

Rådgivningsordning for biogaskællesanlæg og deres leverandører af gylle om muligheder for at reducere gylles opholdstid i stalde og på lagre 2018-2020



## Slutrapport

Underleverandører:



**NORLYS**

**SvineRådgivningen**

**BYGGERI & TEKNIK I/S**

## Projekt navn:

## Rådgivningsordning for biogasfællesanlæg og deres leverandører af gylle om muligheder for at reducere gylles opholdstid i stalde og på lagre 2018-2020

---

Slutrapport d. 7. januar 2021.

Forfattere: Denne rapport er udarbejdet af et konsortium bestående af:

- PlanEnergi (projektleder), Karl Jørgen Nielsen, Anders H. Nedergaard, Line Borup, Jacob Rosholm Mortensen
- Byggeri & Teknik I/S, Kurt S. Mortensen, Tina S. Kristensen, Gunnar Schmidt, Søren Jacobsen (Danish Farmdesign)
- Norlys, Christian Hvam, Henrik Rousing
- Svinerådgivningen, Allan Bjørnsgaard Mikkelsen
- Aarhus Universitet, Henrik B. Møller

Aarhus Universitet har bidraget til projektet som underleverandør for PlanEnergi. Aarhus Universitet har været ansvarlig for kapitel 6. , 7. og 8. , samt givet input til den beregningsmetodik af effekt på metanemission fra gylle, der er anvendt i rapport udarbejdet af DCE (Mikkelsen et al., 2014). Anders Peter Adamsen (Aarhus Universitet) har været fagfælle bedømmer på kapitel 6. , 7. og 8.

Rekvirent: Landbrugsstyrelsen

Finansiering: Projektet er finansieret via en bevilling på Finansloven 2018. Projektet er et af flere initiativer, som den daværende regering sammen med Socialdemokratiet, Dansk Folkeparti, Radikale Venstre og Socialistisk Folkeparti før sommerferien 2017 indgik aftale om at støtte med midler fra den grønne pulje, som blev afsat med PSO-aftalen fra 2016.

Sideantal inkl. alt: 80

Disclaimer:

*Denne rapport er udarbejdet med udgangspunkt i konsortiets arbejde med undersøgelser om muligheder for og effekter af hyppigere udslusning af svinegylle, samt efterfølgende udnyttelse af ekstra metan på biogasanlægget. Konklusioner og anbefalinger er alene udtryk for konsortiets faglige vurderinger. Projektets offentliggjorte resultater kan frit citeres med kildeangivelse. Rapporten er skrevet af ovennævnte forfattere.*

# Indholdsfortegnelse

<b>1. INDLEDNING</b>	<b>10</b>
<b>2. GENEREL BESKRIVELSE AF RÅDGIVNINGSFORLØBET</b>	<b>11</b>
2.1. Kortlægning biogasanlæg	11
2.2. Kortlægning leverandør	13
<b>3. FORUDSÆTNINGER</b>	<b>16</b>
3.1. Anvendte forudsætninger i projektet	16
3.2. Beregning af metanemission	16
<b>4. RESULTATER FRA RÅDGIVNINGSFORLØBET</b>	<b>19</b>
4.1. Resultater fra leverandørbesøg	19
4.2. Reduktionspotentiale hos leverandører	19
4.3. Hvor meget kan opholdstiden for gylle reduceres?	20
4.4. Potentiale for reduktion i metanemission ved hyppigere udslusning	25
4.5. Omkostninger ved opnåelse af reduktion i metanemissionen	27
4.6. Hyppigere udslusning som klimatiltag	30
4.7. Øget omkostninger for biogasanlægget ved hyppigere udslusning	31
<b>5. VANDINDHOLD I GYLLE</b>	<b>33</b>
5.1. Betydning af omrøring i afhentningstanken inden afhentning	36
<b>6. TEMPERATUR I GYLLEKANALER</b>	<b>37</b>
6.1. Temperaturer ved gyllekøling	38
6.2. Temperaturer i gyllekanaler	39
6.3. Temperaturmålinger i top og bund af gyllekanaler	40
<b>7. EMISSIONSFORSØG FRA GYLLE OPSAMLET I STALDE</b>	<b>41</b>
<b>8. METANEMISSION</b>	<b>44</b>
8.1. Biogaspotentialer	46
8.2. Temperatur i afhentningstanke	46

8.3.	Tørstofindhold i gylle	48
9.	<b>ERFARINGER FRA LEVERANDØRBESØG</b>	<b>50</b>
9.1.	Afhentningstanke	50
9.2.	Pumpning direkte til biogasanlæg	52
9.3.	Hypigere afhentning	52
9.4.	Afhentningslogistik	53
9.5.	Tyk gylle og halm	54
9.6.	Tyk gylle og foder	55
9.7.	Forskellige kummedybder	55
9.8.	Kummeareal og tilflydningsafstande	56
9.9.	Svagt vakuum	59
9.10.	Åbne propper	60
9.11.	Automatisk løft af propper	61
10.	<b>ERFARINGER FRA BESØG HOS BIOGASANLÆG</b>	<b>62</b>
11.	<b>ØKONOMI – SALG AF BIONATURGAS</b>	<b>63</b>
11.1.	Brændværdier	65
11.2.	Støtte til opgraderet biogas til gassystemet	65
11.3.	Biogascertifikater	66
11.4.	Hvem køber biogascertifikater	66
11.5.	CO <sub>2</sub> -kvoter	67
11.6.	Biogascertifikaternes værdi	67
11.7.	Biogassens værdi	68
11.8.	Energiafgrøder	68
11.9.	Forventninger til biogasmarkedet	69
11.10.	Energiforbrug på biogasanlæggene	70
12.	<b>ANBEFALINGER</b>	<b>70</b>
13.	<b>ANBEFALINGER VED NYBYGNING AF STALDE</b>	<b>71</b>

<b>13.1.</b>	<b>Afhentningstanke</b>	<b>71</b>
<b>13.2.</b>	<b>Automatisk udslusning</b>	<b>72</b>
<b>13.3.</b>	<b>Kegleformet bund</b>	<b>73</b>
<b>13.4.</b>	<b>Vaskevand</b>	<b>74</b>
<b>13.5.</b>	<b>Afhentningslogistik</b>	<b>74</b>
<b>13.6.</b>	<b>Pumpeledning</b>	<b>74</b>
<b>13.7.</b>	<b>Gyllekøling</b>	<b>74</b>
<b>14.</b>	<b>PERSPEKTIVERING</b>	<b>75</b>
<b>15.</b>	<b>KVALITETSSIKRING AF PROJEKTET</b>	<b>78</b>
<b>16.</b>	<b>REFERENCELISTE OG ORDFORKLARING</b>	<b>79</b>

## Forord

Denne rapport er slutrapport for Landbrugsstyrelsens projekt om muligheder for hyppigere udslusning af gylle i svinestalde med levering til biogasanlæg, under projektnavnet "Rådgivningsordning for biogasfællesanlæg og deres leverandører af gylle om muligheder for at reducere gylles opholdstid i stalde og på lagre 2018-2020".

Projektets formål er at hjælpe biogasfællesanlæg, og deres leverandører af svinegylle, med at undersøge, hvilke barrierer der eksisterer i dag, i forhold til at få udsluset gyllen hurtigere fra stald og lager, samt efterfølgende transportere det ind til biogasanlæggene. Desuden at hjælpe med at udvikle/påpege løsninger, der kan afhjælpe disse barrierer og samtidig rådgive om, hvilken betydning det har for klimaet og gyllens gaspotentiale.

I projektet undersøges også hvor meget vaskevand, der bliver leveret fra leverandøren og ind på biogasanlægget. Vaskevandet optager plads på biogasanlægget, plads der med fordel kunne være brugt til afgang af svinegylle og derved opnå et øget metanudbytte og reduktion i CO<sub>2</sub>-ækv. Derudover er det en nytteløs transportomkostning for biogasanlægget og leverandøren.

Projektet omfatter gennemgang hos 28 biogasanlæg samt tilhørende 405 leverandører af svinegylle.

Sideløbende med besøg hos leverandører og biogasanlæg udfører Aarhus Universitet en række forsøg og målinger på bl.a. temperatur. Temperaturmålinger i dette projekt er relevante, da metanemissionen fra stalde er meget temperaturafhængig.

I udvalgte stalde udtages desuden prøver til bestemmelse af metanproduktionsraten og metanpotentialet ved anvendelse af gyllen i biogasanlæg. Metanproduktionsraten er et udtryk for, hvor meget metan der produceres fra en gyllekanal på et givent tidspunkt, og danner baggrund for at kunne beregne emissionen, samt effekten af tiltag med gyllekøling og hyppig udslusning. Metanpotentialet angiver, hvor meget metan, der kan produceres af gyllen ved anvendelse i et biogasanlæg. I dag anvendes en standardværdi for alle typer svinegylle, udslusningsstrategi, temperatur mm. Hvis effekten i forhold til substitution af fossilt brændsel skal opgøres mere præcist i fremtiden, er der behov for et større datagrundlag og en mere præcis opgørelse.

## English Summary

Frequent discharging of slurry is known as one of the most effective means to reduce greenhouse gas emissions, in agriculture, if the slurry is treated in a biogas plant. Frequent discharging is a cheaper way to reduce greenhouse gas emissions compared to many other means. This project investigates the potential of discharging slurry more frequently and has altogether visited 405 suppliers of pig slurry associated to 28 biogas plants. During the supplier visits, the focus has been on systematic mapping of the different methods in the slurry systems. Based on this knowledge, the potential for reducing the methane loss from the slurry has been calculated. It has been evaluated whether frequent discharging is possible, for example once every week.

All participating biogas plants have subsequently been visited and presented with the findings in a report. This report, based on the supplier visits, presented the potential for improving raw slurry and thereby methane production in each of the visited biogas plant.

The overall potential from the participating suppliers has been estimated to 25,500 tonnes CO<sub>2</sub>-eq. This potential was based on the supplier's assessment in which discharging was possible at the lowest possible level in the slurry pit, in a practical point of view. Furthermore, the potential includes the CO<sub>2</sub>-eq savings when substituting natural gas with upgraded biogas in the national gas grid. The average cost of implementing the proposed solutions was found to be 180 kr./tonnes CO<sub>2</sub>-eq, which is considered very cheap compared to other actions for reducing greenhouse gas emissions.

The maximum CO<sub>2</sub> reduction potential is found to be 45,400 tonnes CO<sub>2</sub>-eq. This is under the presumption that the slurry pits are emptied when a quarter full, regardless of whether the supplier assesses it to be too costly or practically impossible with the slurry system in place.

The CO<sub>2</sub> reduction can be reached without use of extra resources, as it is a question of optimizing a pre-existing resource. It is expected to achieve a reduction in emissions equal to 8 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonnes manure from sows and 15-17 kg CO<sub>2</sub>-eq/tonnes manure from weaners and finishers by reducing the slurry retention time in the slurry pits by a week.

There are some barriers to achieve this CO<sub>2</sub> reduction due to extra costs in relation to discharging the slurry more frequently. The costs are mainly related to wages for lifting the slurry plugs and, in many cases, also for installing a bigger pre-storage tank. Under the current legislations, the supplier does not benefit from this investment, and therefore the incentive to implement changes now are small. The biogas plant and its suppliers should therefore have a dialogue about the most convenient way to achieve the reduction in CO<sub>2</sub> emissions, and how fast it could be done.

The biogas plants will have increased expenses in relation to cleaning lorries as they need to be cleaned more frequently, in order not to spread microbes, including bacteria and virus, from supplier to supplier when the slurry needs to be collected more often. Some plants are already cleaning their lorries after each load. In these cases, a more frequent collection of slurry has no or little influence.

The potentially increased methane production resulting from the implementation of the recommendations of this report equals to 1,280,000 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, which is around 46,000 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> in average per biogas plant. The additional production varies from 131,800 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> to 900 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> from the biggest to the smallest potential per biogas plant. The increased biogas production can increase the volume of methane available for sale, or if the plant has already achieved their maximum sales of methane, they can improve the combination of biomasses and displace other purchased biomasses e.g. corn silage resulting in a cheaper feedstock plan.

As a recommendation there should be a focus on solutions for reducing the retention time of the slurry in the planning of new slurry systems and during renovation of existing piggeries. This is especially the case for those farms that require low cost investments and results in more attractive slurry with high methane content for the biogas plant.

There are different solutions on the market, but there is a need for further action in order to promote the use of the presented solutions. Also, the size and positioning of the pre-storage tanks on the facility is important to consider when planning future developments.

## Sammendrag og konklusioner

Hypig udslusning er blandt de billigste virkemidler til CO<sub>2</sub>-reduktion i landbruget, når gyllen leveres til biogas. Det er derfor vigtigt at få kortlagt, hvilke omkostninger der er forbundet med hypig udslusning, samt hvilke leverandører der har mulighed for hypigere udslusning. Derudover skal der kortlægges hvilke udfordringer der er med implementering af hypig udslusning. I projektet er der besøgt leverandører fra 405 leverandøradresser, som er tilknyttet 28 biogasanlæg. Der er gennemført besøg i staldene hos alle leverandører, hvor indretning af gyllesystemet er systematisk kortlagt. Denne viden har efterfølgende gjort det muligt at opsummere potentialet i forhold til at reducere metanemissionen.

Staldsystemerne til svineproduktion er kortlagt for at synliggøre, hvor stort metantabet er ved nuværende drift, samt hvor stort potentialet er, hvis gyllen udsluses hypigere. Samtlige biogasanlæg er siden blevet besøgt og har fået afrapportering på grundlag af leverandørrapporter og biogasrapporter.

Det samlede potentiale ud fra alle deltagende leverandørers egne vurderinger af, hvad der i praksis er muligt, er en reduktion på i alt ca. 25.500 tons CO<sub>2</sub>-ækv. inklusive substitution af naturgas på biogasanlægget. Potentialet fremkommer ved at gyllens opholdstiden i stalden gennemsnitligt reduceres fra 15 til 10 dage. Med en gennemsnitlig omkostning på ca. 180 kr./tons CO<sub>2</sub>-ækv., varierende fra ca. 50 til 600 kr./tons CO<sub>2</sub>-ækv. fra anlæg til anlæg, er der tale om en meget billig kilde til drivhusgasreduktion i forhold til andre kendte tiltag. Det maksimale potentiale for drivhusgasreduktion er i projektet fundet til ca. 45.400 tons CO<sub>2</sub>-ækv. Det er når alle gyllekummer tømmes ved en fyldningsgrad på 25 %, uagtet om leverandøren har vurderet dette for omkostningstungt eller praktisk muligt.

CO<sub>2</sub>-reduktionen kan opnås ved en bedre udnyttelse af den ressource, her i form af rågylle, som er til rådighed i forvejen og som allerede anvendes. Man kan forvente en emissionsreduktion svarende til ca. 8 kg CO<sub>2</sub>-



ækv. pr. tons gylle ved søer, og 15-17 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. tons gylle ved smågrise og slagtesvin, ved at reducere gyllens opholdstid i kummerne med en uge.

Der er barrierer til at opnå drivhusgasreduktionen, idet der er ekstra omkostninger for leverandøren i form af øgede udgifter til arbejds løn for trækning af gyllepropper, og i mange tilfælde også udgifter til etablering af en større afhentningstank. De gennemsnitlige omkostninger hos leverandøren er 3,26 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, eller 1,96 kr./ton rågylle. Da leverandøren ikke umiddelbart får et udbytte af investeringerne, er incitamentet, til at gennemføre dem alene, ikke stor. Biogasanlægget og dens leverandører bør derfor i fællesskab drøfte, hvordan det er praktisk muligt at opnå drivhusgasreduktionen, og hvor hurtigt det kan ske.

Biogasanlæggene vil få en øget udgift til vask af lastbiler, da de skal vaskes oftere, fordi der vil være flere skift mellem leverandørerne ved hyppigere afhentning. For nogle anlægs vedkommende vaskes der allerede mellem hvert læs, og her har det ikke betydning.

Den øgede metanproduktion der opnås svarer til ca. 1.280.000 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, svarende til ca. 46.000 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> i gennemsnit pr. anlæg. Mærproduktionen varierer fra 131.800 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> hos anlægget med det største potentiale til 900 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> hos anlægget med det laveste. For biogasanlæggenes vedkommende vil den øgede biogasproduktion, enten indgå som et øget salg af metan, eller hvis anlægget har nået sin maksimale afsætning af biogas, vil det kunne fortrænge andre indkøbte biomasser som fx majs. Mørsalget af metan vil betyde en øget indtægt samlet set for alle anlæggene på ca. 7,68 mio. kr.<sup>1</sup> Hvis biogasanlægget ikke kan sælge mere gas, og i stedet fortrænger biomasse, vil det give en reduktion til eksempelvis indkøb af ca. 12.800 tons majs, hvilket svarer til en besparelse på 3.584.000 kr.<sup>2</sup>

Det bør indgå i planlægningen af nye stalde, og ved renovering af eksisterende svinestalde, at hyppig udslusning skal kunne praktiseres. Der findes forskellige løsninger på markedet i dag, og der er behov for yderligere tiltag, til at fremme brugen af dem. Størrelsen og placeringen af afhentningstanken på ejendommen, når der leveres gylle til biogasanlæg, bør også indgå i planlægningen ved byggerier i langt højere grad end det sker i dag.

---

<sup>1</sup> Ved 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>

<sup>2</sup> Ved 280 kr./ton majs

# 1. Indledning

Metan er en potent drivhusgas, der er 25 gange kraftigere end CO<sub>2</sub> og derfor er det et vigtigt klimatiltag at reducere metanemissionen. Hyppig udslusning af gylle fra svinestalde vil medvirke til reduceret metanemission i gyllen, og medføre en øget metanproduktion hos de biogasanlæg, som efterfølgende behandler gyllen.

Metanemissionen fra svinegylle i stalde er afhængig af, hvor lang tid gyllen er i staldene og gyllens temperatur i gyllekummerne, samt gyllens organiske tørstofindhold. I projektet undersøges gyllens opholdstid i staldene, og hvordan opholdstiden kan reduceres hos den enkelte leverandør. Ved at reducere opholdstiden for svinegylle i stalden, mindskes metanemissionen fra gyllen. Dette reduktionspotentiale opnås, når gyllen sluses ud i en afhentningstank, som har en lavere temperatur, hvorved metanemissionen reduceres væsentligt. Når gyllen leveres til biogasanlæg, opnås den største drivhusgasreduktion ved, at metanen kan fortrænge fossilt energi.

Projektet omhandler kun svineproducenter, der leverer gylle til biogasanlæg, men der vil også være et potentiale for at reducere metanemissionen hos øvrige svineproducenter, hvis deres gylle har en lang opholdstid i stalden.

Metanemissionen fra stald og lager er tidligere beregnet til 2,49 kg CH<sub>4</sub> pr. tons som et vægtet gennemsnit for søer, slagtesvin og smågrise (Mikkelsen MH, Albrechtsen R, Gyldenkerne S, 2016). Dette er senere korigeret til 2,39 kg CH<sub>4</sub> pr. tons af Aarhus Universitet i august 2020 (Petersen, S. O., 2020). Det er estimeret, at danske grise, i 2019, producerede ca. 19 mio. tons gylle<sup>3</sup>. Dette betyder, at den samlede metanemission for svinegylle i Danmark er ca. 45.400 tons CH<sub>4</sub> i 2019, svarende til 1.135.000 tons CO<sub>2</sub>, ved de 2,39 kg CH<sub>4</sub> pr. tons. I dette tal er der ikke indregnet effekten af fortrængning af naturgas og metantab fra biogasanlæg.

De to væsentligste faktorer for metanemission fra svinegylle er, hvor lang tid gyllen er i stalden, og hvor høj staldtemperaturen er. Forsøg har vist, at især tab af metan fra slagtesvinegylle kan være meget højt ved sommertemperaturer, helt op til omkring 1 % om dagen (Møller HB, Nielsen KJ, 2016). Det undersøges derfor, hvor lang tid gyllen opholder sig i staldene før afhentning, hvordan opholdstiden kan reduceres, og hvilke omkostninger der vil være forbundet med reduktionen. Desuden gennemføres temperaturmålinger i gyllekummerne i udvalgte stalde, for at undersøge gyllens aktuelle temperatur.

---

<sup>3</sup> Gyllemængde beregnet på baggrund af data for Gødningsregnskab for 2019 og normal.

## 2. Generel beskrivelse af rådgivningsforløbet

### 2.1. Kortlægning biogasanlæg

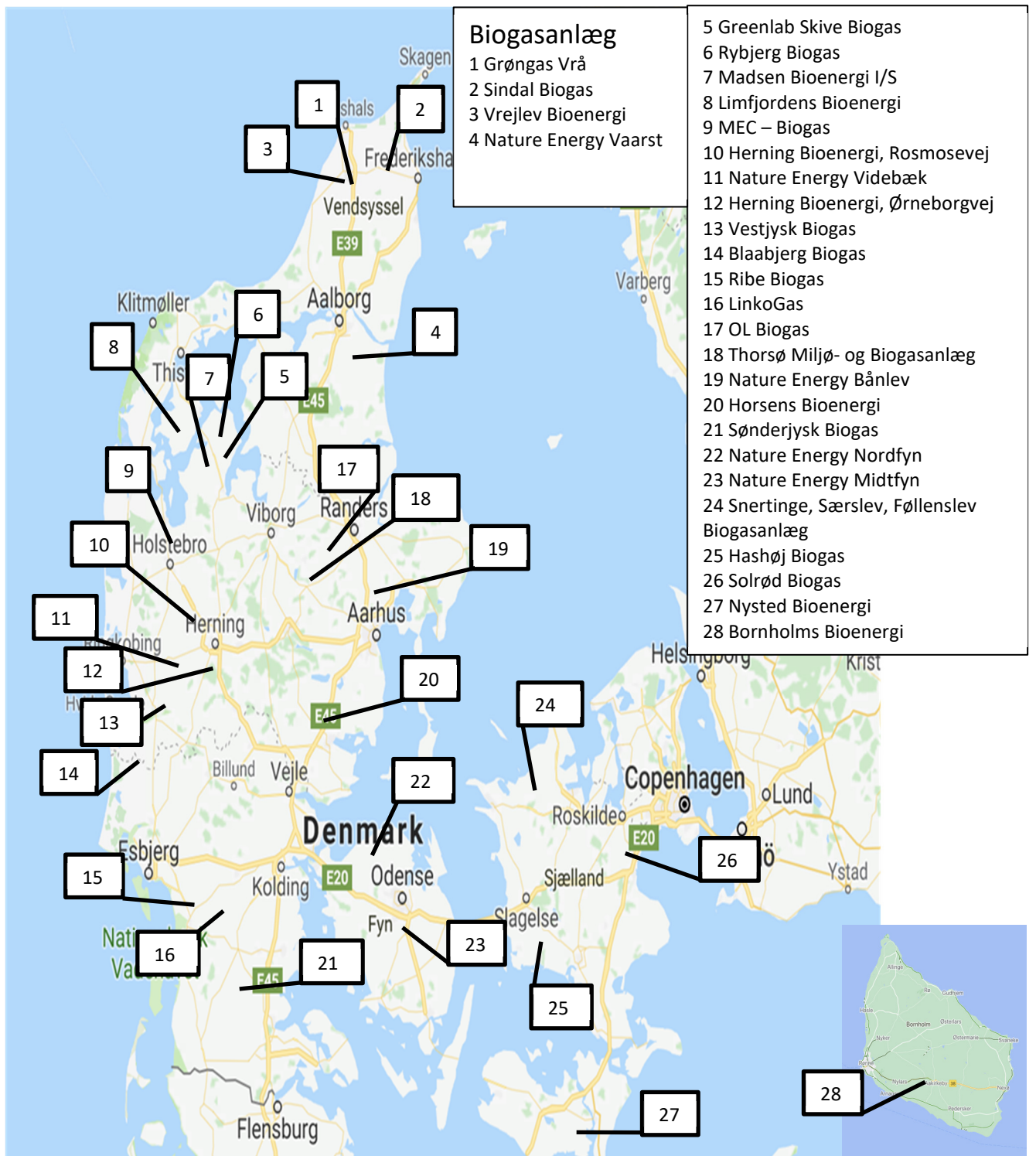
De medvirkende biogasanlæg er fundet med udgangspunkt i Energistyrelsens liste over biogasfællesanlæg i Danmark i marts 2017. Listen var vedlagt udbuddet for nærværende projekt fra Landbrugsstyrelsen. De 27 biogasfællesanlæg plus ét under opførelse, som var på listen, er kontaktet og har efterfølgende ansøgt om at komme med i projektet. Fire anlæg viste sig ikke at anvende svinegylle som biomasse, og de er derfor ikke medtaget i projektet, og har givet plads til fire andre biogasfællesanlæg.

