Sekretariatets rolle og omfanget af arbejdet er vurderet og ventes at omfatte følgende:

- Håndtering af medlemsarkiv (biogasanlæg) 10 timer/år
- Informere medlemmer om at gennemføre måling 10 timer/år
- Evaluering af ”godkendte” målefirmaer 10 timer/år
- Evaluering af egenkontrolprogram for nye medlemmer 20 timer/år
- Promovering af ordning 10 timer/år
- Opdatering af manual for udførelse af målinger 10 timer/år
- Udarbejdelse af årsrapport 50 timer/år
(25 timer til vurdering af målinger, 25 timer til rapportering)

Det vurderes, at sekretariatets funktion vil have et omfang svarende til ca. 120 timer pr. år.

Hvis der regnes med en timepris på 800 kr./time, og det antages, at 25 anlæg vælger at deltage i en dansk frivillig ordning, vil hvert anlæg skulle betale ca. 4.000 kr. pr. år for at finansiere administrationen af ordningen. Dertil kommer ca. 50.000 kr. for gennemførelse af ekstern måling af metantab. Som nævnt udføres de eksterne målinger hvert tredje år for mindre anlæg og hvert andet år for de større anlæg. Det svarer til godt 20.000 kr./år for mindre anlæg og knap 30.000 kr./år for større anlæg. Disse beløb dækker både drift af sekretariat og udførelse af eksterne målinger. Anlæggenes eget tidsforbrug er ikke inkluderet.

Sekretariatet offentliggør resultatet af de eksterne målinger i anonymiseret form på en hjemmeside.

Som det fremgår af tabel 8 vil der være store mulige gevinster for anlæggene ved at deltage, idet de samlede metantab repræsenterer betydelige økonomiske tab. Derfor forventes det ikke, at omkostningerne ved at deltage vil være en reel barriere for anlæggene, men tværtimod et bidrag til at sikre branchens troværdighed.