Bigadan A/S og Nature Energy havde interesse i at deltage med alle deres anlæg, men det medførte, at nogle af deres anlæg ville overskride loftet for deminimis støtte på 200.000 €. I samråd med de to anlægsejere er de deltagende biogasfællesanlæg, som de ejer, udpeget således at deminimis loftet ikke overskrides. Dette betyder, at Bigadan A/S deltager med seks af deres syv mulige anlæg. Mens Nature Energy deltager med fem ud af otte mulige. Da deminimis loftet medførte, at nogle anlæg ikke kunne deltage, og de førnævnte fire anlæg som ikke behandler svinegylle, blev det muligt at medtage yderligere 6 biogasanlæg, som ikke var på førromtalte liste fra Energistyrelsen. I samråd med Landbrugsstyrelsen og efter orientering af PSO-aftalekredsen, blev det besluttet at medtage 6 gårdbiogasanlæg, under den forudsætning, at de håndterer minimum 20.000 tons svinegylle årligt. De 28 biogasanlæg, der ønskede at deltage i projektet, fremgår af Figur 1.

Biogasanlæggene, som har deltaget i projektet, har alle sendt lister over deres leverandører af svinegylle til PlanEnergi, hvor det også fremgår, hvor mange tons svinegylle de har leveret. Listerne er videregivet til Byggeri & Teknik I/S, som efterfølgende har kontaktet leverandørerne til anlægget og aftalt et besøg og gennemført dette.

Efter de enkelte biogasanlæg og deres leverandører af svinegylle blev besøgt, er der for hver besøgt adresse udarbejdet en leverandørrapport, som er tilsendt den konkrete leverandør. Derudover er der for hvert biogasanlæg udfærdiget en samlet leverandørrapport med data fra samtlige af anlæggets leverandører og leveringsadresser, og en biogasrapport der følger op på det gaspotentiale, der er fundet ude ved leverandøren. Som et led i kortlægningen til biogasrapporten har biogasanlæggene udfyldt et spørgeskema, der bl.a. omhandler biogasanlæggets behandlingskapacitet, hvor lang tid den afgassede gylle opholder sig i efterlager-tanke, og om der er gasopsamling på disse. Det er desuden oplyst om den afgassede gylle nedkøles, og om anlægget er tilsluttet Biogas Danmarks frivillige ordning for måling af metantab.

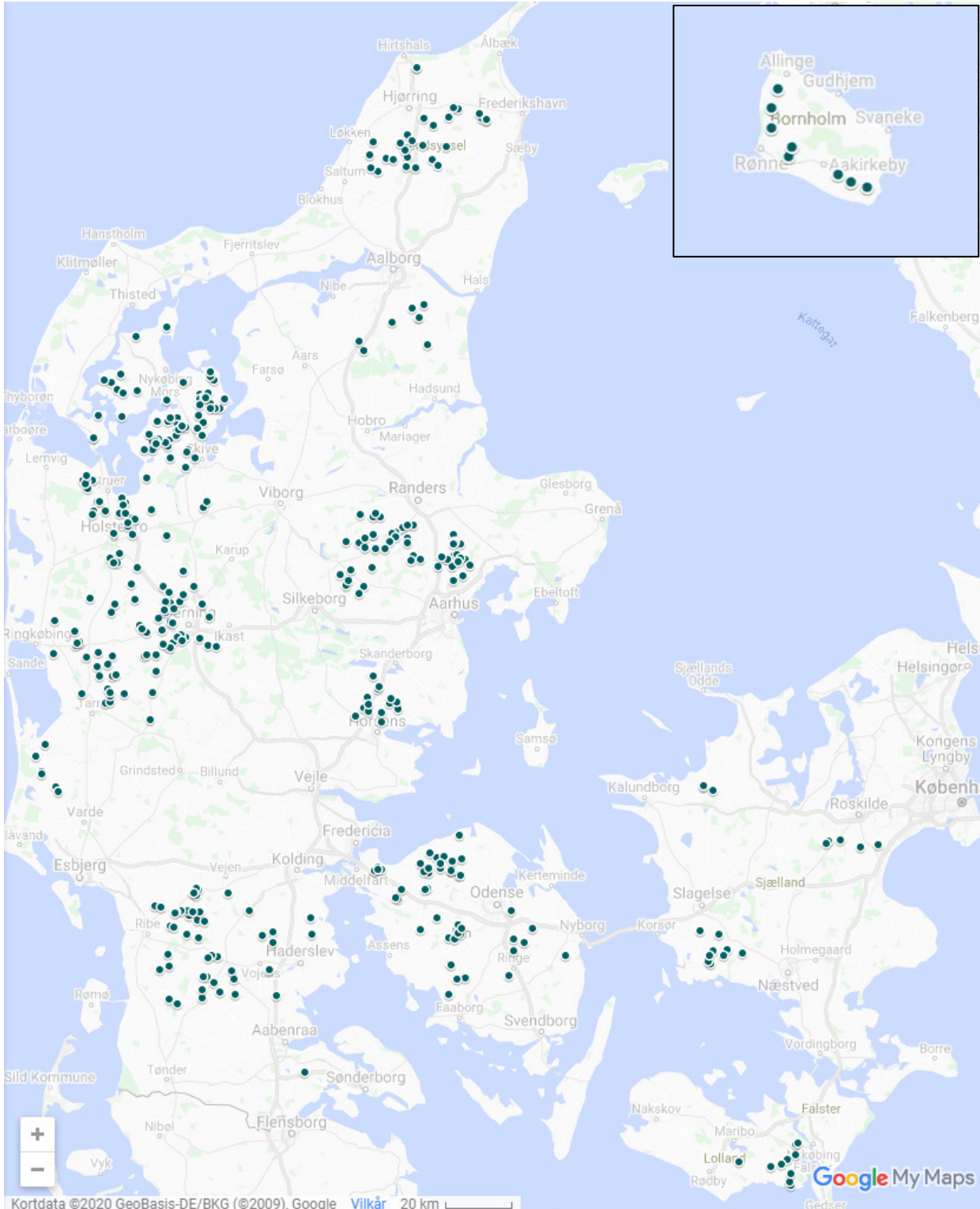
Den samlede leverandørrapport og biogasrapport er efterfølgende gennemgået på et møde for biogasanlæggene og dets driftspersonale, for at gøre det klart, hvilke muligheder og barrierer, der er hos deres leverandører af svinegylle. Også for at sætte fokus på, hvor det kan give mening at sætte ind først.



Figur 1: Deltagende 28 biogasanlæg indeholdende både biogafællesanlæg og landbrugs gårdanlæg.

## 2.2. Kortlægning leverandør

Med udgangspunkt i leverandørplysninger, PlanEnergi havde modtaget fra de respektive biogasanlæg, blev leverandørerne kontaktede med henblik på et besøg. De 405 deltagende leverandøradresser, se Figur 2.



Figur 2: De 405 deltagende leverandøradresser. Da der er stor husdyrtæthed i flere områder, kan der være leverandører der dækker over hinanden og som derved ikke fremgår af kortet.

Ved besøgene hos leverandørerne blev ejer eller dennes stedfortræder interviewet, og der blev foretaget en række opmålinger. Disse oplysninger blev inddelt i 3 hovedkategorier:

### 1. Ejeroplysninger

Ud over ejendommens geografiske data, blev der indhentet oplysninger om produktionsstørrelse, forhold omkring gylleafhentningsinterval, hvorvidt der var problemer med udslusning fra udvalgte stald-afsnit m.v. Ejeroplysninger blev hovedsageligt registreret ved interview.

### 2. Afhentningstanke

Oplysninger omkring afhentningstanke fremkom ved opmåling af deres dimensioner. I nogle tilfælde var det ikke muligt at opmåle afhentningstanken, da den var placeret enten under en bygning eller inde i en lager-tank. Her blev data baseret på oplysninger fra ejer. Herudover blev det registreret, om tanken var med omrører-system.

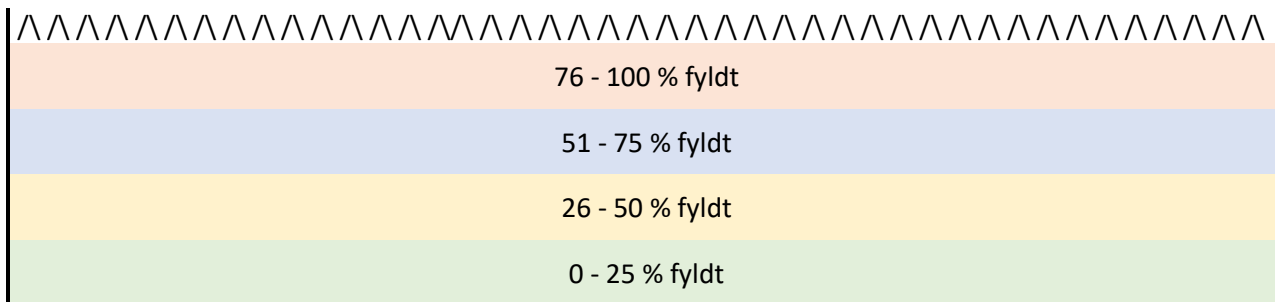
### 3. Stalde

Dimensioner blev opmålt på hele stalden, sektionerne, stier, krybber, fastgulvsandel, gyllekummeafdækninger og gyllekummer. Det blev registreret, hvilket fodringsprincip, der var etableret i staldene (våd-/tørfoder), oplysninger omkring gylleudslusningssystemet, dets opbygning og udluftningssystemet. Det blev registreret, hvor meget ejer vurderede, at staldene blev vasket, hvorvidt der blev anvendt strøelse, om der var gulvudsugning, og om der var gyllekøling. Endelig blev der vurderet, hvad kummernes fyldningsgrad normalt var ved udslusning, angivet som 25, 50, 75 eller 100 % fyldte eller opgivet som et tidsinterval mellem udslusningerne fx hver 2. uge.

Alle oplysninger blev vurderet fagligt på stedet, således der udelukkende blev arbejdet videre med data, som kunne forventes realiseret i virkeligheden. Når der var tilfælde, hvor de opgivne oplysninger blev vurderet som ikke sandsynlige, blev de forsøgt verificeret en ekstra gang.

De indsamlede data blev indtastet i et afrapporterings-regneark, og der blev genereret en rapport til leverandøren med de faktuelle data. I rapporten blev muligheden for implementering af kendte tiltag for hyppigere udslusning vurderet, herunder manuelt træk af propper, betydningen af afhentningstankens størrelse, og gyllesystemets fremtidige opbygning med mulighed for løsning ved hjælp af automatisk udslusning.

I rapporterne til leverandørerne blev det beskrevet, hvor meget gyllens opholdstid kunne reduceres i gyllekummerne ved en hyppigere udslusning ud fra leverandørernes vurdering af, hvorvidt kummerne var 25, 50, 75 eller 100 % fyldte ved udslusning, og deres vurdering af muligheder for at reducere gyllevolumen, se Figur 3.



Figur 3: Principskitse af kummefyldningsgrader i en gyllekumme med spaltegulv foroven. Henvisninger til kummefyldningsgrader i teksten fremover vil være med udgangspunkt i denne figur.

Ud fra disse data blev reduktionen af metantab, som følge af gyllens kortere opholdstid i gyllekummerne beregnet i et regnearksbaseret værktøj. Dette er beskrevet yderligere i Afsnit 3.2. Værdien af reduktionen, omregnet til CO<sub>2</sub>-ækvivalenter og igen omregnet til, hvor mange liter diesel- eller fyringsolie, der skal afbrændes for at give den samme CO<sub>2</sub>-emission, fremgår ligeledes af rapporten til leverandøren. Denne beregning blev foretaget for at sætte tallene i perspektiv og gøre det relaterbart.

Gyllemængden blev beregnet pr. staldafsnit som antal stipladser, ganget med normgylleproduktion (Hanne Damgaard Poulsen, Aarhus Universitet: Normtal for husdyrgødning, 2017) ved gennemsnitlig tilvækst. Normtallet for 2017 er anvendt som konstant, da det dækker over hele den treårige projektperiode. Antal stipladser blev beregnet som netto-stiareal divideret med et arealkrav på 0,65 m<sup>2</sup>/slagtesvin og 0,35 m<sup>2</sup>/smågrise. Omsætningshastigheden blev fastsat til 4,0 og 6,5 gange årligt for hhv. slagte- og smågrisepladser, svarende til at slagtesvin er i stalden fra 30 – 110 kg (ca. 88 dage) og smågrise er i stalden fra 7 – 30 kg., svarende til ca. 55 dage. Derudover blev antal stier til faresøer registreret, hvorefter antal løbe- og drægtighedspladser blev beregnet ud fra antal årssøer i staldanlægget, ud fra det oplyste antal årssøer i besætningen. Den beregnede gyllemængde, sat i forhold til kummernes størrelse og oplysninger omkring udslusningshyppighed, blev anvendt til at kontrollere, hvorvidt oplysningerne omkring kummernes fyldningsgrad ved udslusning passede.

I de tilfælde, hvor leverandøren gav udtryk for, at gyllen ikke kunne udsluses hyppigere, end det var praktiseret hidtil, fremgik dette af rapporten til leverandøren. For de leverandører, der ikke kunne udsluse hyppigere, blev der beregnet et teoretisk potentiale. Hver leverandør modtog en rapport alene for sit eget staldanlæg. Før rapporterne blev sendt til leverandørerne, blev de gennemgået på et ugentligt møde hos Byggeri & Teknik I/S, hvor minimum 2 fagpersoner på området deltog udover projektmedarbejderen, som udførte besøgene.

Under besøgene, i forbindelse med indsamling af oplysninger, modtog leverandøren rådgivning om, hvordan hyppig udslusning kunne praktiseres i de pågældende staldafsnit, og hvilke muligheder der var for løsning af eventuelle barrierer.

### 3. Forudsætninger

#### 3.1. Anvendte forudsætninger i projektet

Brændværdi metan (CH <sub>4</sub> ):	9,97 kWh/m <sup>3</sup> (nedre brændværdi)
Metans vægtfylde	0,7158 kg/m <sup>3</sup> (ved 0 °C)
Indregnet værdi af bionaturgas <sup>4</sup>	6,00 kr./Nm <sup>3</sup> (9,97 kWh <sub>n</sub> /m <sup>3</sup> )
Indregnet timeløn chauffør ved biogasanlæg	250,00 kr./time
Indregnet timeløn staldmedarbejder <sup>5</sup>	150,00 kr./time
Indregnede omkostninger ved transport af gylle <sup>6</sup>	7,00 kr./ton i startomkostninger +1,00 kr./ton/km
Eksempel på transportomkostninger ved radius 15km	(ved 15 km = 7,00 + 15,00 kr. = 22,00 kr./tons)
CO <sub>2</sub> -faktor (GWP)	25 kg CO <sub>2</sub> -ækv./kg CH <sub>4</sub> (Mikkelsen et al. 2016)
Emissionsfaktor diesel	2,67 kg CO <sub>2</sub> -ækv./liter diesel (EIA 2020)
Emissionsfaktor naturgas	0,057 kg CO <sub>2</sub> /MJ (Møller et al., 2008)
Standardtemperatur ved beregning af staldemission	18,6 °C (Mikkelsen et al. 2016)

#### 3.2. Beregning af metanemission

Metanemission opstår når anaerobe metanproducerende mikroorganismer nedbryder organisk materiale til metan. En række grundlæggende forudsætninger skal være på plads for at mikroorganismene kan omdanne organisk materiale til metan, herunder især helt eller delvis anaerobe forhold. Hastigheden hvormed metan produceres afhænger kraftigt af temperaturen.

Metanemissionen fra en stald beregnes, som mængden af organisk tørstof (VS) ganget med en emissionsfaktor for svinegylle, ganget med gyllens opholdstid i stalden. (Mikkelsen et al, 2016)

Det har ikke kunnet påvises, at bedrifter, der leverer gylle til biogasanlæg, har en anden praksis for håndtering af husdyrgødning i stalden sammenholdt med bedrifter, som ikke leverer til biogasanlæg (Kai et al., 2015). Derfor vurderes metanemissionen fra stalden at være den samme, uanset om gyllen efterfølgende afgasses i biogasanlæg eller ej. Emissionen beregnes ved følgende formel:

$$E_{stald} = VS_{stald} \cdot EF_{stald} \cdot HRT/365$$

hvor:

$E_{stald}$  = CH<sub>4</sub>-emission fra stald, kg CH<sub>4</sub>

$VS_{stald}$  = Mængden af organisk stof, kg VS (volatile solid)

$EF_{stald}$  = Emissionsfaktor for CH<sub>4</sub>, kg CH<sub>4</sub> per kg VS per dag

<sup>4</sup> Prisen på bionaturgas er estimeret til 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> og bruges som en gennemsnitlig værdi over projektperioden fra 2018 til 2020. Bionaturgas er opgraderet biogas.

<sup>5</sup> Timeløn for staldmedarbejder er som udgangspunkt, helt eller delvist elevløn.

<sup>6</sup> 850 kr./time til lastbil med tanksættevogn og en gns. hastighed på vejene på 45 km/time.



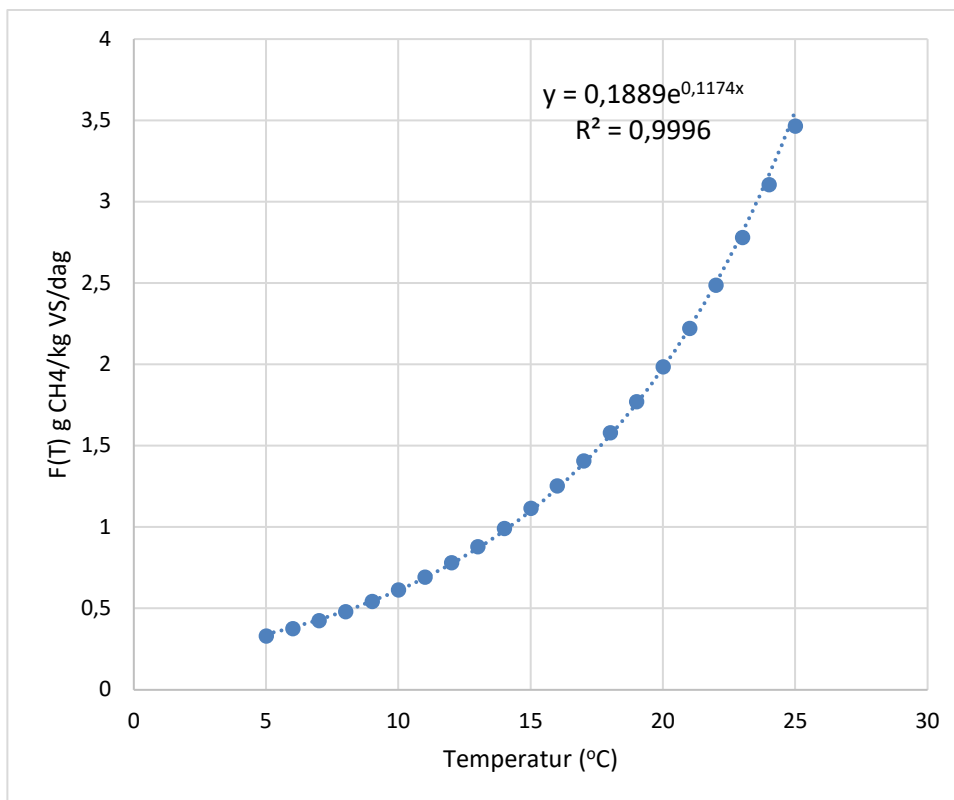
HRT = Gyllens opholdstid i stalden, dage

$EF_{\text{stald}}$  beregnes som en funktion af temperaturen, som angivet i nedenstående formel:

$$F(T) = VS_d * b_1 * \exp\left(\ln A - E * \left(\frac{1}{RT}\right)\right) + VS_{nd} * b_2 * \exp\left(\ln A - E * \left(\frac{1}{RT}\right)\right)$$

Hvor  $VS_d$  og  $VS_{nd}$  er hhv. Let og svært nedbrydeligt organisk stof,  $T$  er temperaturen og  $\ln A$ , afspejler mængde og nedbrydelighed af det organisk stof i gyllematerialer, men også det mikrobiologiske potentiale for metanproduktion. For yderligere beskrivelser af  $\ln A$  og hvordan denne måles, henvises til DCA's klimarapport om bæredygtig biogas (Olesen et al, 2020).

For svinegylle er emissionsfaktoren  $EF_{\text{stald}}$  beregnet til at være 569,50 g  $CH_4$  per kg VS per år eller 1,56 g  $CH_4$  per kg VS per dag (Mikkelsen et al. 2016). Emissionsfaktoren vil være meget påvirket af temperaturen som det også fremgår af Figur 4. Der anvendes en standard temperatur på 18,6 °C.



Figur 4: Metantabet i g metan pr. kg. organisk tørstof pr. dag stiger jo højere temperaturen er. Da gyllens temperatur i kummerne er tæt på at være lig staldtemperaturen, er der risiko for øget metantab om sommeren. Beregnet fra Mikkelsen et al. (2014).

Beregningerne deles op i følgende kategorier:

- 1) Drægtige søer
- 2) Søer i farestalde
- 3) Smågrise
- 4) Slagtesvin.

Ved slagtesvin regnes med middel tilvækst og 88 dage i stalden. Ved smågrise regnes med middel tilvækst og 55 dage i stalden. Tabel 2 viser emissionsreduktionen for disse dyregrupper.

Det antages, at emissionen fra stalden er direkte proportional med den gennemsnitlige opholdstid i stalden, og at den daglige emission fra et kg VS udskilt fra grisen, er den samme i hele perioden, hvor det organiske stof opholder sig i gyllekanalen. Dette er en antagelse, der ikke er dokumenteret ved forsøg, og ved lange opholdstider, må det formodes at emissionen pr. dag reduceres (Mikkelsen et al, 2016). I beregningerne er indregnet at den daglige emission, er den samme i hele perioden.

Opholdstiden (HRT) i stalden er den gennemsnitlige opholdstid beregnet, som halvdelen af tiden mellem udslusningerne. Det er forudsat i beregningerne, at gyllekummerne tømmes helt ved hver udslusning, vel vidende at der vil stå en lille rest tilbage efter udslusningen er færdig.

Klimagevinsten ved den øgede gasproduktion på biogasanlægget beregnes ved at antage, at det er fossilt naturgas, der erstattes, og at emissionen fra naturgas er 0,057 kg CO<sub>2</sub>/MJ (Møller et al., 2008). Den øgede mængde metan, der kan produceres fra biogasanlægget ved hurtig udslusning, antages at være den samme, som den reducerede metanemission fra stalden, fratrukket et forventet metantab på 1 % fra biogasanlægget (Olesen et al, 2020). Metantabet fra biogasanlægget (1 %) ganges med drivhuspotentialet (Global Warming Potential / GWP), som er 25. Dette reducerer den samlede CO<sub>2</sub>-ækvivalent effekt, der er ved at substituere naturgas med den øgede metanproduktion, der fremkommer ved hurtig udslusning.

I projektet indgår ikke undersøgelse af metanemission ved lagring af hhv. ubehandlet- og afgasset gylle i lagertanke.

## 4. Resultater fra rådgivningsforløbet

### 4.1. Resultater fra leverandørbesøg

De følgende resultater er fra de besøg hos leverandører, som blev gennemført i perioden fra september måned 2018 til august 2020. Besøgene blev gennemført af Byggeri & Teknik, med opmålinger af kummestørrelser, indhentning af oplysninger hos leverandøren om produktionsdata, fremgangsmåden for udslusning, muligheder for hyppigere udslusning mv. Karakteristikaene fra leverandørerne er vist i Tabel 1.

Tabel 1: Grunddata over leverandører

Antal leverandører der er besøgt	405
Tons gylle leveret i alt til biogasanlæg	2.122.838
Gennemsnitlig gylleleverance pr. leverandør, ton	5.242 (324 – 23.981)
Antal årligt producerede slagtesvin der er gylle fra (320 leverandører)	2.040.212
Antal smågrise der er gylle fra (183 leverandører)	3.967.328
Antal søer der er gylle fra (93 leverandører)	80.483
Tons vaskevand der er leveret sammen med gylle	134.315
Tons vaskevand pr. leverandør i gennemsnit	332 (0 – 2.250)
Antal leverandører, med en afhentningstank som er < tankbilen (39m <sup>3</sup> )	166
Antal leverandører, med afhentningstank som er > 500 m <sup>3</sup>	40 (500 – 3.961)
Antal leverandører, hvor der er mere end én afhentningstank	43 (2 – 4)

Mange steder bar staldanlæggene, og de tilhørende afhentningsfaciliteter, præg af, at der ved projekteringen af disse ikke var tænkt på, at der skulle leveres gylle til biogasanlæg. Det afspejlede sig især i størrelsen af afhentningstankene, samt nogle staldafsnits indbyrdes afhængighed af hinanden i forbindelse med udslusning af gylle.

Fra nogle få gårdbiogas anlæg var der i alt 15 leverandører, der pumper gyllen direkte til biogasanlægget, ellers bliver al gyllen transporteret i tankbiler til biogasanlægget.

### 4.2. Reduktionspotentiale hos leverandører

Reduktion af metanemissionen opgjort som CO<sub>2</sub>-ækv. fra gyllekummerne er opgjort for dyregrupperne: Slagtesvin, smågrise, drægtige søer og faresøer på baggrund af den samlede mængde gylle, og leverandørens vurdering af, hvor hyppigt gyllen kan udsluses. Som det ses af Tabel 2, er den største reduktion fra slagtesvin og smågrise. Det skyldes primært, at gyllen fra disse 2 dyregrupper normalt er mere tørstofrig end gyllen fra søer, jf. Henrik B. Møller, Aarhus Universitet.

Tabel 2: Fordeling af emissionsreduktion i CO<sub>2</sub>-ækv. på de forskellige dyregrupper. Det ses, at der kan opnås den største emissionsreduktion på slagtesvin og smågrise. Gyllen her er ofte mere tørstofrig og har derfor generelt større emission.

	Slagtesvin	Smågrise	Drægtige søer	Faresøer	Total
Tons CO <sub>2</sub> -reduktion	14.139 (61%)	5.338 (23 %)	2.603 (11 %)	1.061 (5 %)	23.141
Tons gylle	1.154.548 (55%)	444.341 (21%)	367.649 (17%)	156.297 (7%)	2.122.835
CO <sub>2</sub> -ækv./ tons gylle	12,2	12,0	7,1	6,8	10,9

### 4.3. Hvor meget kan opholdstiden for gylle reduceres?

Projektets deltagere har gennemgået data om gyllens alder baseret på de 405 leverandørbesøg. Alderen er opgjort pr. dyregruppe, samt det totale antal tons, der tilhører den enkelte dyregruppe.

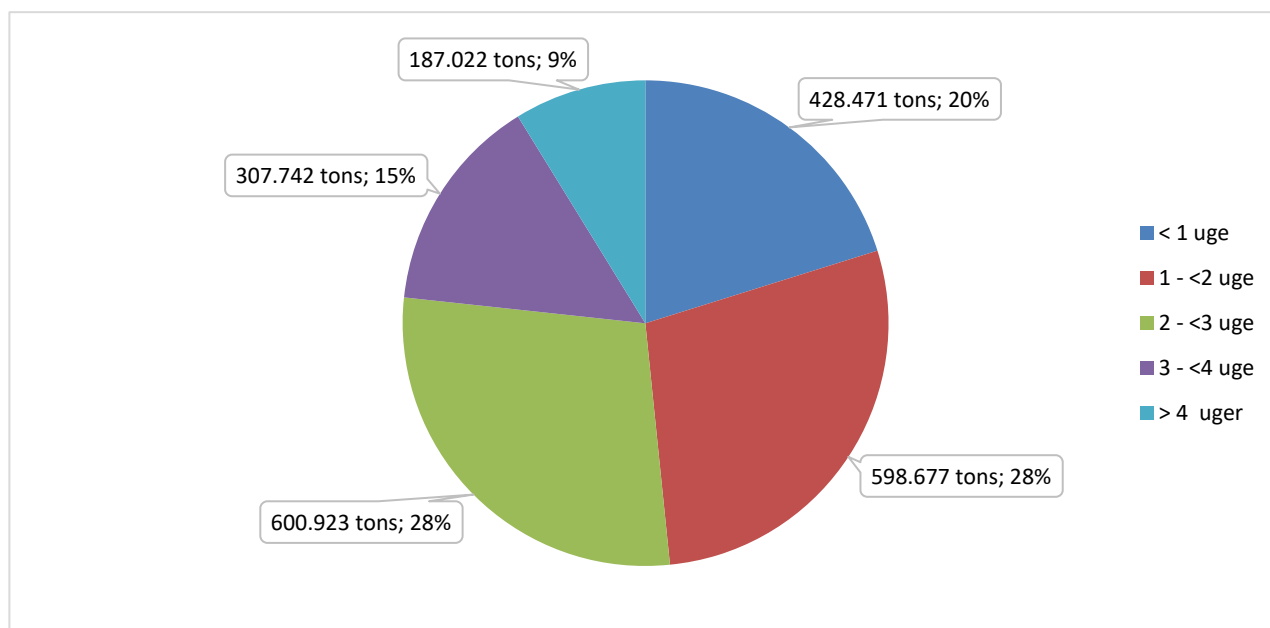
Gyllens gennemsnitlige alder er beregnet, som:

$$\text{Alder} = 0,5 \cdot \frac{V_{\text{kumme}}}{\text{Gylle produktion}_{\text{uge}}}$$

Hvor  $V_{\text{kumme}}$  er kummevolumenet ved udslusning, og  $\text{Gylle produktion}_{\text{uge}}$  er den gennemsnitlige gylleproduktion pr. uge.

Den vægtede gennemsnitlige alder på gyllen ved udslusning er beregnet til 2,2 uger, svarende til 15,4 dage. Rapporten "Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget" estimerer en opholdstid i slagtesvine- og smågrise stalde på mellem 10 – 30 dage. Variationen skønnes større for stalde med søer (Mikkelsen MH, Albrektsen R, Gyldenkerne S, 2016).

Gyllens gennemsnitsalder er blevet inddelt efter 5 hovedgrupper: < 1 uge, ml. 1 men under 2 uger, ml. 2 men under 3 uger, ml. 3 men under 4 uger, og > 4 uger. Fordelingen ses i Figur 5.



Figur 5: Gyllens gennemsnitlige alder ved udslusning i stalden ved leverandørbesøg med tilhørende mængde i tons. Grupperingerne er opdelt efter: Under 1 uge, ml. 1 men under 2 uger, ml. 2 men under 3 uger, ml. 3 men under 4 uger og mere end 4 uger.

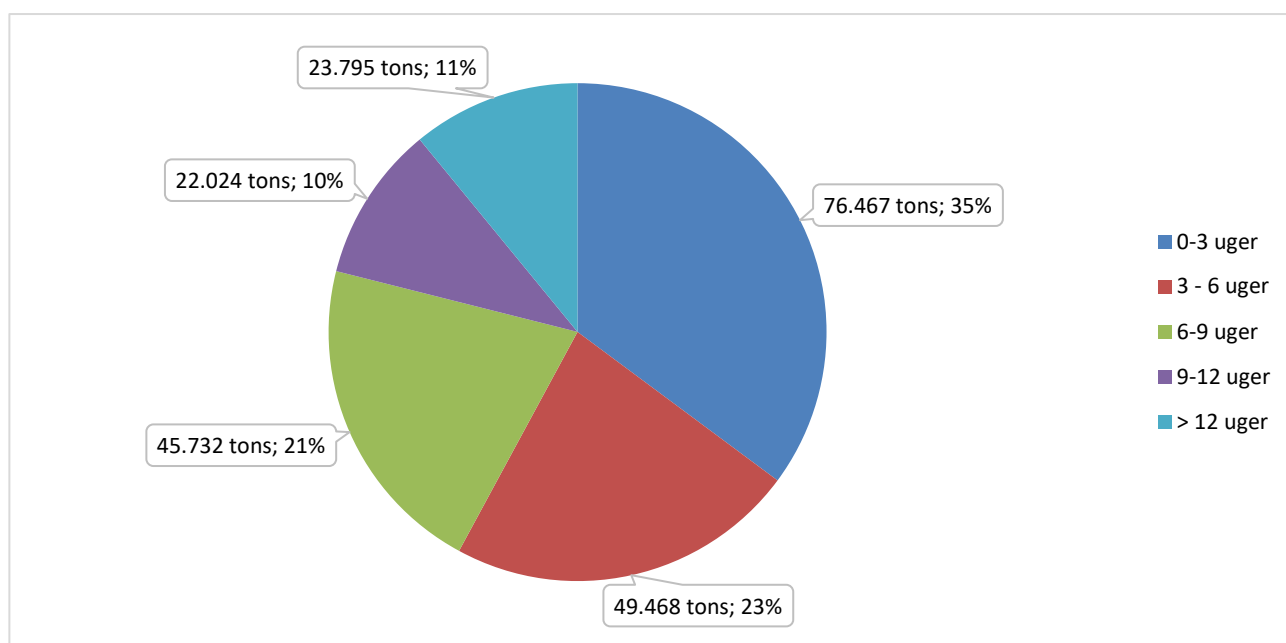
Der ses, at størstedelen af gyllen er ældre end 1 uge (ca. 80 %). Det ses også, at 24 % af gyllen er 3 uger eller ældre. Det vurderes derfor, at der er et stort potentiale for at reducere gyllens alder.

Ved hyppigere udslusning kan gennemsnitsalderen nedbringes til gennemsnitligt 1,5 uger, hvilket svarer til 10,5 dage, i stedet for tidligere nævnte 15,4 dage. Det er en reduktion på 4,9 dage. Dette er samlet set for

alle leverandørerne. Disse tal er med baggrund i interview med hver enkelt leverandør, der har vurderet, hvad kummens fyldningsgrad ved udslusning kan reduceres til.

Efter behov foretages tvangsudslusninger af gylle. Det kan fx være, at kummerne tømmeres for gylle uanset fyldningsgrad, når stalden tømmeres for grise. Dette indgår i alderen af gyllen, som er beregnet i de efterfølgende figurer.

Det er vigtigt at bemærke, at der er tale om gyllens gennemsnitlige alder. En mindre del af gyllen vil ved udslusning have en alder, der er betydeligt højere end den gennemsnitlige alder af gyllen i kummerne, se Figur 6, som viser fordelingen af staldes ældste gylle. Den ældste gylle er defineret som gyllen i den kumme, der bliver udsluset med den mindste hyppighed, hos den enkelte leverandør.



Figur 6: Den ældste gylles alder ved udslusning i stalden ved leverandørbesøg med tilhørende tons og andel af total. 0-3 uger, 3-6 uger, 6-9 uger, 9-12 uger og mere end 12 uger.

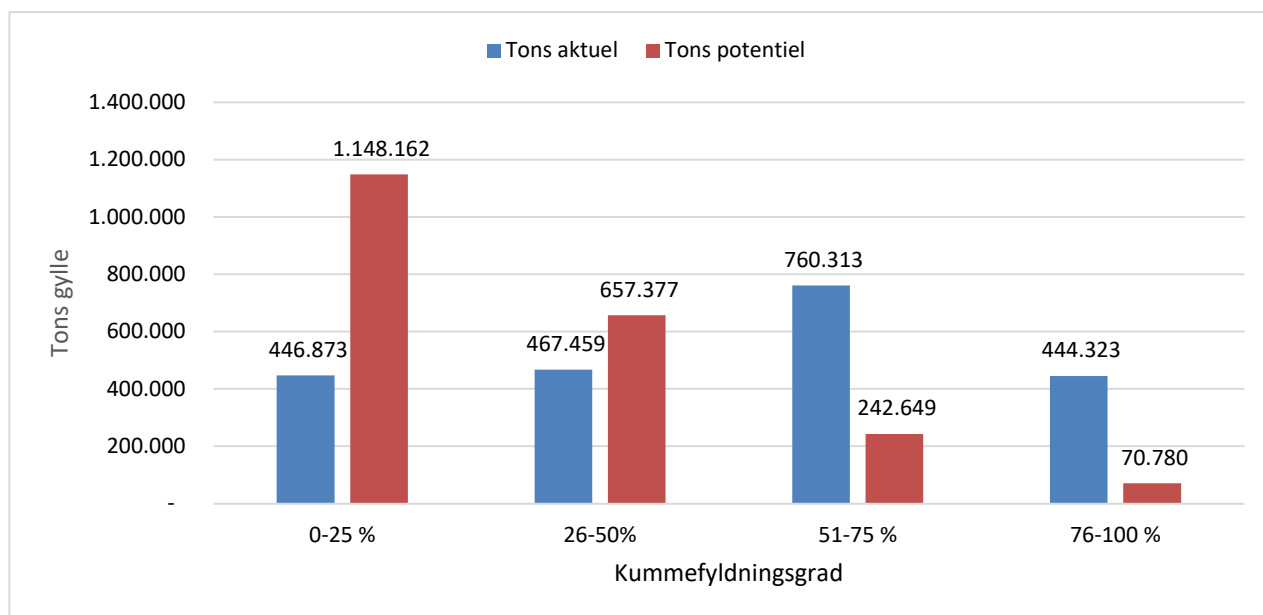
Gennemsnitsalderen for den ældste gylle ved udslusning er beregnet til 6,4 uger. Der er tale om 216.175 tons eller ca. 10 % af den samlede gyllemængde som er ældre end 6 uger.

Når dette tal afviger fra den gennemsnitlige alder på den øvrige gyllemængde, skyldes det, at gyllen i disse afsnit udsluses mindre ofte end i de øvrige staldafsnit. Dette kan skyldes, at det er et staldafsnit, hvor produktionen ikke kører i hold, men kontinuert, og derfor ikke har en fast rutine for, hvornår gyllen udsluses. Det kan også skyldes, at det er et staldafsnit med en lille produktion, så det tager lang tid, inden der er en gyllemængde at udsluse. Endeligt kan det også skyldes, at der er tale om en meget stor gyllekumme i forhold til gylleproduktionen i det pågældende staldafsnit.

I Figur 6 er mængden af den ældste gylle beregnet, som kummevolumen ved udslusning, divideret med den gennemsnitlige gylleproduktion pr. uge. Der er i dette tal korrigeret for tvangsudslusninger undervejs.

Leverandørerne er blevet spurgt, hvornår der udsluses gylle ift. kumme fyldningsgrad (se Figur 3).

Opgørelsen er vist for både den aktuelle situation, samt en leverandørvurdering af, hvornår der potentielt kan udsluses. Dette er vist i Figur 7.



Figur 7: Leverandørernes vurdering af fyldningsgrad i kummerne med tilhørende mængde i tons (aktuel, blå), og leverandørernes egen vurdering af mulig fyldningsgrad i kummerne, ved praktisering af hyppigere udslusning med tilhørende mængde i tons (potentielt, rød).

Leverandørerne blev bedt om at vurdere, hvorvidt kummerne er 25, 50, 75 eller 100 % fyldte ved udslusning, og hvad de vurderer, det er muligt at reducere det til. Der er i tallene korrigeret for, hvor ofte der blev sluset ud, og opmålingen af gyllekummerne, hvis der har været uoverensstemmelser. Figur 7 indikerer, at der er et potentiale for hyppigere udslusning, hvis viden og incitamentet er til stede. I tallene indgår, hvis leverandøren foretager en "tvangsudslusning", fx at kummerne tømmes for gylle uanset fyldningsgrad, når stalden tømmes for grise.

- Indtil nu er 446.873 tons gylle (21 %) blevet udsluset ved 25 % kumme fyldning. Heri indgår den mængde gylle der bliver udsluset med linespilsanlæg<sup>7</sup>. Jf. Tabel 3 er der tale om 7,2 % af den samlede gyllemængde eller 153.217 tons. Det er således 446.876 – 153.217 tons = 293.655 tons gylle, der indtil nu er blevet udsluset i rørudslusningsanlæg ved en kumme fyldning på 25 % - det svarer til 14 % af den samlede gyllemængde.
- 760.313 tons gylle (36 %) udsluses ved 75 % fyldte kummer og 444.323 tons gylle (21 %) udsluses fra fyldte kummer.
- På baggrund af leverandørernes vurdering kan der flyttes 697.655 tons gylle (33 %) til at blive udsluset ved 25 % kumme fyldning og 186.249 tons gylle (9 %) til at blive udsluset ved 50 % kumme fyldning.

<sup>7</sup> Linespilsanlæg er et udmugningssystem, hvor der under spalterne er et skrubesystem, der flere gange ugentlig kan tømme husdyrgødningen fra lange sammenhængende kanaler ud i en afhentningstank.

Tabel 3: Udslusningsmetode og dertil andel af totale observerede udslusningsmetoder.

Udslusningsmetode	Andel (%)
Rørudslusning, mængde i % af total	83,5
Linespil, mængde i % af total	7,2
Spjæld, mængde i % af total	9,3

Tabel 3 viser, at hovedparten af gyllen (83,5 %) udsluses fra rørudslusningsanlæg. 7,2 % af gyllen udsluses med linespilsanlæg. Hovedparten af stalde med linespilsanlæg er med drægtige søer. I disse stalde vil man normalt ikke udsluse hyppigere, da disse anlæg i forvejen normalt er i drift 2-4 gange ugentlig. Gylle fra stalde, hvor der udsluses via spjæld udgør 9,3 % (194.978 tons), hvoraf 71 % eller 138.090 tons af dette er fra slagtesvinestalde.

Gyllens alder er yderligere fordelt på dyregrupper, og er opgjort samlet for alle 4 dyregrupper, i Figur 8. Det ses, at størstedelen af gyllen er enten 1 - < 2 uger eller 2 - < 3 uger gammel i de aktuelle målinger.

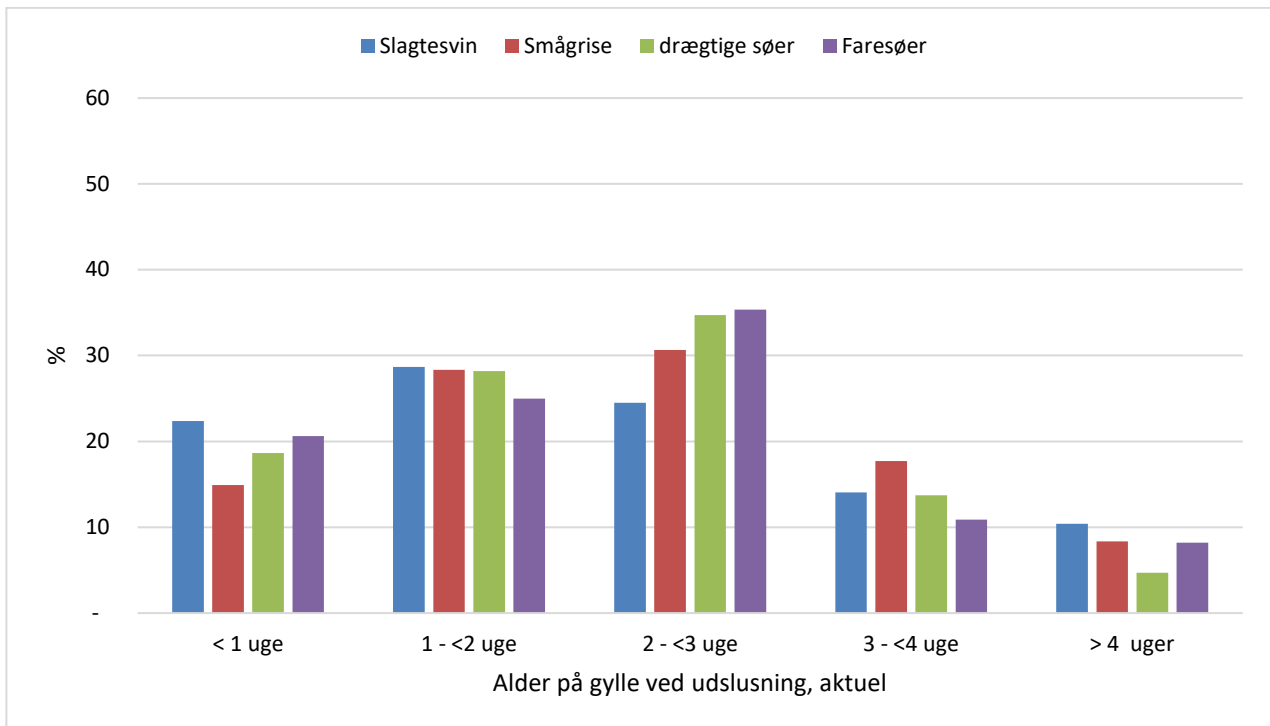
Når man ser på forskellen på gyllens alder mellem dyregrupperne aktuel (nuværende situation) ses det, at i 0-1 uger er der størst repræsentation af slagtesvin, selvom de fleste linespilsanlæg, som i al væsentlighed er installeret i stalde med drægtige søer, findes i denne gruppering. Forventningen var, at virkningen af linespilsanlæg ville have været større, men idet det ikke udgør mere end 7,2 % af den samlede gyllemængde, vægter det ikke meget i gruppen "< 1 uge". Det meste af gyllen er i gruppen 2-3 uger med størst repræsentation af gylle fra søer.

I Figur 9 kan det aflæses, hvad gyllealderen potentielt kan reduceres til inden for dyregrupperne (leverandørens vurdering). Indenfor alle dyregrupper rykker søjlernes højde mod en lavere gyllealder pga. muligheden for hyppigere udslusning. Omkring 50 % af gyllen kommer til at ligge mellem 1 – 2 uger som følge af hyppigere udslusning, for slagtesvin dog kun 35 %, idet der her er flere, der ligger under 1 uge – gruppen længst til venstre. I gruppen <1 uge er den største stigning i slagtesvinegylle, som går fra 22 til 45 % af gyllen i denne gruppe. Det er også her den største emissionsreduktion, på 14.139 tons CO<sub>2</sub>-ækv. svarende til 61 %, findes, jf. Tabel 2. Gylle fra slagtesvin repræsenterer 55 % af den samlede gyllemængde.

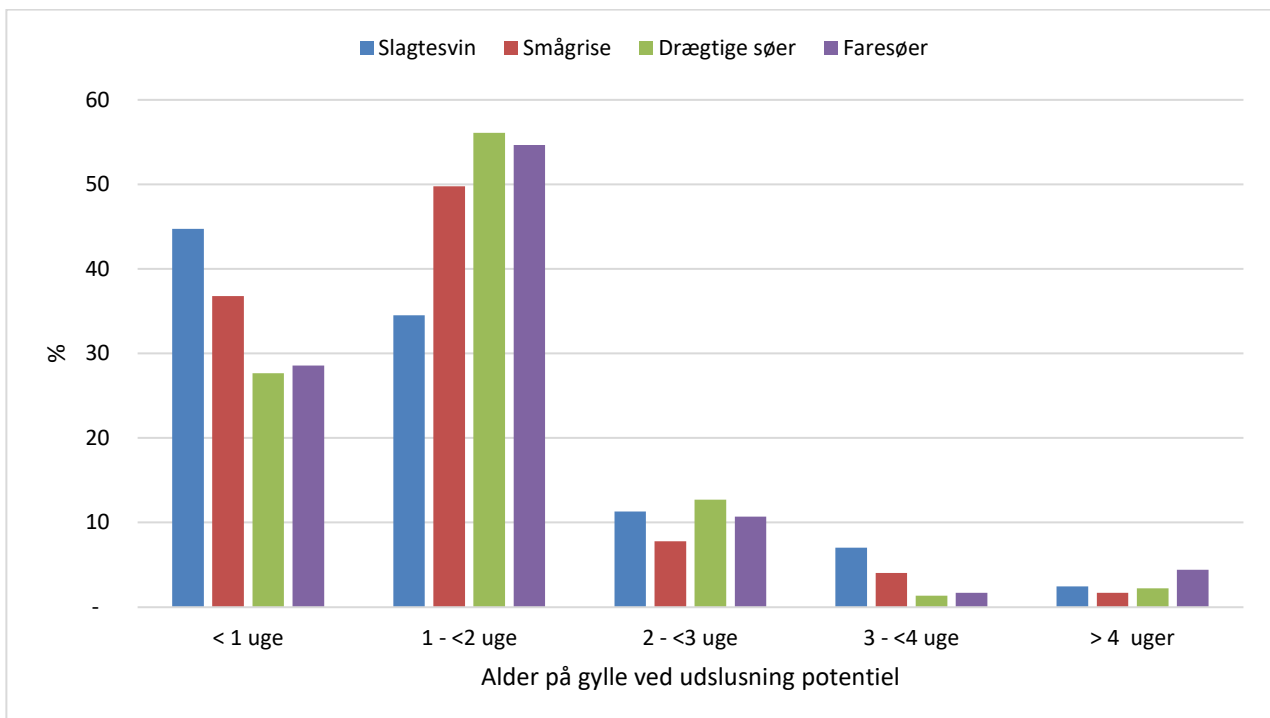
På baggrund af leverandørernes vurdering er der beregnet nøgletal for, hvor stor en emissionsreduktion man kan forvente, ved at udsluse gyllen hyppigere. For de 4 dyregrupper er anvendt de gennemsnitlige kummevolumener, som er fundet hos de besøgte leverandører i projektet. Opholdstiden er reduceret med 1 uge, hvilket ved fx slagtesvin giver en emissionsreduktion på 17,3 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. tons gylle, som det fremgår af Tabel 4. Når emissionsreduktionen er større hos slagtesvin og smågrise, end hos søer, skyldes det især, at gyllen fra disse dyregrupper er mere tørstofrig end gylle fra søer.

Tabel 4: Forventet emissionsreduktion i CO<sub>2</sub>-ækv. ved at reducere opholdstiden af gylle i gyllekummen med 1 uge.

Dyregruppe	kg CO <sub>2</sub> -ækv. pr. tons gylle	Tørstof (TS)% i gylle
Slagtesvin	17,30	6,41
Smågrise	14,73	5,94
Drægtige søer	7,96	4,50
Faresøer	8,03	4,50



Figur 8: Fordelingen af den **aktuelle** gyllealder i forhold til dyregrupper. Summen af søjlerne på den enkelte dyregruppe svarer til 100 %.



Figur 9: Fordelingen af den **potentielle** gyllealder fordelt på dyregrupper. Summen af søjlerne på den enkelte dyregruppe svarer til 100 %.



#### 4.4. Potentiale for reduktion i metanemission ved hyppigere udslusning

##### Samlet CO<sub>2</sub>-reduktionspotentiale

På baggrund af leverandørbesøgene og leverandørernes vurdering af, hvor meget de kan reducere kumme-fyldningen i deres stalde, er der fundet et CO<sub>2</sub>-besparelsespotentiale på 23.141 tons CO<sub>2</sub>-ækv. pr. år svarende til 10,90 kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle for det samlede antal leverandører i projektet, dette fremgår af Tabel 5. Besparelsespotentialet fundet ved hyppigere udslusning svarer til 20 %, af de samlede emissioner ved svine-gylle. Bruttoreduktionspotentialet på biogasanlægget på 25.528 tons CO<sub>2</sub>-ækv. pr. år svarende til 12,03 kg CO<sub>2</sub>-ækv. /tons gylle, fremgår af anden halvdel af Tabel 5. Her medtages værdien af den øgede substitution af naturgas, samt 1 % metantab.

Hvis der alene ses nærmere på de 284 leverandører, der kan udsluse hyppigere, ud af alle 405 leverandører (70 %), er reduktionspotentialet 14,86 kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle, dette er på baggrund af 1,6 mio. tons gylle. Det viser, at der er et stort potentiale ved de leverandører, som har mulighed for at udsluse hyppigere.

I Tabel 5 er vist værdien af at udsluse hyppigere på samtlige 405 leverandører. Det ses, at der kan opnås et ekstra salg på ca. 7,7 mio. kr./år i solgt metan, med en omkostning på ca. 4,2 mio. kr./år. Beregningerne er baseret på leverandørernes egne vurderinger for, hvor muligt hyppigere udslusning er. Det er forudsat at metan har en værdi svarende til 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> metan.

Tabel 5: Værdi af ekstra metan ift. leverandørens vurdering ved hyppigere udslusning. Der anvendes en gns. emission på 10,90 kg CO<sub>2</sub>-ækv. /tons gylle ud fra Tabel 2. Værdien af metan er forudsat produceret biogas med støtte, svarende til 6 kr./Nm<sup>3</sup> metan.

Ekstra metan	Leverandørens vurdering	1.279.536	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /år
Gyllemængde (405 leverandører)		2.122.838	ton gylle
<b>Mindsket emission hyppig udslusning</b>		<b>23.141</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>10,90</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Metantab fra biogasanlæg 1 %		-231	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
Øget substitution naturgas		2.618	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
<b>Samlet effekt</b>		<b>25.528</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>12,03</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Værdi af ekstra metan		7.677.217	kr./år
Omkostninger ved hyppigere udslusning hos leverandørerne		4.175.743	Kr./år <sup>8</sup>

For at vurdere et teoretisk maksimalt potentiale, er der opsat en forudsætning om, at alle leverandører kan udsluse ved 25 % kumme fyldning. Tabel 6 viser det maksimale teoretiske potentiale, hvor det forudsættes at alle 405 leverandøradresser udsluser ved 25 % fyldningsgrad, også de leverandører der reelt mener, at de ikke kan udsluse hyppigere, end de allerede gør. Der er således ikke taget i betragtning, at der i de enkelte stalde kan være praktiske forhold, der gør, at hyppigere udslusning ikke er muligt, eller, at det bliver en høj omkostning i forhold til effekten. Derfor skal dette potentiale håndteres med forbehold. Yderligere er det

<sup>8</sup> Ved en gennemsnitlig pris på ca. 3,26 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, fundet i projektet.

ikke beregnet, hvilke omkostninger der relaterer sig til det maksimale teoretiske potentiale, men de må antages at være minimum 4,2 mio. kr., som er omkostningerne fundet på baggrund af leverandørernes vurdering. Det maksimale teoretiske potentiale hos alle leverandørerne er 2.117.156 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/år og 41.481 ton CO<sub>2</sub>-ækv. pr. år. Tillægges værdien af øget substitution af naturgas, og metantabet på anlægget, er det samlede potentiale ca. 45.400 ton CO<sub>2</sub>-ækv. pr. år.

Det teoretiske besparelspotentiale, fundet ved hyppigere udslusning, svarer derfor til ca. 36 %, af de samlede emissioner fra svinegylle – beregnet ved 2,39 kg CH<sub>4</sub>/ton gylle.

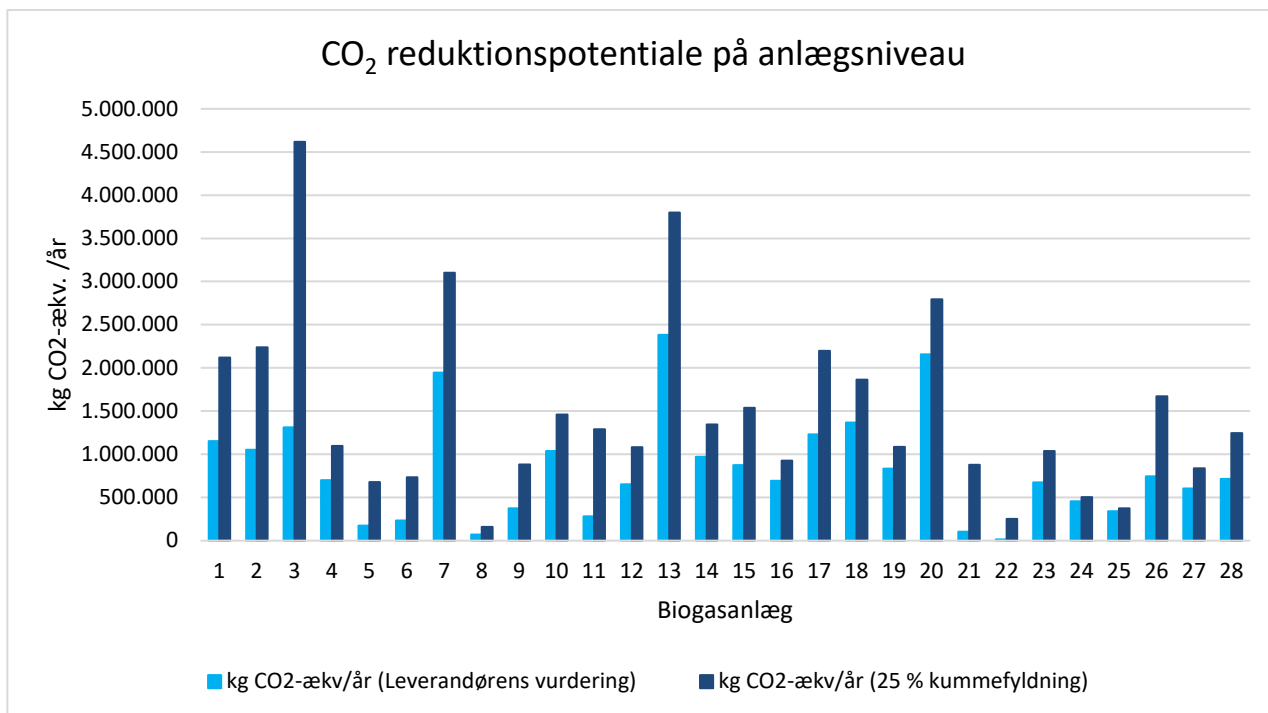
Tabel 6: Værdi af ekstra metan i både indtjening (kr./år) og øget klimagevinst i tons CO<sub>2</sub>-ækv./år ved teoretisk maksimalt potentiale ved hyppigere udslusning.

Ekstra metan	Teoretisk maksimalt potentiale	2.117.154	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /år
Gyllemængde (405 leverandører)		2.122.838	ton gylle
<b>Mindsket emission hyppig udslusning</b>		<b>41.481</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>19,54</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Metantab fra biogasanlæg 1 %		-415	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
Øget substitution naturgas		4.332	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
<b>Samlet effekt</b>		<b>45.399</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>21,39</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Værdi af ekstra metan		12.702.923	kr./år

### CO<sub>2</sub>-reduktionspotentiale på biogasanlægsniveau

Der ses en stor variation i reduktionspotentialet på biogasanlægsniveau jf. Figur 10. Ved flere anlæg er der en meget stor forskel mellem potentialet ift. leverandørens vurdering, og det teoretiske maksimale potentiale, mens det ved andre anlæg er det tilsvarende. Hvor der er en lille difference, skyldes det, at alle, eller en stor del af leverandørerne, i forvejen vurderer, at de kan komme tæt på en 25 % kummeafyldning. Samtidig viser figuren også lidt om incitamentet/udfordringerne til at udsluse hyppigere.

Eksempelvis ses det i data fra anlæg 3, at der er stor forskel mellem leverandørens vurdering, og det teoretiske maksimale potentiale, hvor det kun er 20 ud af 35 leverandører, der selv vurderer, at de kan udsluse hyppigere.



Figur 10: CO<sub>2</sub> reduktionspotentiale ved de 28 deltagende biogasanlæg ved hhv. leverandørernes vurdering, og det maksimale potentiale som sættes til 25% kummefyldning.

#### 4.5. Omkostninger ved opnåelse af reduktion i metanemissionen

På baggrund af leverandørbesøgene er det blevet identificeret, hvilke løsninger (se afsnit 9. ) og omkostninger hertil, der er nødvendige for at opnå hyppigere udslusning. Omkostninger til hyppigere manuel trækning af gyllepropper i staldene er estimeret ud fra antagelsen, at den gennemsnitlige arbejdstid pr. prop pr. udslusning er 5 minutter ved en timeløn på 150 kr. De samlede omkostninger fremgår af Tabel 7. Der er tale om en vurdering, og der er ikke i forbindelse med denne rapport udført egentlige tidsstudier af dette arbejde.

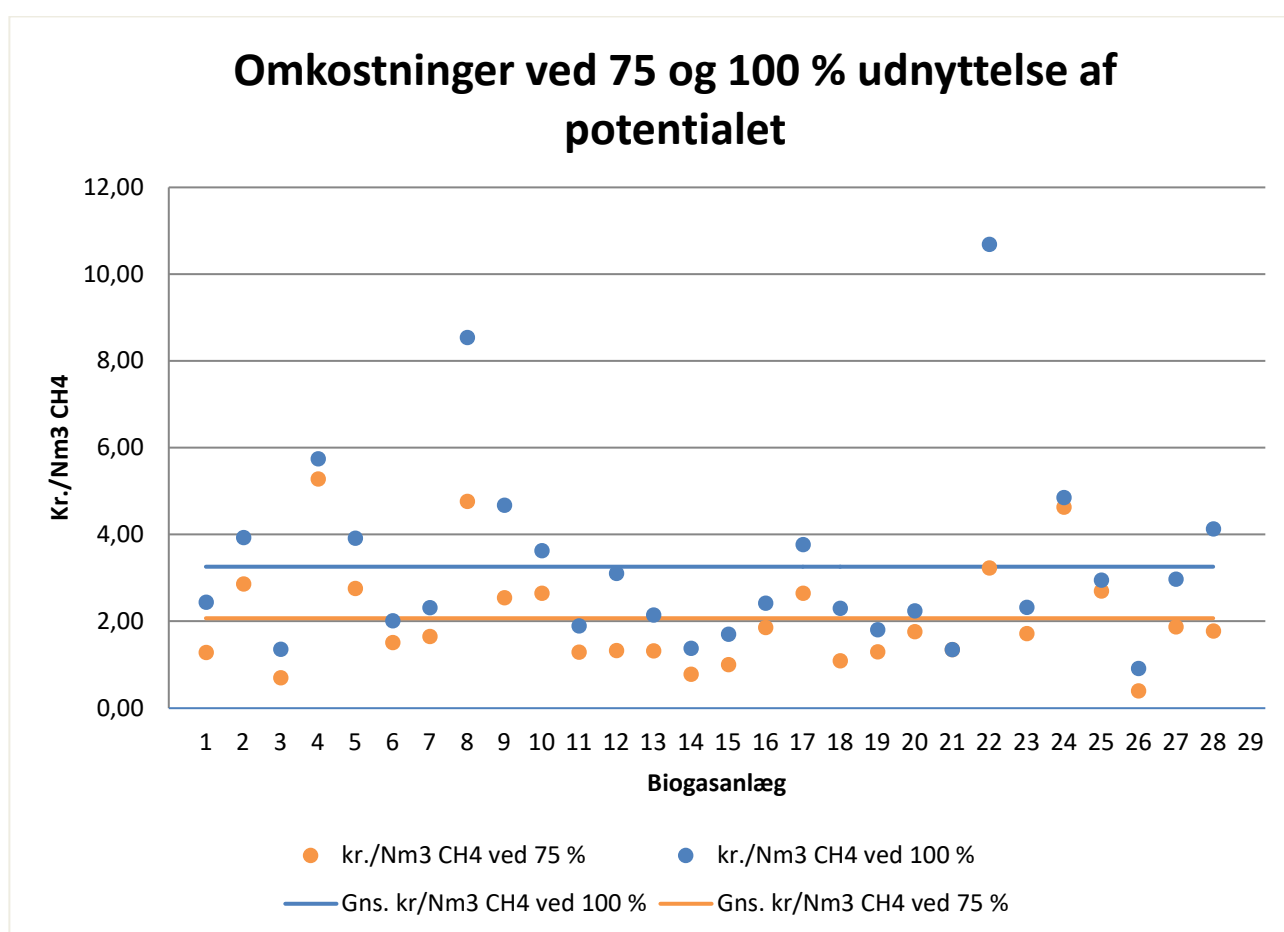
Tabel 7: Arbejdsforbrug og omkostning ved de leverandører, der vurderer, at der kan praktiseres hyppigere manuel udslusning.

	Antal propper	Antal gange der skal trækkes en prop	Tidsforbrug, timer pr. år	Arbejdsomkostning i kr. pr. år v. 150 kr./time
Før rådgivningsbesøg	22.197	344.319	28.693	4.303.988
Efter foreslået tiltag	22.197	554.254	46.188	6.928.180
Forskel	-	209.935	17.495	2.624.192

Baggrunden for, hvornår der skal investeres i en ny afhentningstank er, når størrelsen på afhentningstanken er begrænsende for hyppigere udslusning. Her gør det sig gældende, at afhentningstankens volumen er mindre end tankbilens volumen. Dette samtidig med, at den største kumme i stalden er mindre end tankbilens volumen. Dette scenarie betyder, at leverandøren er afhængig af at skulle udsluse fra flere kummer, mens tankbilen holder og venter. Det vurderes uhensigtsmæssigt, og i dette tilfælde er afhentningstanken medregnet som en udgift ved hyppigere udslusning. Hos 87 ud af de 405 leverandører er det foreslået at etablere en større afhentningstank, som forudsætning for at hyppigere manuel udslusning af gyllen kan gennemføres.

Forudsætningerne for investering i en afhentningstank er omregnet til en årlig ydelse ved 5 % rente over en 20-årig periode. Dertil er de årlige omkostninger til arbejdsløn til manual udslusning tilføjet. Som forudsætning er valgt en afskrivning over 20 år, ud fra en forventet levetid på afhentningstanken. For en del biogasanlæg kan det være for lang en periode, hvis deres tildelte støttetilsagn til produceret biogas gælder en kortere periode end 20 år, medmindre der undervejs opstår nye muligheder for støtte.

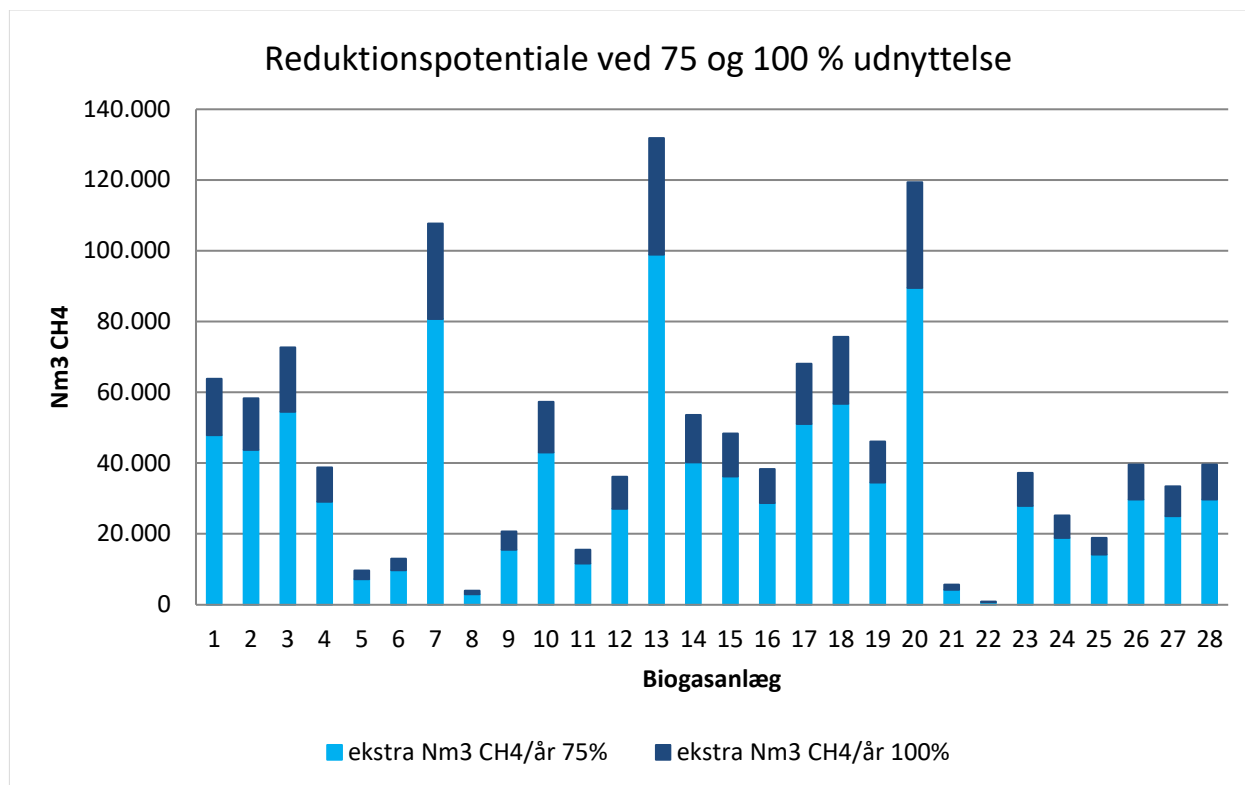
De årlige omkostninger i kr. pr. leverandør er fordelt på reduktionspotentialet for CH<sub>4</sub> på de 28 biogasanlæg, hvilket resulterer i en gennemsnitlig pris pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> pr. anlæg, som fremgår af de blå punkter på Figur 11. Den gennemsnitlige pris for alle anlæggene er 3,26 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, med et spænd på mellem 0,91 og 10,68 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> fra det billigste potentiale til det dyreste. De orange punkter i Figur 11 viser omkostninger ved kun at udnytte 75 % af reduktionspotentialet, og den gennemsnitlige omkostning ligger her på 2,07 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>.



Figur 11: Omkostninger ved hyppigere udslusning for hhv. 75 og 100% opnåelse af det beregnede metanpotentiale. Det ses at der for nogle anlæg er meget lave omkostninger, og høje omkostninger for andre anlæg som afspejler forholdene. Metanens værdi er forudsat 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, og det ses at hyppigere udslusning i langt de fleste tilfælde har en lavere omkostning end metanens værdi. For enkelte anlæg kan der være bedre økonomi i at praktisere 75% opnåelse fremfor 100 %.

På baggrund af omkostningerne pr. leverandør, er der ligeledes udarbejdet et scenarie der viser, hvad det koster at opnå de billigste 75 % af reduktionspotentialet vurderet i kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Dette er med baggrund i, at der kan være enkelte leverandører, hvor potentialet bliver meget dyrt at indfri. Dataene viser, at omkostningerne varierer meget fra leverandør til leverandør alt efter, om der skal trækkes mange propper for at opnå

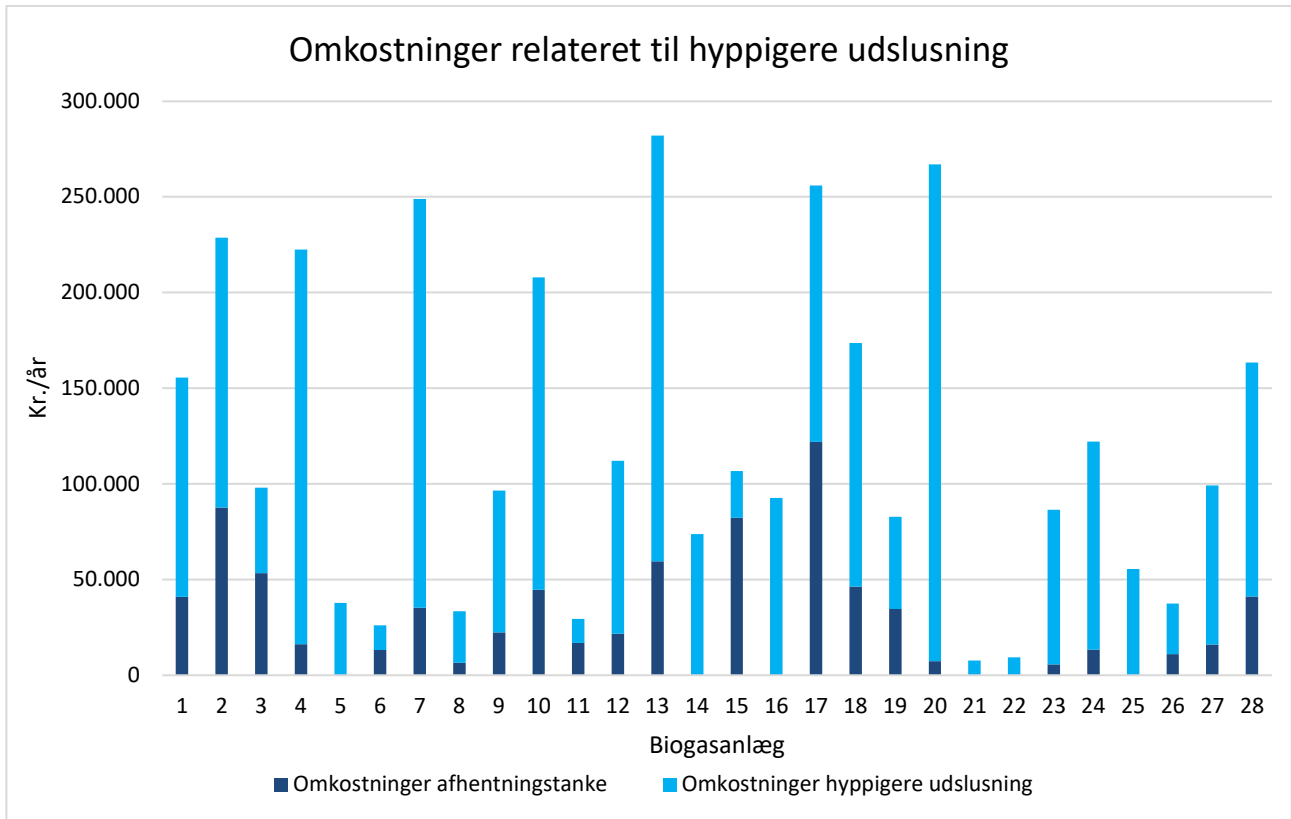
potentialet, og at der samtidig er behov for en ny afhentningstank. De dyreste 25 % af potentialet i kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> er derfor fratrukket. Omkostningerne ved 75 % opnåelse af potentialet er præsenteret i Figur 11 og ligger gennemsnitlig på 2,07 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> og varierer mellem 0,36 og 5,27 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Figur 12 viser det samlede metanpotentiale ved 75 og 100 % udnyttelse og det kan ses, at der er stor forskel i potentialet fra anlæg til anlæg, fx ved sammenligning af anlæg 20 og 22.



Figur 12: Reduktionspotentialet ved 75 og 100 % udnyttelse. Søjlerne angiver hvor meget ekstra metan biogasanlægget kan udvinde fra gyllen ved praktisering af hyppigere udslusning med hhv. 75% og 100% af potentialet. De mørkeblå søjler skal ses som yderligere potentiale fra at gå fra 75% til 100%. Der vil være et meget lille potentiale for enkelte anlæg, da der muligvis i forvejen praktiseres hyppigere udslusning (fx anlæg 22).

Ligeledes er der lavet beregninger på, hvor store omkostninger der er ifm. hyppigere udslusning fordelt på de deltagende biogasanlæg. Det kan ses af Figur 11, at omkostningerne pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> varierer fra anlæg til anlæg. Det ses fx, at der ved anlæg 13, er et stort metanpotentiale og lave omkostninger ved opnåelse af 75 og 100 % af potentialet, hvor der beregnes en udgift på hhv. 1,32 og 2,13 kr. pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Dette kan ses ved sammenligning af Figur 11 og Figur 12. Mens der ved anlæg 8, er et meget lille potentiale, og omkostningerne ved at opnå det er hhv. 4,76 og 8,54 kr. pr. Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>.

Den store forskel kan blandt andet forklares ved store omkostninger til hyppigere udslusning via træk af gyllepropper, eller ved behov for en ny afhentningstank. De årlige omkostninger pr. anlæg, opdelt i hyppigere udslusning og afhentningstanke, fremgår af Figur 13.



Figur 13: Omkostninger relateret til hyppigere udslusning. Mørkeblå søjler relaterer sig til omkostninger ifm. etablering eller ombygning af afhentningstanke, mens de lyseblå relaterer sig til omkostninger forbundet direkte til hyppigere udslusning, fx øget timeforbrug pga. manuel træk af gyllepropper.

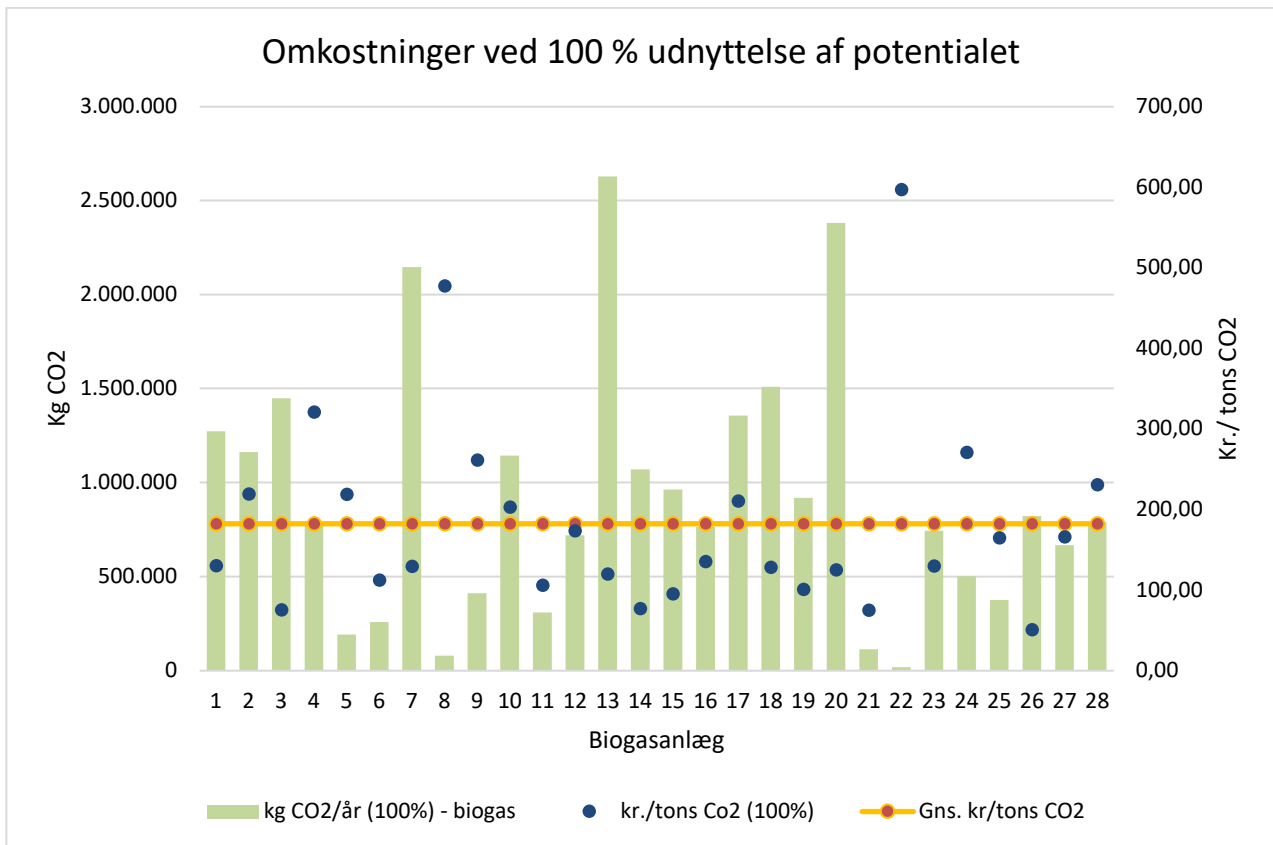
På baggrund af leverandørens vurdering er den generelle betragtning, at omkostningerne til at opnå reduktion i metanemission, ved langt de fleste anlæg, vil være lavere end de 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, som opgraderet biogas til gassystemet er værdisat til.

#### 4.6. Hyppigere udslusning som klimatiltag

Hyppigere udslusning er nævnt som et muligt virkemiddel og klimatiltag i Klimarådets rapport om klimatiltag, med tilhørende CO<sub>2</sub> skyggepris.

Ud fra omkostningerne til reduktionen i klimagasser i forhold til andre tiltag på området (Klima, Energi og Forsyningsministeriet, 2020), vurderes det, at hyppig udslusning af gylle vil være et billigt tiltag til CO<sub>2</sub>-reduktion. Klimarådet har beregnet en marginalomkostning på 1.500 kr. per ton reduceret CO<sub>2</sub> frem mod 2030 (Klimarådet, 2020), og at en pris under 400 kr. per tons CO<sub>2</sub>-reduktion vurderes at være billig.

I projektet er der gennemgået den faktiske pris ved implementering af tiltag til hyppigere udslusning. Potentialet, CO<sub>2</sub>-reduktionspris pr. anlæg og den gennemsnitlige CO<sub>2</sub>-reduktionspris er vist i Figur 14 fordelt på de enkelte biogasanlæg.



Figur 14: Omkostninger i kr./tons CO<sub>2</sub> ved hyppigere udslusning for 100% opnåelse af CO<sub>2</sub> potentialer. Der ses en gennemsnitlig omkostning på ca. 180 kr./tons CO<sub>2</sub>. Nogle anlæg har høje omkostninger med et lavt CO<sub>2</sub>-besparelsespotentiale, fx 8 og 22, og skyldes fx at der praktiseres hyppig udslusning i forvejen.

Som det fremgår af Figur 14, er den gennemsnitlige omkostning ca. 180 kr. pr. tons reduceret CO<sub>2</sub>, hvis der ses på alle anlæggene samlet. Nogle anlæg har meget højere CO<sub>2</sub>-reduktionspriser, og det kan skyldes at anlæggets leverandører allerede praktiserer hyppig udslusning, eller der skal investeres i fx nye afhentnings-tanke, som betegnes som en stor omkostning.

Den præsenterede CO<sub>2</sub>-reduktions pris på 180 kr./ton CO<sub>2</sub> er lav, og tiltaget om hyppigere udslusning bør derfor undersøges nærmere for de leverandører, som har meget lave CO<sub>2</sub>-reduktions omkostninger. Det skal dog nævnes, at omkostningen svinger meget fra anlæg til anlæg. Det ses i Figur 14 ved fx at sammenligne anlæg 3 og anlæg 22.

#### 4.7. Øget omkostninger for biogasanlægget ved hyppigere udslusning

Udover omkostningerne ude hos leverandørerne, er det i projektet vurderet, hvilke udgifter der kan opstå på biogasanlæggene, hvis barrieren for hyppigere udslusning fra kummerne er, at afhentningstanken hos leverandøren fyldes helt før afhentning. Løsningen på dette vil være hyppigere afhentning af biogasanlægget, hvilket er beskrevet nærmere i Afsnit 9.3.

De omkostninger, der relaterer sig til hyppigere afhentning, kan fx være øget forbrug af vaskevand samt, øget tidsforbrug til rengøring af lastbiler. Rengøring af lastbiler er vigtigt af hensyn til ikke at sprede bakterier og vira fra én bedrift til en anden. I biogasrapporterne er der indsat et overslag over, hvad det potentielt vil

påføre biogasanlægget af udgifter at praktisere hyppigere afhentning på baggrund af de rutiner, de har for vask af biler på nuværende tidspunkt, og under fremtidig praksis med hyppigere afhentning.

Antages det, at biogasanlægget praktiserer vask af lastbiler ved skift af leverandør, vurderes det, at hyppigere afhentning vil have betydning for forbruget af vaskevand til rengøring. Beregningen er lavet ud fra den gennemsnitlige leverede mængde svinegylle for de 28 deltagende biogasanlæg, hvilket svarer til 75.000 tons/år. Beregningen, som fremgår af Tabel 8, viser vandforbruget ved vask af lastbiler ved nuværende drift, hvor der vaskes ved skift af leverandør, som estimeres til vask ved hvert andet læs. Det årlige vandforbrug i gennemsnit per anlæg til vask af lastbiler er derved beregnet til ca. 115 tons.

Tabel 8: Beregning af vandforbrug med tilhørende udgift ved vask af lastbiler ved **nuværende** drift.

Tons svinegylle årligt i gns. per anlæg	Antal læs (39 tons/læs)	Hvor ofte vaskes	Antal årlige bilvask	I alt
75.000 tons	1.923 læs	Ved skift af leverandør	962 Stk.	
Vandforbrug	20 liter/min			115 tons/år
Tidsforbrug til vask	6 min/gang			96 timer
Timeløn og omkostning	250 kr./time			24.038 kr./år
Omkostninger ved vandforbrug (ved 23 kr./m <sup>3 9</sup> )				2.654 kr./år
Totale omkostninger til bilvask				26.692 kr./år
Omkostninger pr. bilvask				27,7 kr./vask

Ved hyppigere udslusning skal der også vaskes biler oftere. Beregningen som fremgår af Tabel 9, viser vandforbruget ved vask af lastbiler ved fremtidig drift, forudsat at der vaskes efter hvert læs, da hyppigere afhentning vil betyde hyppigere skift mellem leverandører. Dette medfører ca. en fordobling i mængden af vaskevand og timeforbrug til vask af lastbiler.

Tabel 9: Beregning af vandforbrug med tilhørende udgift ved vask af lastbiler ved **fremtidig** drift.

Tons svinegylle årligt gns. per anlæg	Antal læs (39 tons/læs)	Hvor ofte vaskes	Antal årlige bilvask	I alt
75.000 tons	1.923 læs	Ved hvert læs	1.923 Stk.	
Vandforbrug	20 liter/min			231 tons/år
Tidsforbrug til vask	6 min/gang			192 timer
Timeløn og omkostning	250 kr./time			48.077 kr./år
Omkostninger ved vandforbrug (ved 23 kr./m <sup>3 9</sup> )				5.308 kr./år
Totale omkostninger til bilvask				53.385 kr./år
Omkostninger til vask pr. bilvask				27,8 kr./vask

Vask af tankbiler udføres normalt samtidig med at lastbilen fyldes med afgasset gylle, og kan det helt eller delvis holdes indenfor dette tidsrum, vil øget tidsforbrug til vask være minimal. Udgiften til timeløn kan variere, og ved leje af vognmand til at transportere gyllen, vil det være en højere udgift, fordi de holder stille til fuld timeløn, med mindre det indgår som en del af fast pris per tons.

<sup>9</sup> DANVA 2017 – uden afledning af spildevand.



Udover det øgede vandforbrug kan en udfordring, ved at praktisere hyppigere afhentning, være et øget planlægningsbehov. I stedet for at hente flere læs fra samme leverandøradresse én dag, skal der hentes fra 2-3 leverandøradresser samme dag. Derudover kræves det, at biogasanlægget har oplysninger på ejendomsniveau omkring den ugentlige gylleproduktion, samt tankstørrelser, for at sikre at gyllen afhentes, når den er frisk. Det vurderes umiddelbart, at planlægningsarbejdet kan indarbejdes i den daglige rutine, og vil derfor ikke have nogle yderligere omkostninger for biogasanlægget. Planlægningen vil også kunne afhjælpes med et IT-system.

## 5. Vandindhold i gylle

Vandindholdet i gylle er relevant at undersøge nærmere, da der både vil være en øget CO<sub>2</sub>-gevinst ved reduceret transportmængde, samt en mulighed for at afgasse mere gylle på biogasanlægget, hvis vandet ikke optager plads på anlægget. Yderligere kan vaskevand også optage kapacitet i afhentningstanke, der medfører at hyppigere udslusning ikke kan praktiseres, hvis der er en meget lille afhentningstank.

Når en staldsektion tømmes for grise, er det, af hygiejne- og smittebeskyttelsesmæssige årsager, nødvendigt at vaske og udtørre sektionen, før et nyt hold grise sættes ind.

Den ideelle procedure er:

1. Sektionen tømmes for dyr
2. Gyllen sluses ud til biogas
3. Iblødsætning af sektionen
4. Sektionen vaskes
5. Vaskevand udsluses og ledes udenom biogasaafhentningstank
6. Sektionen udtørres
7. Næste hold grise indsættes.

I praksis er de typiske udfordringer gyllerørsystemets udformning og funktionalitet. Et gyllerør forbinder staldanlægget (flere sektioner) med afhentningstanken (biogasaafhentningssted) som et lukket system, se scenarie 1 i Figur 15. Hos en del leverandører er det fysisk muligt at fraseparere vaskevandet, men dette bliver ikke udført i nu-drift, idet man skal ud til gyllepumpen og manuelt omskifte overpumpningsretningen for gyllen fra stalden imellem afhentningstank til biogas og lagertanken.

Vaskevand og gylle kan ikke adskilles hvis:

- Gyllesystemet er opbygget således, at såvel gylle som vaskevand alene, skal håndteres via afhentningstank.
- Der ikke er beholder/ledningsforbindelse til beholder med afgasset gylle eller anden beholder, hvortil vaskevand kan pumpes.
- Kapaciteten af afhentningstanken er stor, dvs. at afhentningstanken ikke kan tømmes helt før håndtering af vaskevand.
- Hvis der er behov for udslusning af gylle fra andre staldafsnit, inden vaskevandet kan håndteres.

- Hvis der er mange staldafsnit med små gyllekummer, så der er behov for at udsluse gylle fra andre staldafsnit til afhentningstanken, inden vaskevandet lukkes ud.

Idealet er, at gyllesystemet er udformet således, at det er muligt at lede vaskevandet udenom afhentningstanken/biogasafhentningstanken, se scenarie 2 & 3 i Figur 15:

Løsningsmuligheder:

- Et T-stykke med 2 ventiler og en pumpe samt separat rørforbindelse til lagertanken eller vaskevandstank.
- Et T-stykke med 2 ventiler og en lille pumpebrønd med dykpumpe samt separat rørledning til lagertank eller separat vaskevandstank.

Indhentede priser på disse systemer ligger på 20-21.000 kr. og løsningen består enten af et T-stykke på udslusningsrør, 2 ventiler og en tørtopstillet pumpe, alternativt med en lille pumpebrønd med dykpumpe. Dertil kommer pumpeledning, der prissættes individuelt afhængigt af afstanden til lagertanken. Løsningen bør kunne fjernbetjenes inde fra stalden og ventilernes position bør kunne ses fra staldvinduet. Det reducerer risiciene for fejlbetjening.

Man skal dog være opmærksom på, at hvis disse løsninger implementeres, vil det også kræve en ekstra arbejdsindsats at foretage denne pumpning – det formodes dog at være af ret lille størrelse. Det skal også bemærkes, at det ikke er alle steder løsningen kan implementeres, fx i de tilfælde, hvor lagertanken til gylle ikke forefindes på lokaliteten, men er placeret decentralt.

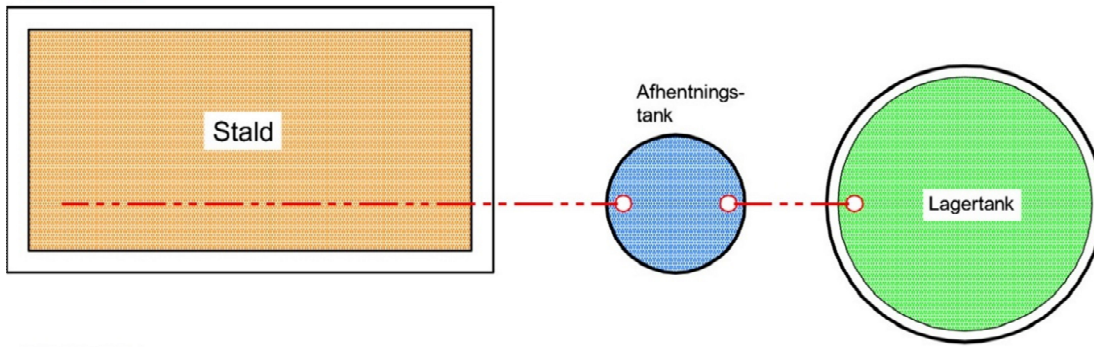
Ved gennemgang hos leverandørerne, er det blevet oplyst om vaskevandet skylles ud med gyllen, eller ej. Størstedelen af leverandørerne har ikke en forbindelse til fraseparering af vaskevand, hvorfor det bliver skyllet ud i afhentningstanken sammen med gyllen og dermed øger den samlede mængde, der skal transporteres, samt sænker tørstofindholdet i gyllen. Antal leverandører, der anvender vaskevand, er vist i Tabel 10.

Tabel 10: Leverandørplysninger ift. vaskevand i gyllen. Det ses at størstedelen af leverandørerne har vaskevand i gyllen, mens kun en lille andel fraseparerer vaskevand.

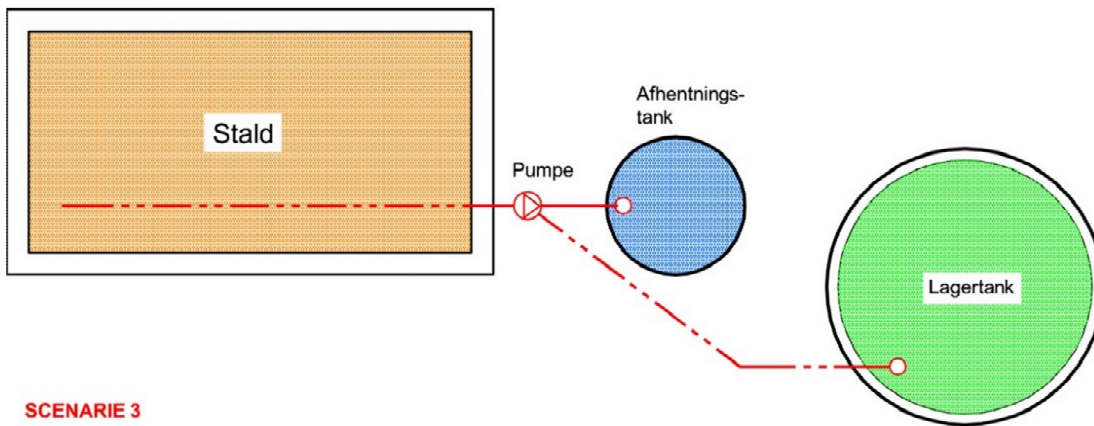
	Har vaskevand i gylle	Har pumpeforbindelse mellem afhentningstank og lagertank	Bruger pumpeforbindelse til fraseparering af vand
Antal leverandører	338	202	58
% af leverandører	83	50	14
Tons vaskevand	134.315	59.695	-
% (spredning)	6,3 (0 – 31,3)	-	-

Som det ses af Tabel 10, er der 338 leverandører eller 83 %, der leverer vaskevand i gyllen. Der er 67 leverandører, der ikke leverer vaskevand i gyllen til biogasanlægget, heraf har de 58 en pumpeforbindelse der muliggør fraseparering af vaskevand. De resterende 9 leverandører vasker enten ikke deres stalde, eller får vaskevandet separeret fra, ved at biogasselskabet flytter vaskevandet med tankbilen, når staldene er vasket.

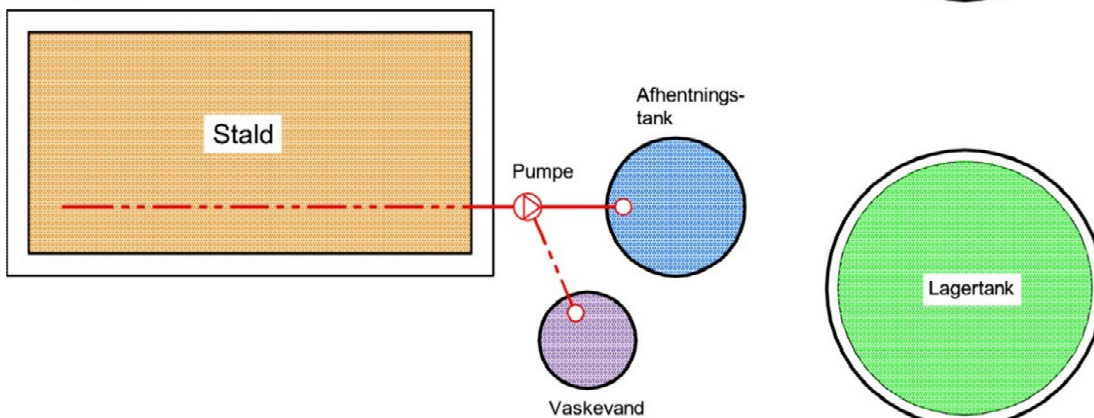
### SCENARIO 1



### SCENARIO 2



### SCENARIO 3



Figur 15: Eksempler på mulige løsninger til fraseparering af vaskevand i stalde. Scenarie 1 fraseparerer ikke vaskevand. Scenarie 2 leder vaskevandet udenom afhentningstanken og ledes direkte til en lagertank. Scenarie 3 har en separat tank til lagring af vaskevand.

Det anbefales, at opmærksomheden øges på muligheden for at fraseparere vaskevand ved at investere i anlæg til fraseparering af vaskevand, hvor dette er muligt. Det vil både hæve tørstofindholdet og sænke mængden der skal transporteres til biogasanlægget.

Potentialet for reduktion af vandspild kan reelt være højere end det potentiale, der er præsenteret i denne rapport. Dette skyldes, at der i projektet blot er medtaget forbrug af vand ved vask, men ikke vandspild og overbrusning, som også kan være relevant at undersøge nærmere.

## 5.1. Betydning af omrøring i afhentningstanken inden afhentning

I forbindelse med leverandørbesøget er det undersøgt, om leverandøren havde omrøring i afhentningstanken. Omrøring af afhentningstanken er vigtig, for at opnå en homogen vare, der er med til at sikre, at biogas-anlægget får alt tørstoffet ind på anlægget, og ikke i stedet bundfældes i afhentningstanken. Dette kan især være aktuelt, hvis afhentningstanken er meget stor. Derudover kan gyllens homogenitet også have betydning for, hvor lang tid det tager at fylde tankbilen.

Hos nogle biogasselskaber udtages tørstofprøver af hvert enkelt læs. Disse prøver viser, at der kan være betydelige variationer i tørstofprocenterne ved afhentning af flere læs fra den samme tank hen over en dag, fx er der observeret målinger på 1,80 % tørstof i et læs og 4,32 % tørstof fra sogylle fra et andet læs fra samme tank, på samme dag. Som det fremgår af Tabel 11 er det 41 % af den leverede gylle, der ikke omrøres før levering. 8 % af gyllemængden omrøres med pumpe mens 51 % omrøres med en omrører, der er installeret i afhentningstanken.

Tabel 11: Typer af omrøring i afhentningstank med tilhørende andel fordelt på dyregrupper. 41 % af afhentningstankene omrøres ikke inden afhentning af gyllen.

	Slagtesvin	Smågrise	Drægtige søer	Faresøer	Alle
Der omrøres ikke	47,1	43,3	25,3	20,7	41,0%
Omrører	45,5	47,7	67,2	73,3	51,0%
Pumpe	7,4	8,9	7,5	6,0	8,0%

Hos nogle få leverandører kan omrøreren startes af chaufføren, der afhenter gylle for biogasanlægget, og som via telefonen kan sende en besked til omrøreren om at starte. Det er også muligt at få en status på, hvor niveauet i tanken er via en besked på telefonen.

Som nævnt tidligere har omrøring en betydning for fyldetiderne af tankbilen. Jo tykkere gylle, des længere fyldetider. Der er eksempler på, at det kan tage op til 15 minutter at fylde et læs, fordi gyllen var meget tyk. Ved omrørt gylle tager det ca. 5-7 minutter at fylde tankbilen, men hvis ikke gyllen er omrørt, og der er flere læs i afhentningstanken, kan det tage lang tid med det sidste læs, fordi det indeholder en stor del af tørstoffet, som er bundfældet. Manglende omrøring af afhentningstanken før afhentning af gyllen få såvel bundfældet- som flydelagsmateriale til at ophobe sig i tanken.

Størrelsen på afhentningstanken er betydende for gyllens alder, og dermed hvor meget lagdeling der opstår, hvor variationer i gyllens viskositet kan forekomme. I Tabel 12 er præsenteret størrelsen på tankene, samt om der er omrøring eller ej.

Tabel 12: Omrøring og størrelse på afhentningstank. Der er større tendens til ingen omrøring i små afhentningstanke. Kategorien > 500 tons indgår også i kategorien > 3 læs. Der er en særlig udfordring med hyppigere udslusning til meget store tanke.

Størrelse afhentningstank	Omrøres ikke	Omrører	Pumpe	Alle
< 1 læs	132	22	12	166
1-3 læs	37	58	13	108
> 3 læs	33	89	9	131
<b>Total</b>	202	169	34	405
Meget store tanke i kategorien > 3 læs (> 500 m <sup>3</sup> )	13	26	1	40

I Tabel 12 ses, at der i alt er 202 af tankene (ca. 50%), der ikke omrøres før der afhentes gylle. 132 af disse (ca. 33 %) er tanke, der har et volumen, der er mindre end et læs – altså hvor kummerne bliver udsluset samtidig med, at der afhentes gylle. Det er i sig selv en forklaring på, at de ikke omrøres, idet gyllen ved udslusning opnår en vis homogenitet i sig selv og blandes i lastbilen via indpumpning. Og idet der ikke kan være et helt læs i afhentningstanken, kan alt gyllen ikke blive omrørt.

34 tanke (8 %) bliver omrørt med en pumpe i tanken. En pumpe har ikke samme omrører-effekt, som en installeret mekanisk omrører, hvorfor det primært er mindre tanke (< 3 læs), der omrøres med pumpe.

169 tanke (42 %) omrøres med en propel omrører, der er installeret i tanken.

Ud af tankene, der er større end 3 læs (131 stk. eller 32 %), er der 40 tanke (10 %) der er større end 500 m<sup>3</sup>. Det er typisk oprindelige lagertanke, der anvendes til afhentningstank. 13 af disse omrøres ikke, hvilket vil give en uhomogen gylle – som kan variere meget i tørstofprocent fra læs til læs.

Små afhentningstanke er en barriere for at omrøre gyllen og kan være en medvirkende årsag til meget svingende tørstofprocenter. Ligeledes kan meget store afhentningstanke resultere i en uhomogen gylle, i det de på grund af en stor diameter kan være vanskelige at omrøre grundigt nok.

## 6. Temperatur i gyllekanaler

Temperaturen i gyllekanaler er afgørende for metanemissionen og hvilken effekt, der kan opnås ved hyppig udslusning. Ved høje temperaturer vil effekten af hyppig udslusning således kunne være højere end ved lavere temperaturer. Endvidere er effekten af gyllekøling afhængig af, hvor meget temperaturen kan sænkes.

Formålet med temperaturmålingerne er at fastslå, hvilke temperaturer, og hvilke variationer, der findes i praksis da hidtidige undersøgelser er sparsomme. Endvidere er målet at vurdere, hvor effektiv gyllekøling er til at reducere temperaturen, således at effekten af gyllekøling kan vurderes.

For at få et bedre grundlag til at estimere gyllens temperatur i gyllekummerne, er der udført en undersøgelse, hvor temperaturfølere ligger nede i gyllekummer i en længere periode. Aarhus Universitet, har med bistand fra Byggeri & Teknik opsat temperaturmålere, der logger temperaturdata fra gyllekummer hos leverandører, som er med i projektet.

Der er monteret 12 temperaturfølere med logger-funktion ved 7 leverandører til biogasanlæg. Loggerne er monteret i perioden 3/9 2019 til 31/11 2020.

Temperaturmålerne (Figur 16) er placeret i bunden af kanalerne, der typisk er lidt koldere end overfladen. Det forventes, at det i forhold til metanproduktion, er temperaturerne i bunden der er vigtigst. Det skyldes, at miljøet i bunden af tanken er mere iltfri end i toppen, samtidig med at tørstof sedimenterer, hvorved det organiske tørstofindhold er størst. Der er gennemført et forsøg, hvor målerne sidder i en flyder, der følger overfladen af gyllen for at vurdere forskellen mellem bund og overflade i løbet af fyldningen af en gyllekumme.

Hos 3 af leverandørerne er der gyllekøling, hvoraf den ene har 2 identiske stalde, hvor der er gyllekøling i den ene, medens den anden ikke har gyllekøling, hvilket giver mulighed for at vurdere effekten af gyllekølingen.

Der er udtaget prøver fra de stalde, hvor der er monteret følere, og prøverne er afgasset i en kortere periode til bestemmelse af metanudvikling, ved de temperaturer der er registreret på tidspunktet for montering af målerne. For nogle af prøverne er der igangsat forsøg ved temperaturer, der er højere eller lavere end det registrerede, for at vurdere temperatureffekten.

Temperaturen er målt med hhv. omega 10 med indbygget chips og logger (se Figur 16) eller med campbell science PT 100 føler.

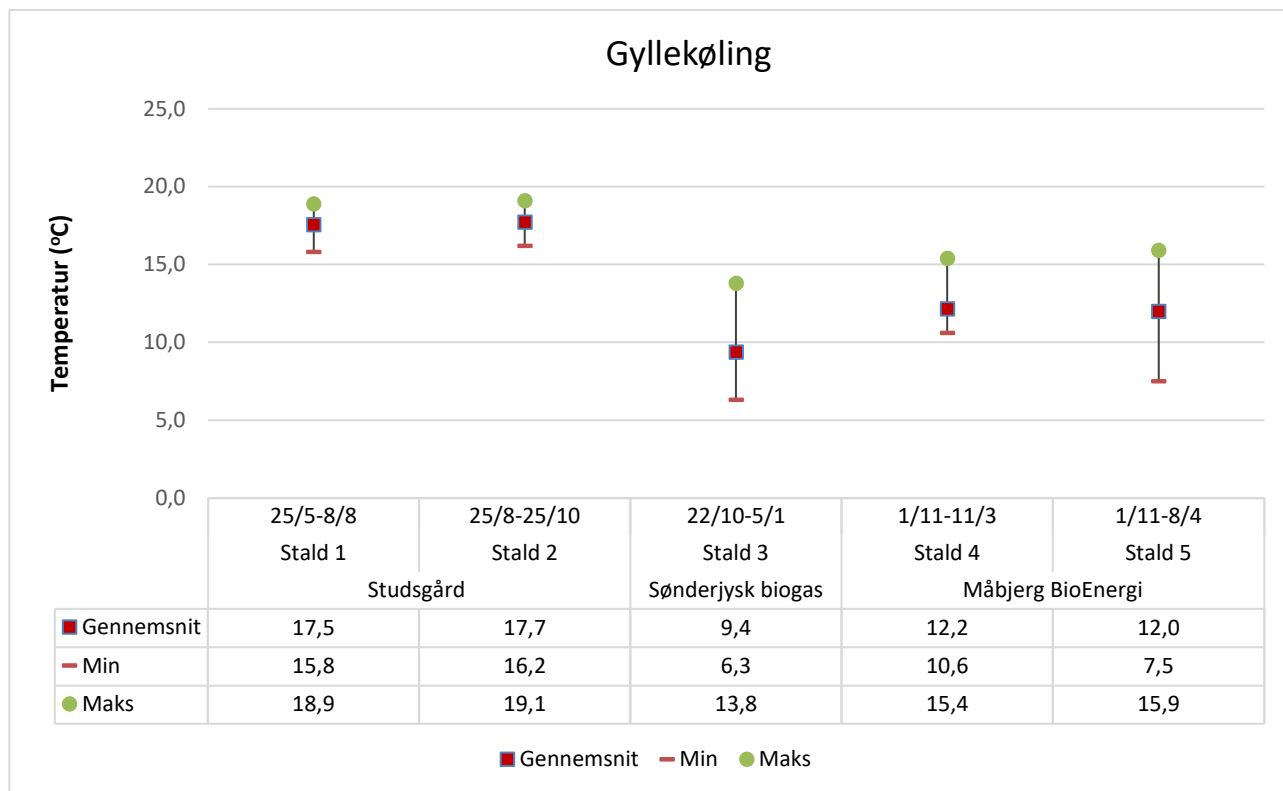


Figur 16: Temperaturmåler af typen Omega 10 med indbygget chip.

## **6.1. Temperaturer ved gyllekøling**

Der er tidligere gennemført målinger af gylletemperatur i forbindelse med test af gyllekøling som miljøteknologi til reduktion af ammoniak (Holm & Hansen, 2016; Holm et al., 2017), samt i forbindelse med EUDP-projektet "Præ-proces biogas til energi" (Møller et al., 2019). I Holm & Hansen (2016) blev gylletemperaturen målt i 1) toppen og 2) bunden. I kontrolstalden var den gennemsnitlige gylletemperatur 18,6 °C i toppen og 17,3 °C i bunden. I stalden med gyllekøling var gylletemperaturen 14,9 °C i toppen og 11,6 °C i bunden. I Holm et al. (2017) blev gylletemperaturen målt i to slagtesvinestalde med gyllekøling i 1) toppen, 2) 10 cm over bunden og 3) bunden. I stalden med gyllekøling blev den gennemsnitlige gylletemperatur i punkt 1, 2 og 3 målt til 17,1, 16,7 og 14,9 °C og kontrolstalden til 19,7, 19,1 og 19,5 °C. Dette svarer til en temperatur sænkning på ca. 3 °C.

I nærværende projekt er der monteret målere i 5 stalde med gyllekøling, og data er indsamlet. Alle målingerne er foretaget i bunden af gyllekanalen. Resultaterne fremgår af Figur 17. Det fremgår, at der er varierende temperaturer mellem stalde. I stald 1 og 2 er der kun data fra sommerperioden, og da bedriften har begrænset varmebehov, er der kun nedkølet til i gennemsnit 17,6 °C fra ca. 20,7 °C, svarende til ca. 3 °C for de 2 perioder, hvor data er indsamlet. I meget varme perioder kører varmepumpen til afkøling generelt kun meget lidt, hvis bedriften ikke har et varmebehov i denne periode. I stald 3, 4 og 5 er målingerne taget på bedrifter med et stort varmebehov, hvorved der er bedre økonomi ved at køre med gyllekølingen. I disse 3 stalde ligger temperaturen i gennemsnit på under 12,2 °C som er ca. 5 °C lavere, end hvad der er observeret i tilsvarende stalde uden gyllekøling i samme periode. Der er således en væsentlig temperatursænkning. Reduktionen er i nærværende undersøgelse større end fundet af Holm & Hansen (2016) for stald 3, 4 og 5.



Figur 17: Temperaturer i gyllekanaler med gyllekøling. I stald 1 og 2 kører køling efter varmebehov på bedrift med begrænset varmebehov. I stald 3, 4 og 5 kører køling maksimalt det meste af året, da der er stort varmebehov. Alle stalde har slagtesvin.

I nærværende undersøgelse er der etableret gyllekølingsanlæg i stalde hos 71 leverandører svarende til 17,5 % af leverandørerne. Dette betyder at ca. 353.000 tons gylle (16,7 %) leveres fra kummer, hvor der er etableret gyllekøling. Dette er interessant i forhold til anbefalingerne af, hvornår hyppigere udslusning bør foretages. Såfremt temperaturen er lavere i gyllekummen end i afhentningstanken, vil metanemissionen være lavere når gyllen opbevares i stalden end i afhentningstanken. Dette betyder, at gyllen med fordel kan holdes i stalden, indtil afhentning finder sted, frem for en udslusningsstrategi, der medfører, at gyllen opholder sig i afhentningstanken i længere tid.

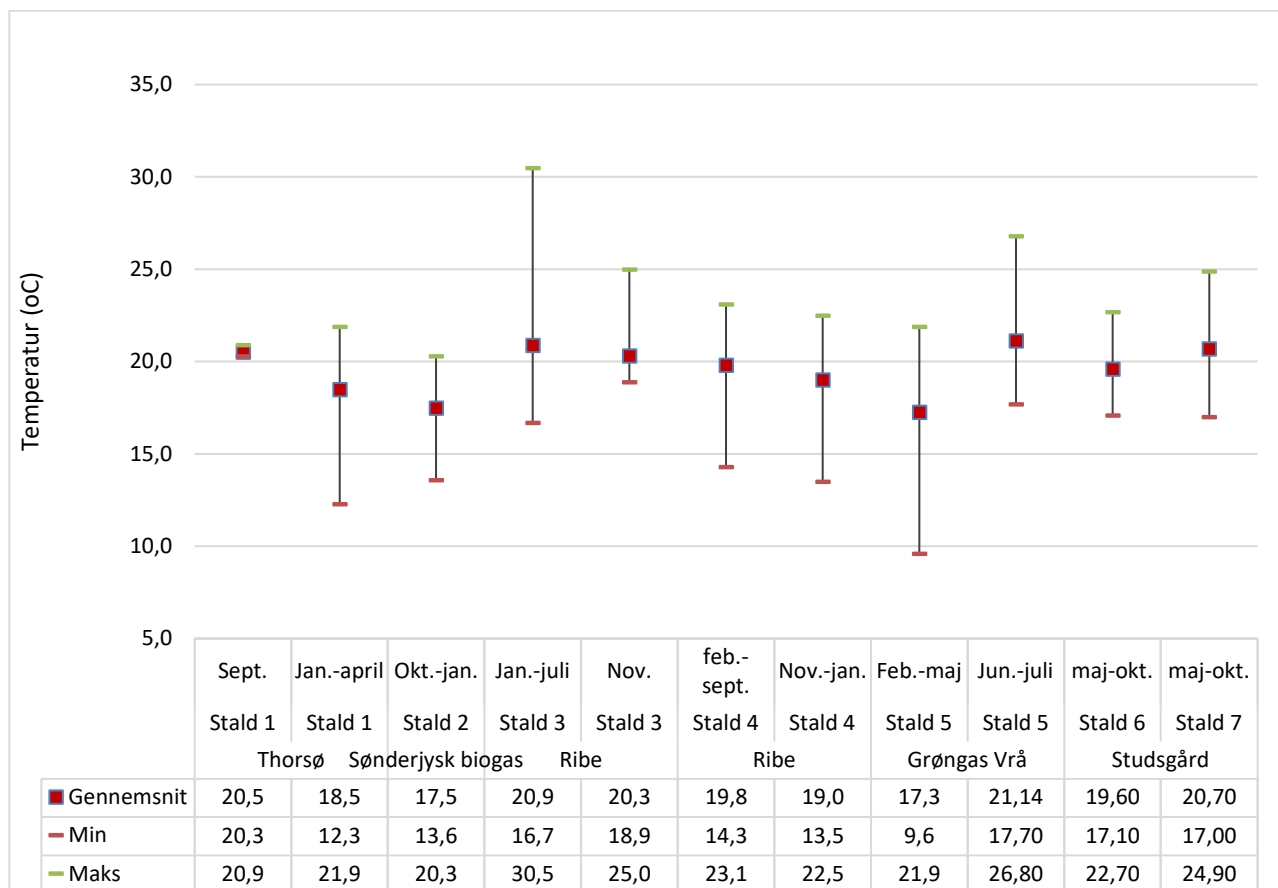
## 6.2. Temperaturer i gyllekanaler

Der er tidligere udført flere undersøgelser af gylletemperaturen i svinestalde (Holm & Hansen, 2016; Holm et al., 2017, Møller et al., 2019). I Mikkelsen et al. (2016) bliver der anvendt en temperatur på gylle i svinestalder på 18,6 °C. I Møller et al. (2019) blev der målt gylletemperatur i en slagtesvinestald, en farestald og en løbestald i perioden fra marts til juli 2017. I slagtesvinestalden blev der målt gylletemperaturer mellem 18-24 °C, i farestalden mellem 18-22 °C og løbestalden mellem 16-22 °C, hvor de højeste gylletemperaturer blev målt i den varme periode fra maj til juli. Målingerne i slagtesvinestalden viser endvidere, at der er en korrelation mellem staldtemperaturen og gylletemperaturen, hvor gylletemperaturen i gennemsnit er ca. 1 °C lavere end staldtemperaturen.

I nærværende projekt er der målt gylletemperaturer i 7 stalde og gennemsnitstemperatur samt min. og max. temperaturer er vist i Figur 18. 3 målinger viser et lavere gennemsnit end de 18,6 °C, der i dag anvendes som gennemsnit, medens 8 gennemsnitsmålinger ligger over, hvoraf 5 af målingerne ligger over 20 °C. Det har



med de indsamlede data ikke været muligt at drage konklusioner om hvilke staldforhold, der har betydning for gennemsnitstemperaturen. I gennemsnit er temperaturen af alle målinger 19,6 °C. Der er således indikationer på, at de 18,6 °C, der i dag anvendes som gennemsnit for alle stalde kan være ca. 1 °C højere, og hvis dette er tilfældet, vil effekten af hyppigere udslusning være højere end tidligere antaget.



Figur 18: Temperaturer i 7 stalde opgjort i forskellige perioder. Stald 1: smågrise. Stald 2-5: slagtesvin. Stald 6: slagtesvin. Stald 7: Smågrise. Temperaturerne er logget en gang per time i måleperioderne, som er de angivne måneder over staldnummeret. Røde prikker angiver gennemsnitstemperatur, og fejllinjerne top og bund angiver minimum- og maksimumstemperaturen.

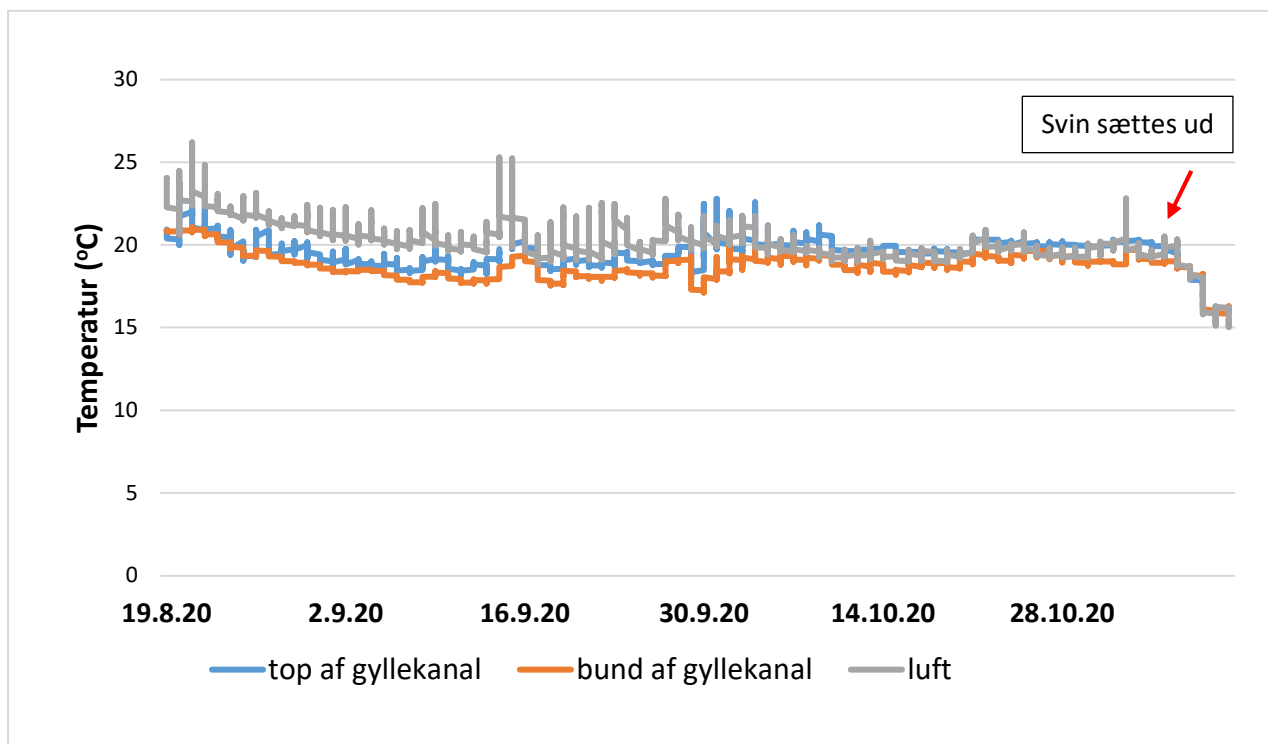
### 6.3. Temperaturmålinger i top og bund af gyllekanaler

Temperaturerne er målt i gyllekanalernes bund, da det anses for, at temperaturerne i den nederste del af gyllen er mest afgørende for metanemissionen, da det forventes, at den største del af de anaerobe processer finder sted i slamlaget i modsætning til ammoniakemissionen, hvor det er temperaturen i overfladen af gyllen, der er afgørende. I et forsøg, er der målt temperaturer i overfladen af gyllen, og i bunden, for at undersøge, hvor stor forskel der er. I den undersøgte stald udsluses gyllen med ca. 30 dages mellemrum.

Temperaturmålingerne fremgår af Figur 19, hvor det ses, at temperaturen er højere i overfladen af gyllen. I gennemsnit er temperaturen i overfladen ca. 19,5 °C medens den i bunden er 18,8 °C. Temperaturen er således 0,7 °C højere i overfladen i forhold til bunden. Da de anaerobe processer ikke udelukkende foregår i bunden, må det således forventes, at de registrerede temperaturer i bunden underestimerer den temperatur



der reelt er til stede. Det er imidlertid ikke muligt at fastsætte, hvor meget dette betyder i praksis. Lufttemperaturen er i gennemsnit ca. 20,3 °C og således 1,5 °C højere end gylletemperaturen i bunden af gyllekanalen.



Figur 19 Temperatur målinger i 2 niveauer af gyllen og i luft i en slagtesvinestald med traditionel udsugning, set over en periode fra 19. august 2020 til 28. oktober 2020. Temperaturen ved toppen af gyllekanalen er vist med blå, temperaturen på bunden af gyllekanalen er vist med orange og lufttemperaturen er vist med grå. Den røde pil markerer hvornår svinene sættes ud, hvorved temperaturen falder.

## 7. Emissionsforsøg fra gylle opsamlet i stalde

De beregnede emissionsopgørelser er udført for at vurdere niveauet, i et udvalg af stalde der leverer gylle til biogasanlæg, om de er i samme størrelsesorden, som de emissioner, der tidligere er opgjort for leverandører til Thorsø Miljø- og Biogasanlæg i 2015 (Petersen et al. 2016). Blandt de udvalgte stalde indgår 3 stalde med gyllekøling, samt en stald med tragtformede gyllekummer og en stald med render, som anvendes forsøgs-mæssigt ved AU-Foulum.

Der er udtaget gylleprøver på de bedrifter, hvor der samtidigt er monteret temperaturmålinger. Prøverne er taget ved at pumpe (Figur 20) ca. 10 liter gylle op i prøvebeholder og transportere det til et laboratorium, hvor der er blevet igangsat forsøg til måling af gasudvikling. Gasudviklingen er blevet målt over et døgn, som et udtryk for den metanemissionsrate, der finder sted i gyllekanalen.



Figur 20: Pumpe til prøvetagning fra gyllekanaler.

Der anvendes en metode, der svarer til en tidligere undersøgelse udført af Petersen et al. (2016), som betegnes en standardmetode.

Prøver på ca. 400 gram gylle blev overført til 3 inkubationsflasker. Flaskerne blev straks forseglet med butylgummiseptum, hvorefter de blev gennemblæstblæst med N<sub>2</sub> for at sikre anaerobe forhold. Flaskerne blev efterfølgende inkuberet ved den temperatur, der blev målt i gyllekanalen ved prøvetagningen. En del af prøverne blev desuden inkuberet ved temperaturer, der var højere eller lavere end den temperatur, der blev målt for at vurdere temperatureffekten. Efter 24 timer blev den producerede mængde gas målt og en gasprøve udtaget til bestemmelse af gassens indhold af CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub> ved gaskromatografi, for at kunne fastsætte mængden af metan, der blev produceret over et døgn.

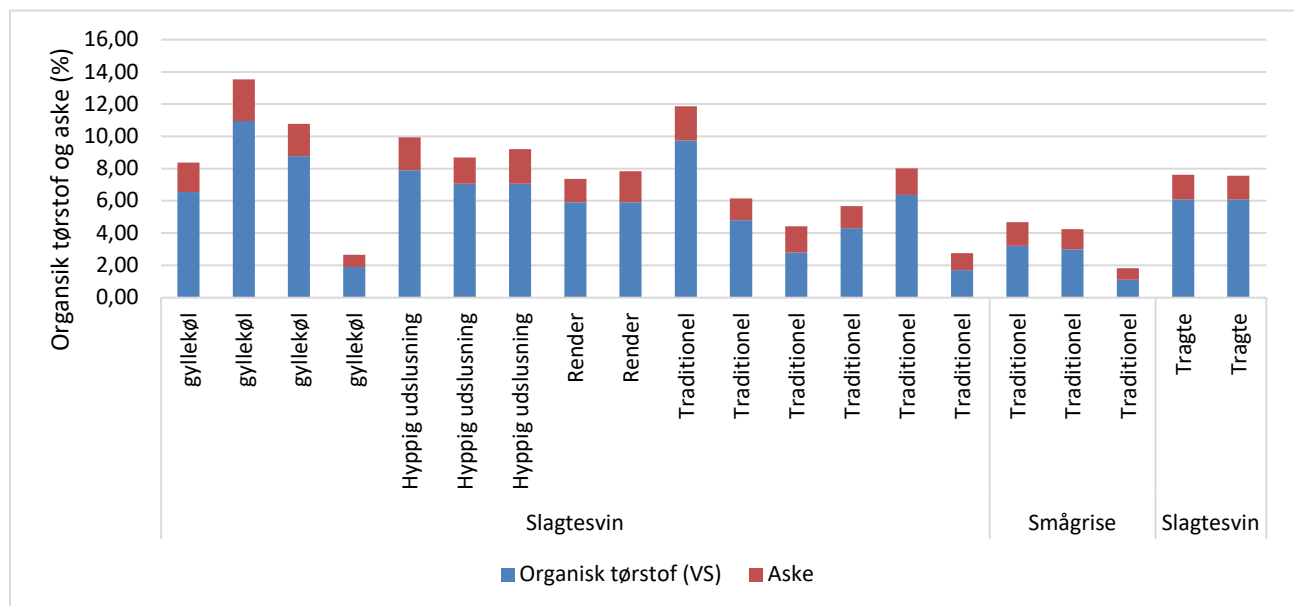
Tabel 13: Karakteristika for de indsamlede gylleprøver, gyllealder er tiden mellem udslusninger. Der er indsamlet data for slagtesvin og smågrise med tilhørende vægt, staldsystem, samt temperaturen i gyllen.

ID	Dato	Type	Staldsystem	Gyllealder Dage	Vægt af svin kg	Temperatur °C
1	03-09-2019	Smågrise	Traditionel	5,0	12,0	21,2
2	03-09-2019	Smågrise	Traditionel	50,0	25,0	22,3
3	17-10-2019	Slagtesvin	Traditionel	15,0	65,0	17,0
4	28-10-2019	Slagtesvin	Traditionel	20,0	40,0	19,0
5	28-10-2019	Slagtesvin	Gyllekøl	20,0	95,0	17,0
6	30-10-2019	Slagtesvin	Gyllekøl	14,0	30,0	15,0
7	30-10-2019	Slagtesvin	Gyllekøl	14,0	30,0	16,0
8	05-11-2019	Slagtesvin	Traditionel	14,0	85,0	20,0
9	05-11-2019	Smågrise	Traditionel	14,0	17,0	17,4
10	16-09-2020	Slagtesvin	Traditionel	4,0	45,0	19,9
11	16-09-2020	Slagtesvin	Gyllekøl	4,0	100,0	15,0
12	22-09-2020	Slagtesvin	Hyppig udslusning	3,0	25,0	18,4
13	30-09-2020	Slagtesvin	Hyppig udslusning	7,0	70,0	19,6
14	30-09-2020	Slagtesvin	Render	7,0	70,0	19,6
15	30-09-2020	Slagtesvin	Traditionel	40,0	70,0	19,6
16	30-09-2020	Slagtesvin	Tragte	2,0	70,0	19,6
17	09-09-2020	Slagtesvin	Hyppig udslusning	7,0	45,0	20,4
18	09-09-2020	Slagtesvin	Render	7,0	45,0	20,4
19	09-09-2020	Slagtesvin	Traditionel	20,0	45,0	20,4
20	09-09-2020	Slagtesvin	Tragte	2,0	45,0	20,4

## Analysér af prøver til emissionsopgørelse

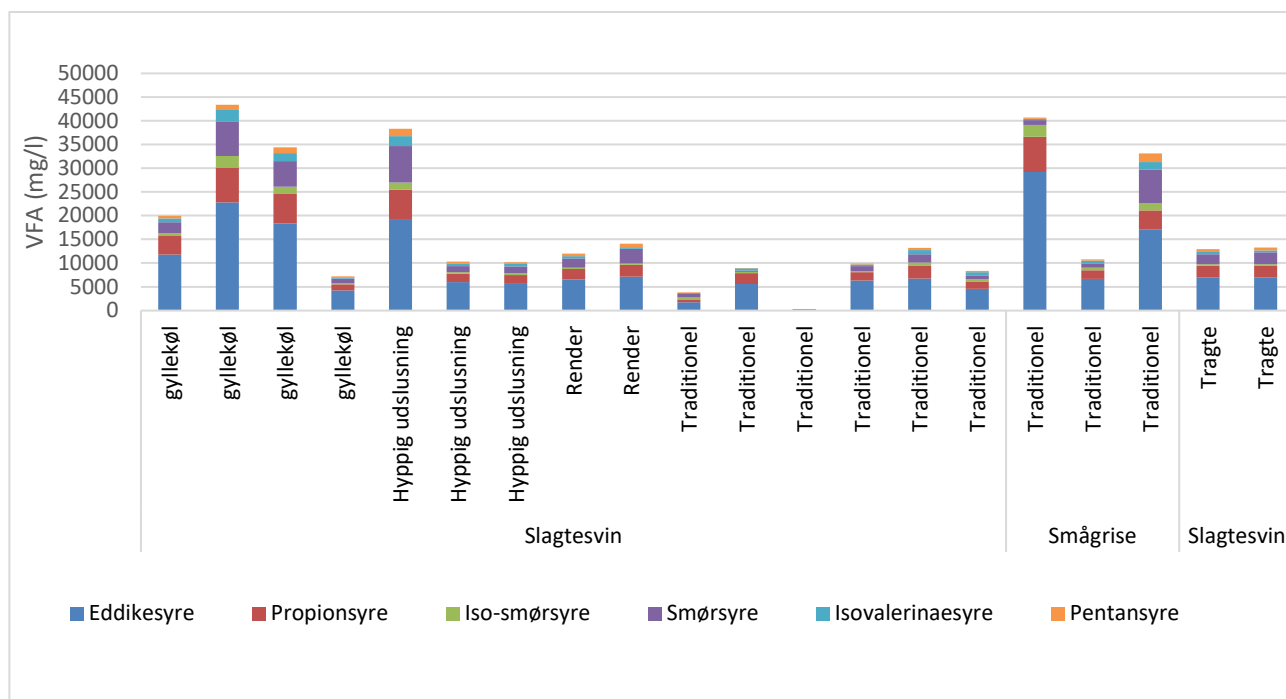
Der er foretaget en række analyser af de udtagne prøver herunder tørstof, organisk tørstof, aske og flygtige fede syrer (VFA). VFA er fx eddikesyre, propansyre, smørsyre mfl. og er restprodukter efter organisk materiale der nedbrydes både i husdyr, men også under lagring af gylle og i biogasprocessen. VFA bliver i sidste ende til metan af metanproducerende mikroorganismer.

Indholdet af tørstof er summen af organisk tørstof og aske. Ved tørstofbestemmelsen fordamper imidlertid en meget stor mængde af VFA og vægten af VFA bør derfor tillægges for at få det reelle tørstofindhold. Dette har størst betydning for gylle med lavt tørstofindhold, hvor VFA kan udgøre en betydelig del af tørstofindholdet. En oversigt over diverse staldtyper med tilhørende tørstofprocenter fremgår af Figur 21.



Figur 21: Indhold af organisk tørstof og aske i gylleprøver. Organisk tørstof + Aske betegnes også som det samlede tørstofindhold.

Det fremgår af Figur 21, at der er en betydelig variation i tørstofindholdet der varierer fra 1,8 % til 13,5 % med et gennemsnit på 7,21 %. Der er ligeledes en stor variation af VFA-indholdet der varierer fra 872 – 47.500 mg/l, se Figur 22.

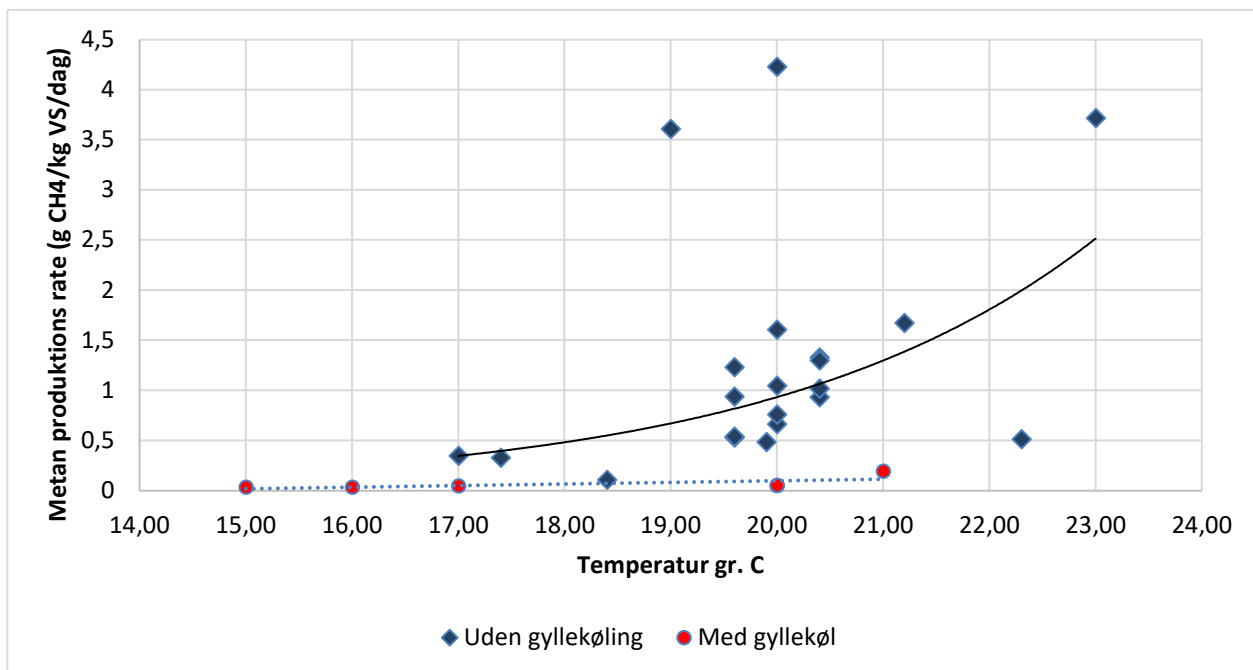


Figur 22: Indhold af flygtige fede syrer (VFA) i gylleprøver, samt typen af VFA. VFA omsættes til biogas i biogasanlægget, og skal lægges til tørstofindholdet, da disse oftest fordamper under en tørstofanalyse.

## 8. Metanemission

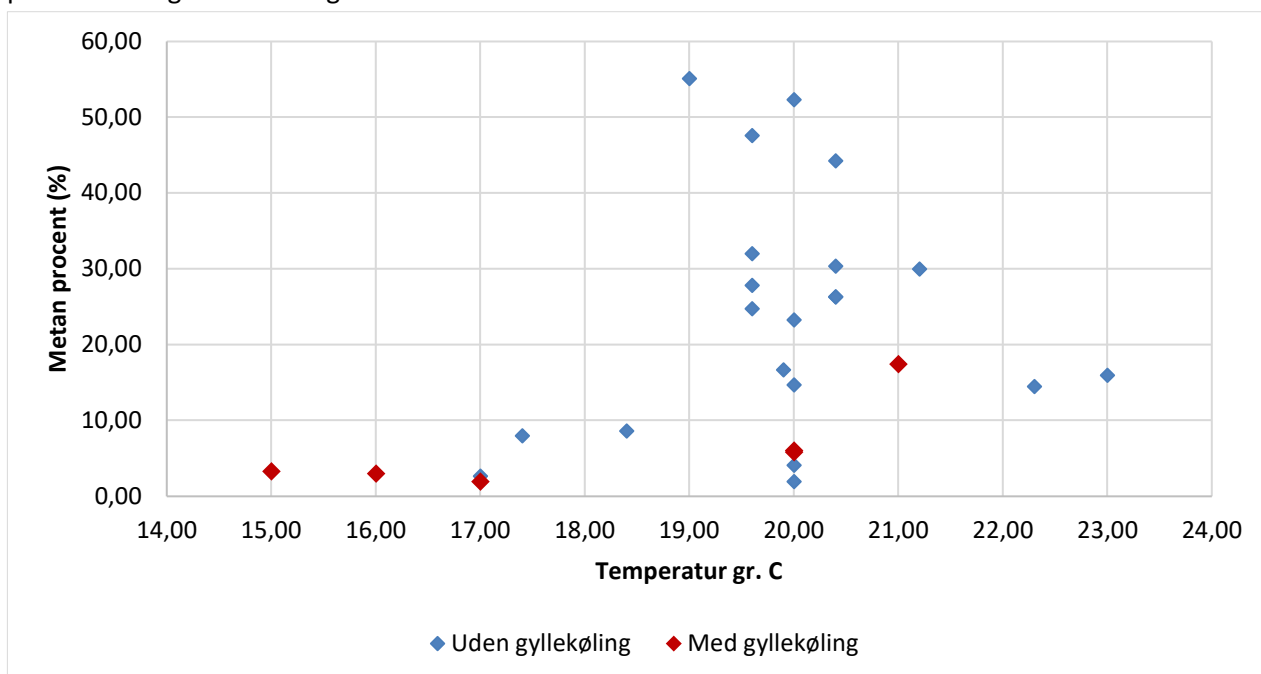
Metanproduktionsraten (MPR) er hastigheden for, hvor hurtigt metan dannes i gyllen, og er blevet målt over 24 timer for de udtagne gylleprøver. Hastigheden hvormed metan bliver produceret er vist i Figur 23. Der er stor variation i MPR, der varierer fra 0,1 - 4,23 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag, med et gennemsnit på 1,28 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag i stalde uden gyllekøling. Temperaturen anses for afgørende for størrelsen af MPR, men i nærværende undersøgelse, er der kun en svag sammenhæng, hvilket hænger sammen med, at der er en række andre faktorer, der spiller ind, herunder gyllealder, fodring, type af foder, vægt af svin mm. Den målte gennemsnitsværdi af MPR er lidt lavere end den værdi, der i dag anvendes til den nationale opgørelse på 1,56 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag (Mikkelsen et al. 2016). Tallene kan dog ikke helt sammenlignes, da den målte MPR i nærværende projekt er et øjebliksbillede af emissionen fra gyllekanaler med forskellige gyllealdrer, hvor tallet anvendt i den nationale opgørelse er den gennemsnitlige MPR over den periode, hvor gyllen opholder sig i gyllekanalen. Den observerede MPR er på samme niveau, som fundet af Petersen et al. 2016 der fandt 0,3 - 5,5 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag.

I stalde med gyllekøling, er der observeret meget lav MPR, og selv når den indsamlede gylle opvarmes til 21 °C er niveauet meget lavt i forhold til stalde uden gyllekøling. MPR i gylle fra stalde med gyllekøling har varieret fra 0,03 - 0,19 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag med et gennemsnit på 0,07 g CH<sub>4</sub>/kg VS/dag. I den forbindelse skal det understreges, at de undersøgte prøver er fra stalde, hvor temperaturen er lav, og at der findes flere stalde med gyllekøling, hvor der køles mindre og primært i de kolde perioder, hvor bedriften har et varmebehov. Undersøgelsen viser imidlertid, at gyllekøling til mindre end 17 °C er en meget effektiv metode til at reducere metantabet, og at emissionen forbliver lav, selv ved kortvarige temperaturstigninger op til 21 °C.



Figur 23: Metan produktionsrate i prøver. De 3 prøver med gyllekøling ved 20 og 21°C er sat over ved denne temperatur for at se effekt ved at hæve temperaturen fra temperaturen i gyllekanalen, der var 15-17°C ved prøvetagningen. Det ses, at prøver der har været nedkølet i stalden har tendens til lavere metanemission, selv efter temperaturen hæves.

Ved den anaerobe nedbrydning af organisk stof i gyllekanaler produceres en gas, der primært består af CH<sub>4</sub> og CO<sub>2</sub> og en mindre mængde H<sub>2</sub>S. Andelen af CH<sub>4</sub> i gassen er afgørende for størrelsen af MPR og i undersøgelsen er sammensætningen af den producerede gas bestemt med gaskromatografi. Metan procenten i den producerede gas er vist i Figur 24.



Figur 24: Metan procent i gas produceret fra gylleprøver. De 3 prøver med gyllekøling ved 20 og 21°C er sat over ved denne temperatur, for at se effekt ved at hæve temperaturen fra temperaturen i gyllekanalen, der var 15-17°C ved prøvetagningen. Metan procenten er målt under fuldstændigt iltfrie forhold ved at blæse med N<sub>2</sub> (Nitrogen) som er inert<sup>10</sup> under de anvendte forhold.

<sup>10</sup> Inert: En betegnelse for at et stof, der er til stede, ikke indgår i nogen form for kemisk reaktion med andre stoffer.

## 8.1. Biogaspotentialer

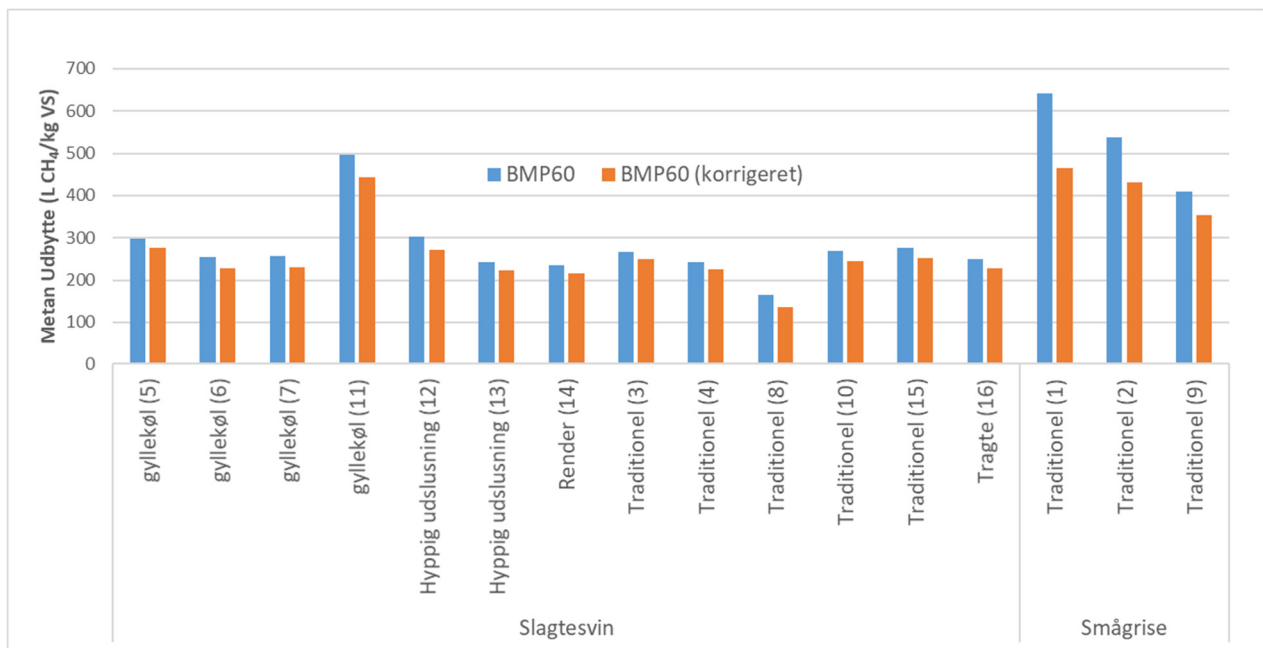
Der er udført forsøg til bestemmelse af metanpotentialer over 60 dage (BMP60) med henblik på at fastsætte værdien ved anvendelse til biogas. Metanudbyttet for de udtagne prøver er vist i Figur 25. BMP40 er beregnet med standardmetode (BMP40) og metode, hvor der korrigeres for VFA-indholdet (BMP60<sub>Korrigeret</sub>) ved at addere VFA indholdet til det organiske tørstofindhold. VFA udgør en del af det organiske stof (VS), men ved bestemmelsen af organisk stof fordamper størstedelen, hvorved koncentrationen af VS underestimeres.

Korrektion for afdampning af VFA giver dermed en mere korrekt værdi. Det fremgår, at der er en betydelig variation, der afspejler forskelle i gyllen, som følge af forskellig gyllealder, størrelse på svin, gyllekøling mm.

BMP40<sub>Korrigeret</sub> varierer således fra 163 til 483 L CH<sub>4</sub>/kg VS. Det er uklart, hvorfor en af prøverne med slagtesvinegylle giver et væsentligt lavere udbytte end de andre.

Det gennemsnitlige metanudbytte er 314, 267 og 445 L CH<sub>4</sub>/kg VS for hhv. slagtesvin med gyllekøl, slagtesvin og smågrise. Der er således en tendens til et højere gasudbytte fra smågrisegylle i forhold til slagtesvinegylle.

Generelt ligger udbytterne i samme niveau, som der regnes med i andre undersøgelser, hvor der oftest regnes med et udbytte på 290 L CH<sub>4</sub>/kg VS. Indtil videre er der imidlertid ikke regnet med en forskel på svinegylle, men undersøgelsen viser at udbyttet fra slagtesvinegylle med gyllekøl og smågrise er højere medens traditionel slagtesvinegylle ligger under.



Figur 25: Metanudbytte over 60 dage (BMP60). Den korrigerede BMP 60 er beregnet ved at addere VFA indholdet til det organiske stof ved beregningen. Numre i parentes henviser til ID nr. fra Tabel 13.

## 8.2. Temperatur i afhentningstanke

Udover temperaturfølere i stalde, er der monteret termometer på 4 tankbiler hos Grøngas Vrå, som anvendes til gylleleverancer. Målerne logger temperaturen i tankbilen, sender data til en Cloud, som kan

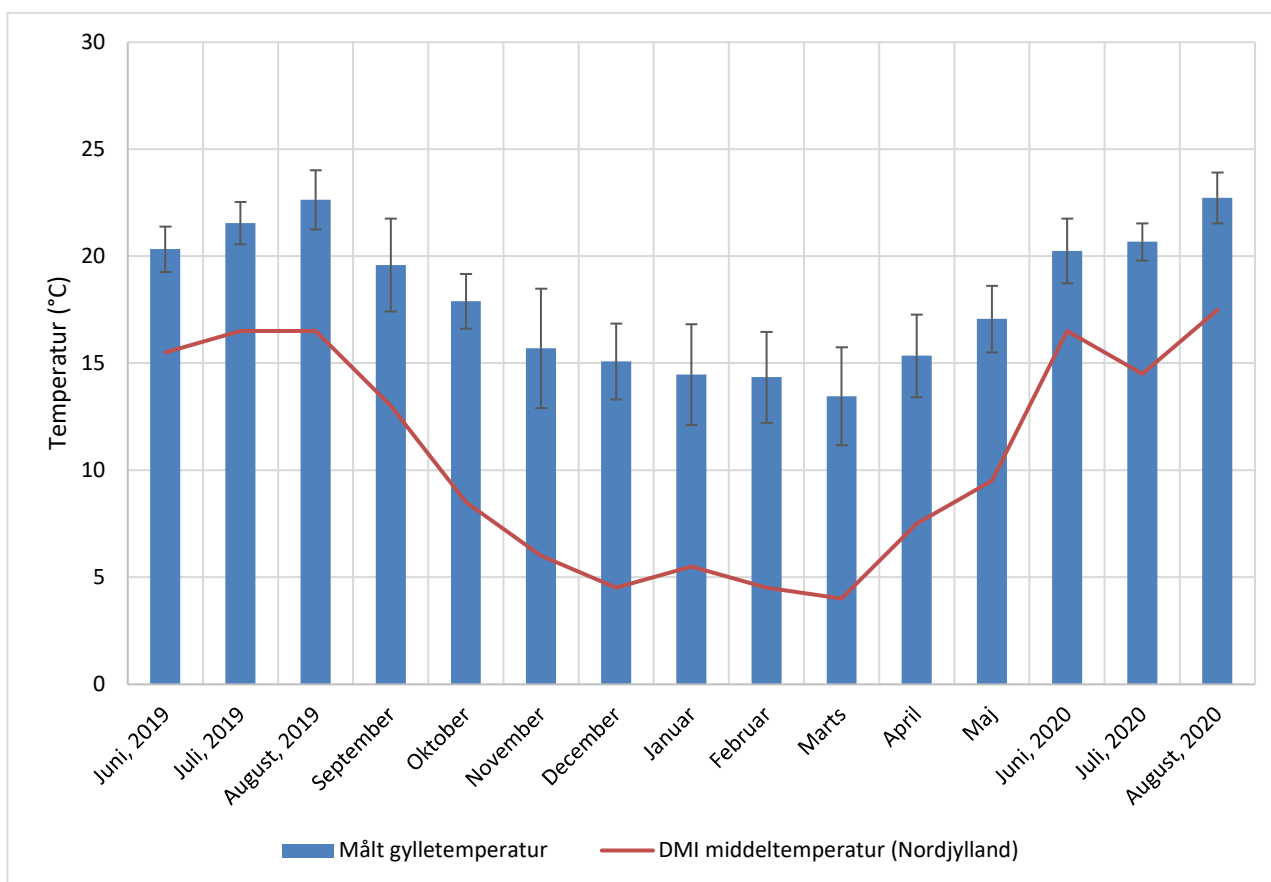
tilgås via TrackUnit. Gylletemperaturen kan dermed aflæses online løbende, dvs. også når den afhentes fra lagertanken hos leverandøren. Temperaturmålerne har været monteret i mere end 12 måneder med en måle- og logningsfrekvens på ca. hvert 2. minut når lastbilen er i drift. Data indeholder en kode for, hvornår pumpen på lastbilen tændes, og det er derfor muligt at følge hvornår lastbilen påfyldes og tømmes. Ved at matche adresser udleveret fra leverandørerne, med GPS-systemet på lastbilen, er det muligt at tilgå data fra den enkelte adresse på alle 4 lastbiler og overvåge temperaturen derfra.

Resultaterne fra temperaturmålingerne fra lastbilerne hos Grøngas Vrå fra 1/6 2019 til 31/08 2020 fremgår af Figur 26.

De gennemsnitlige temperaturer er beregnet på baggrund af ovenstående data fra 6 leverandører med i alt 11 forskellige leverandøradresser til Grøngas Vrå. På baggrund af et total af 600.000 datalogninger på adresserne, er der beregnet temperaturer på baggrund af ca. 1.380 læs gylle. Der er ud fra disse lavet et overordnet gennemsnit for hver måned.

Det ses som forventet, at temperaturen i afhentningstanken/stalden er højere om sommeren end vinteren, med højeste temperaturer i juli-august og laveste i februar-marts. Det ses yderligere, at temperaturen målt i tankbilerne (som er et udtryk for temperatur i lagertanken) følger tendensen fra DMI's opgørelse af middeltemperaturen i 2019-2020.

De indsamlede data viser at temperaturen i afhentningstanken i sommermånederne er på samme niveau som i stalden, og at der dermed er en risiko for metanemission fra denne tank. Der er derved en risiko for at store afhentningstanke, kombineret med hyppig udslusning kan flytte noget af det tab, der før var i stalden til afhentningstanken. Dette er en ny problemstilling, der skal tages hensyn til i vurderingen af effekten ved hyppig udslusning og hvordan afhentningsproceduren skal fastlægges således at hyppig udslusning så vidt muligt kombineres med hyppig afhentning.



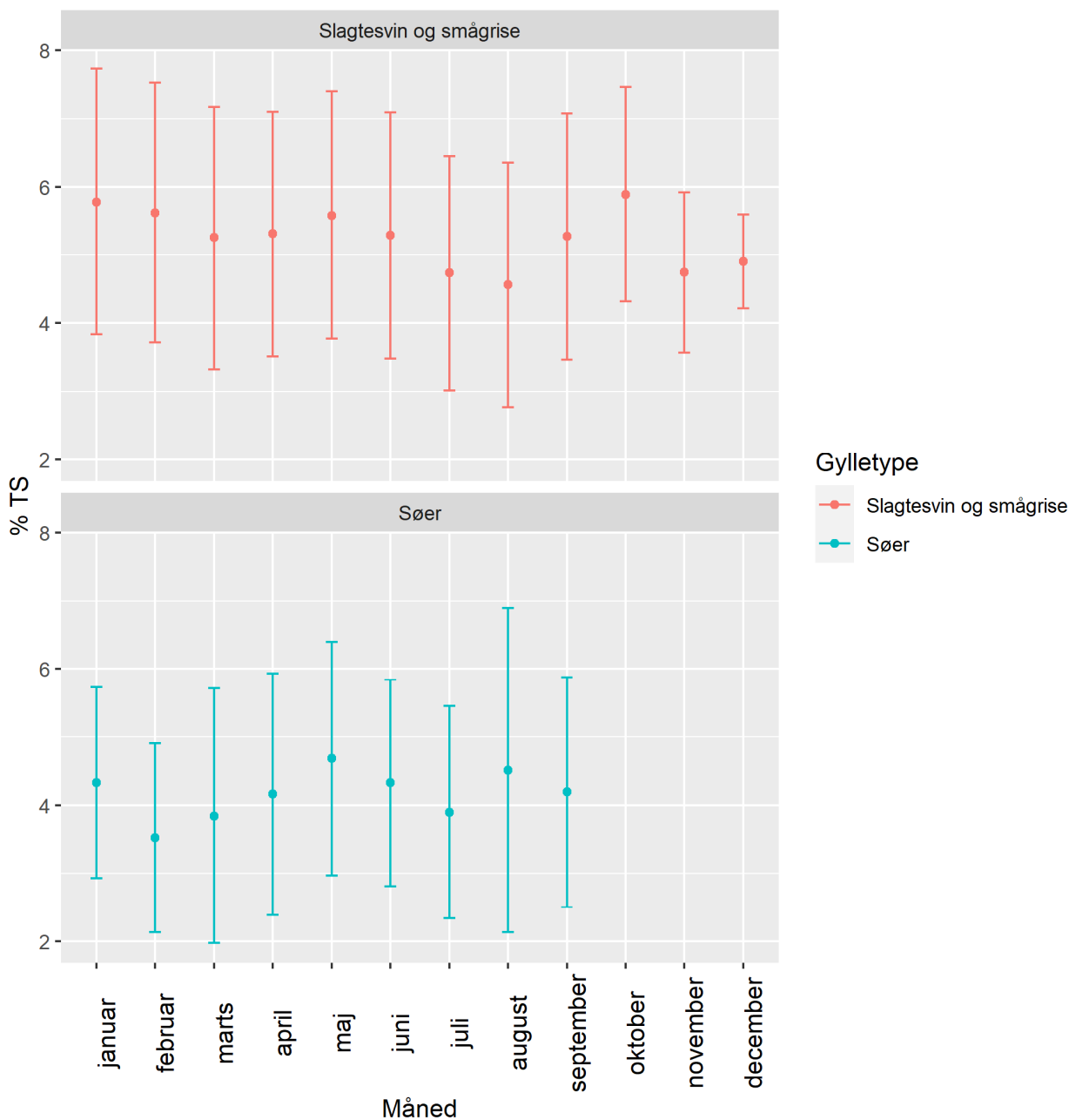
Figur 26: Månedlige gennemsnitlige temperaturer fra lastbiler ved Grøngas Vrå fra juni 2019 til februar 2020. Den røde streg angiver DMI's middeltemperatur for Nordjylland i den givne måned. Fejllinjerne indikerer afvigelsen på den givne måned, som også inkluderer forskellige leverandører og læs.

Ovenstående målinger viser, at der i sommermåneder er et væsentligt behov for, at gyllen bliver afhentet hurtigere end om vinteren. Der er ca. 6-7 °C forskel og ifølge Figur 4 øges metanemissionen fra 1,1 g CH<sub>4</sub> pr. kg VS pr. dag til ca. 2,8 g CH<sub>4</sub> pr. kg VS pr. dag (forøgelse fra 15°C til 22°C). Dette er en stigning på 154 %.

### 8.3. Tørstofindhold i gylle

Tørstofindholdet i gylle er undersøgt og gennemgået for 3 biogasanlæg med i alt data fra 4.600 læs for at give et billede over det gennemsnitlige niveau for tørstofindhold i gylle, og dermed vurdere hvor meget organisk tørstof (VS) der er tale om. Det gennemsnitlige tørstofindhold med tilhørende fejllinjer er vist i Figur 27 fordelt på slagtesvin og smågrise samt søer.





Figur 27: Tørstofmålinger for 2019 opdelt i slagtesvin og smågrise, og søgylle. Ovenstående målinger er baseret på i alt 4.600 læs fordelt på 3 biogasanlæg. Fejlbarer angiver standardafvigelsen. Gennemsnit er vist med en prik, og standardafvigelsen med fejllinjer.

Tendensen for tørstofindholdet over året ses i Figur 27. Figuren viser gennemsnittet af tørstofindholdet vist med en prik, og tilhørende standardafvigelser vist med fejllinjer. Statistisk ligger 68,2 % af målingerne indenfor det viste på grafen. Datagrundlaget er fordelt med 2.800 læs for svinegylle og smågrise, og 1.800 læs for søgylle.

Der ses en stor spredning (markeret med fejllinjerne på Figur 27) på tørstofindholdet i gylle over hele året. Der er mange faktorer, som har indflydelse på tørstofindholdet i gyllen, fx lang opholdstid i stald og lagertank, vaskevand (se evt. Afsnit 5. om vaskevand), og urenheder i gyllen som fx sand og sten.

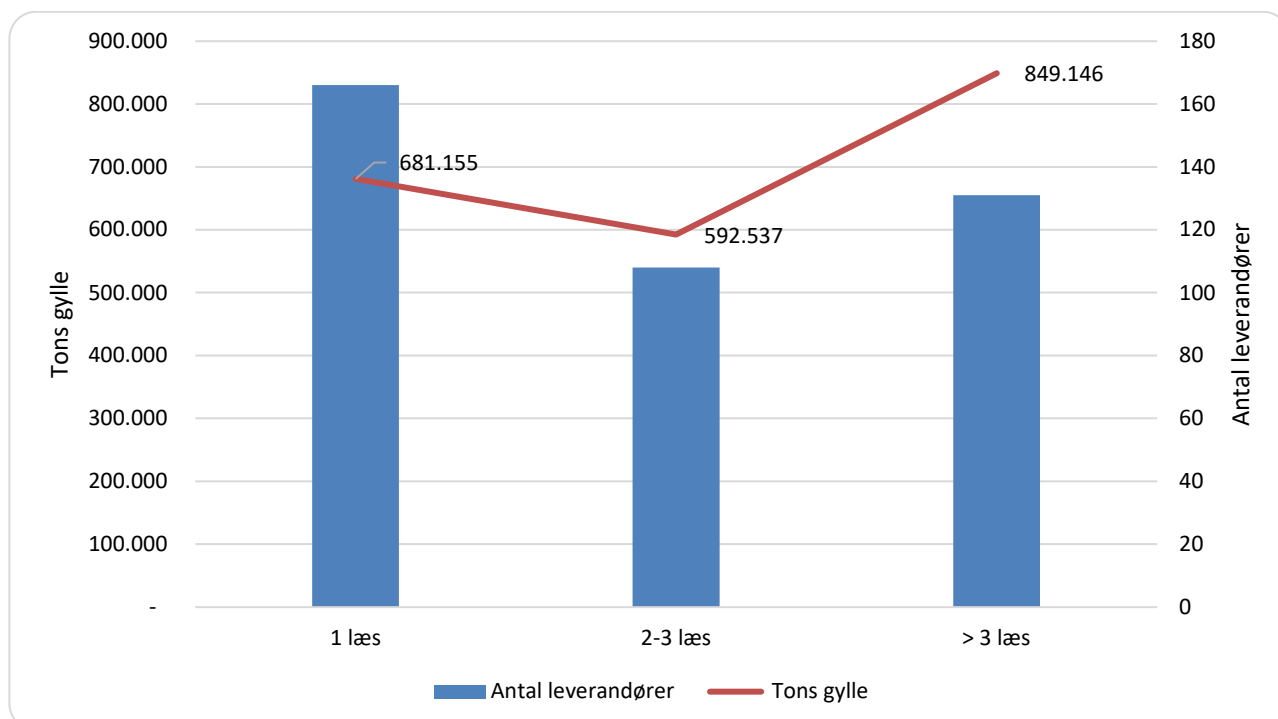
Dertil kommer usikkerheder ved måling af et læs, hvor kun en lille prøve udtages af en hel tankbil. Her er opblanding vigtigt, for at give et mere nøjagtigt resultat og mindre afvigelse (Se evt. Afsnit 5.1 om omrøring). Manglende opblanding vil resultere i, at der enten udtages en for tynd, eller en for tyk del til analyse. Prøven er dermed ikke sigende for hele læsset. Det kan tyde på, at der er læs, som ikke har været opblandet grundet den høje afvigelse.

I tørstofmålingerne for slagtesvin og smågrise er der konstateret læs med op til 13,01 % tørstof, hvorimod de laveste målinger er helt nede på 1,02 %. Gennemsnittet over hele året ligger på 5,31 %. For søer er den største tørstofprocent målt til 16,07 % tørstof, og laveste måling 0,97 % tørstof. Gennemsnittet ligger på 4,19 % tørstof.

## 9. Erfaringer fra leverandørbesøg

### 9.1. Afhentningstanke

Under kortlægning af information ud fra besøg hos leverandørerne blev det konstateret, at der var stor forskel på størrelsen af afhentningstankene og mængderne som hørte til, se Figur 28. 166 leverandører (41 %) leverede gylle (681.155 tons svarende til 32 %) fra tanke der var mindre eller lig med størrelsen af et læs. 131 leverandører (32 %) leverede gylle (849.146 tons eller 40 %) fra tanke, hvis størrelse var mere end 3 gange læsstørrelsen. Ud af disse 131 tanke var der 40 tanke, der var større end 500 m<sup>3</sup>, som typisk er gamle lager-tanke der blev anvendt til afhentningstanke.



Figur 28: Størrelse af afhentningstanke med tilhørende tons gylle. Det ses, på trods af, at der er flest leverandører med små tank, står de store tanke med > 3 læs for størstedelen af gyllen. I kategorien > 3 læs indgår også de meget store tanke (> 500 m<sup>3</sup>).

Både en for lille- og for stor afhentningstank har sine ulemper:

1. **For lille afhentningstank.** Hvis afhentningstankens størrelse er mindre end tankbilens kapacitet betyder det, at gyllen skal udsluses fra staldene, når gylletankbilen afhenter gylle. Se Figur 29. Det er u hensigtsmæssigt for staldpersonalet, idet de skal afbryde andet arbejde for at udsluse gylle, når tankbilen kommer. Og når stalden skal tømmes for dyr og gyllen udsluses for at gøre plads til vaskevandet, skal dette foregå netop når tankbilen er der. Derudover skal mængden i kummen passe med tankbilens kapacitet. Derfor kommer vaskevand ofte med i gyllen til biogasanlæg, når afhentningstanken er for lille, og gyllen bliver dermed fortyndet, hvilket normalt er en stor ulempe for biogasanlægget.
2. **For stor afhentningstank.** Hvis afhentningstanken i stedet er meget stor, giver det biogasselskabet en større frihedsgrad til at bestemme, hvornår der skal afhentes gylle. Men jo længere tid, der er mellem tømningerne af afhentningstanken, des mindre tidsmæssig frihedsgrad er der for staldpersonalet, til at udsluse vaskevand gennem afhentningstanken. Og da der ofte vaskes et staldafsnit, betyder det i praksis, at vaskevandet ledes i gyllen, medmindre der er etableret særskilte foranstaltninger til at lede vaskevandet uden om afhentningstanken. Derudover vil en stor afhentningstank føre til mindre frisk gylle, som i sidste ende kan have et lavere metanudbytte, og større metanemission, såfremt gyllen ikke kan holdes kold under opbevaring.

Det afgørende er, om afhentningstanken er begrænsende for udslusningen – altså om indholdet af den største kumme ikke kan være i afhentningstanken. I Tabel 14 ses, at hos 56 % af leverandørerne er afhentningstanken begrænsende ved den kummefyldningsgrad, hvor udslusningen har været praktiseret ved hidtil (aktuel kummefyldningsgrad). Det indikerer, at levering af gylle til biogasanlæg ikke har været tænkt ind i planlægningen af byggeriet.

Når gyllen udsluses hyppigere (potentiel kummefyldningsgrad), er indholdet af kummen mindre. Derfor er afhentningstanken begrænsende hos 44 % af leverandørerne (177 stk.), når der udsluses hyppigere.




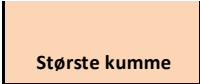





Tabel 14: Information om begrænsning på afhentningstanken ift. hyppigere udslusning. Det ses at i mange tilfælde er afhentningstanken en begrænsning for hyppigere udslusning.

	Ja	Nej
	Antal og %	Antal og %
Ved aktuel kummefyldningsgrad	228 (56 %)	178 (44 %)
Ved potentiel kummefyldningsgrad	177 (44 %)	227 (56 %)

Hvis tidspunktet for afhentning og udslusning af gylle altid skal være uafhængigt af hinanden, bør afhentningstanken minimum have en størrelse på indholdet af kummen med det største indhold + størrelsen af en tankbil. Så vil staldpersonalet altid kunne udsluse kummerne i en sektion, uden at tankbilen behøver at afhente gylle samtidig med udslusningen.

En større frihedsgrad til hvornår gylle kan afhentes kan opnås, hvis afhentningstanken altid kan rumme en uges produktion. Det er tilfældet for 170 leverandører (42 %). De resterende 235 leverandører (58 %), har ikke volumen i afhentningstanken til at kunne rumme en uges produktion

Med baggrund i foranstående er 87 leverandører blevet foreslået en ny afhentningstank. Når det ikke er samme antal, som det antal leverandører hvor afhentningstankens størrelse er begrænsende for udslusningen, skyldes det især at nogle leverandører ikke ønsker at investere i en ny afhentningstank, da de forventer at skulle indstille produktionen inden for en overskuelig tidshorisont.

Oversigt over muligheder for hyppigere manuel udslusning, i relation til kummestørrelse, afhentningstank størrelse og læsstørrelse på gylletankbil	Største kummes maks. indhold ved hyppig udslusning	Maks. netto rumfang m <sup>3</sup>	Læsstørrelse m <sup>3</sup>
1. Hyppig udslusning kan umiddelbart praktiseres. afhentningstank er større end kumme og kumme er større end læs. Hvis afhentningstankens størrelse er minimum på størrelse med største kumme + volumen af et læs i tankbil, er leverandørens udslusningstidspunkt uafhængig af, hvornår tankbil er der.	 Største kumme	 afhentningstank	 Læs
2. Hyppig udslusning kan ikke praktiseres, med mindre der bygges en større afhentningstank. afhentningstanken er mindre en kummevolumen potentiel og kummevolumen potentiel er mindre end læs, så der kan ikke køres med fulde læs, med mindre der udsluses flere kummer. Leverandør udsluser altid, mens tankbil afhenter.	 Største kumme	 afhentningstank	 Læs
3. Hyppigere udslusning kan praktiseres, men det kræver hyppigere afhentning. afhentningstanken er mindre en potentiel kumme, men kumme størrelsen er større end læs størrelsen. Hvis man skal undgå at køre med ikke hele læs, kræver det god informations udveksling mellem leverandør og tankbils chauffør. Der burde udvikles sensortechnologi, der kan fortælle om gyllestand i kumme.	 Største kumme	 afhentningstank	 Læs

Figur 29: Oversigt over udslusningsmuligheder i forhold til størrelse på afhentningstank, tankbil og kummens fyldningsgrad. Afhentningstanken bør altid kunne rumme mindst 1 uges produktion af gylle. Det vil også være en mulighed med hyppigere afhentning, hvis afhentningstanken ikke kan rumme 1 uges produktion.

Ud fra Figur 29 ses hvordan kombinationen af afhentningstank, tankbil og kummens fyldningsgrad, kan muliggøre hyppigere udslusning eller om det ikke er praktisk muligt. Dette er i forlængelse af tidligere nævnte for hvornår hyppigere udslusning bedst kan praktiseres, og hvilke tiltag/investeringer der skal til.

## 9.2. Pumpning direkte til biogasanlæg

15 leverandører med i alt 144.970 tons gylle leveret, (6,8 % af den samlede gyllemængde) pumper gyllen direkte til biogasanlægget. Det er ikke registreret, hvilken afstand der er fra den enkelte leverandør til biogasanlægget, men i flere tilfælde ligger biogasanlægget på samme adresse som leverandøren (gårdbiogas anlæg), ved andre er der tale om afstande på 1 – 1,5 km.

## 9.3. Hyppigere afhentning

Ved hyppigere afhentning forstås, at gyllen hentes hyppigere, enten fra en afhentningstank, der er større end kummen, så gyllen derved ikke henstår så længe i afhentningstanken, eller at gyllen afhentes samtidig med udslusning, idet afhentningstanken er mindre end kummen og dermed er begrænsende for udslusningen.

Hvis afhentningstanken er mindre end kummen, men kummen er større end læsset på tankbilen, kan hyppigere udslusning ikke praktiseres, medmindre der afhentes hyppigere.

Tiltaget giver logistiske udfordringer, både for biogasselskabet og for leverandørerne, da udslusning og afhentning skal planlægges i forhold til hinanden. Ideelt set skal der fra leverandørernes kummer være en elektronisk registrering, eller beregning af aktuel volumen i gyllekummerne, så biogasselskabet kan se, hvornår der er et helt læs klar til afhentning. Det vil enten kræve følere monteret i kummen eller et beregningsprogram som en app funktion, der ud fra indsætningstidspunkt af grise kan beregne den løbende gylleproduktion.

Hyppigere afhentning kan også foregå ved, at et antal ugentlige afhentninger, der hidtil har foregået på en bestemt ugedag, fordeles over flere dage. Dette kan forbedre udslusningslogistikken hos nogle leverandører ved, at staldpersonalet bedre kan tilpasse udslusningen i forhold til afhentningen.

Ved hyppigere afhentning af gyllen skal man være opmærksom på at:

- Gyllen bør altid afhentes med fulde læs, da omkostninger og CO<sub>2</sub> belastning pr. tons gylle ellers vil stige.
- Staldanlæg der kører "alt ind – alt ud" har en ret uens production af gylle pr. dag, hvilket øger gyllens gennemsnitlige opholdstid i gyllekummen. Ideelt skulle man have niveau følere i gyllekummerne og automatisk udslusning for at sikre, at gyllen vil blive udsluset på det optimale tidspunkt.
- Præmissen er, at når en prop trækkes, uanset kummens aktuelle fyldningsgrad, skal kummerne i hele sektionen kunne tømmes, da det ellers vil forårsage et betydeligt merarbejde, eller der kan opstå problemer med ophobning af gylle i visse områder af kummen.

Hyppigere afhentning kan være relevant hos:

- Leverandører, hvor afhentningstanken er større end både kumme og læs, da gyllen ellers kan henstå for længe i afhentningstanken.
- Leverandører, hvor den største kumme er større end afhentningstank og læs.
- Leverandører, der driver anlæggene med åbne propper og har en lille afhentningstank (mindre end kumme og læs).

#### **9.4. Afhentningslogistik**

Leverandørerne blev spurgt om, hvilke aftaler der var omkring afhentning. Hos nogle er det en fast ugedag der bliver hentet, hos andre sendes der en sms, enten fra leverandøren til biogasselskabet eller fra biogasselskabet til leverandøren. Hos rigtig mange leverandører aftales afhentningstidspunkt og mængde via telefon. Det subjektive indtryk af denne arbejdsform er, at det i reglen fungerer tilfredsstillende, men det kræver en del planlægning af biogasselskabet. Hos nogle af biogasselskaberne ligger denne planlægning hos en vognmand, som transporten af gylle er udliciteret til.

Hos nogle enkelte biogasselskaber er der hos leverandører, der har en afhentningstank med et volumen større end en tankbil, installeret en tryktransmitter i afhentningstanken. Denne er tilknyttet et PLC styring med et GSM-modul i. Chaufføren eller kørselsplanlæggeren kan sende en sms til GSM-modulet, og få en status på tankens fyldningsgrad og derved se, om der er et læs, der er klar til afhentning. Chaufføren kan også sende en sms-besked til styringen om at starte omrøreren, så det er en homogen gylle, der afhentes.

Dette system er velegnet til afhentningstanke, der indeholder mere end ét læs. Flere firmaer er leveringsdygtige i denne teknologi, bl.a. Landia A/S og Biogasteknik A/S.

Foranstående system kan udbygges til at fungere sammen med biogasselskabets SRO-anlæg. Det kræver, ud over førnævnte tryktransmitter og PLC styring, et kommunikationssystem og et interface til SRO-anlægget, samt en opsætning i SRO-anlægget.

Firmaet Dansk Miljø- og Energistyring A/S (DME) har beskrevet, hvordan kommunikationen kan foregå via et Longe Range Wide AreaNetwork (LoRaWAN), som er en IoT (Internet-of-Things) netværksstandard. Dataene fra tryktransmitteren afleveres til en Cloud, der via DME's datacenter transmitteres til biogasselskabets SRO-anlæg.

På biogasselskabet vil man kunne få en grafisk oversigt over indholdet i leverandørernes afhentningstanke, kombineret med oplysninger omkring gyllens alder m.v. Disse oplysninger kan optimere kørselsplanlægningen hos biogasselskabet. Prisen for denne løsning er ca. 30.000 kr. pr. leverandør.

## 9.5. Tyk gylle og halm

I henhold til bekendtgørelse af dyreværnsloven og lov om hold af grise, skal alle grise have permanent adgang til halm eller andet manipulerbart materiale, der opfylder deres behov for at beskæftige sig samt udføre rodebevægelser. Mange svineproducenter anvender tildeling af halm til grisen for at opfylde dette krav. Anvendelse af halm øger gyllens viskositet og dette kan volde problemer i gylleudslusningssystemerne. For at undersøge, om brugen af halm giver problemer med tyk gylle og reducerer muligheden for at udsluse gyllen hyppigere, er der i Tabel 15 set på sammenhængen mellem dette.

Tabel 15: Antal leverandører og tilhørende tons gylle, som har oplyst at der er væsentlige udfordringer ved håndteringen af gyllen, da den er for tyk. Der er i alt 67 ud af de 189 leverandører, der anvender halm, har problemer med tyk gylle.

	Antal leverandører	%	Tons gylle	%	kg CO <sub>2</sub> -ækv.	%
Bruger halm	189	47	1.150.965	54	11.424.843	49
Udfordring med tyk gylle	113	28	607.874	29	7.115.663	31
Tyk gylle og halm	67	17	403.674	19	4.462.846	19

Som det ses af Tabel 15 er der 189 leverandører (47 %), der anvender halm som rode-beskæftigelses materiale i staldene. Disse 47 % repræsenterer 49 % af den totale emissionsreduktion, så selvom der anvendes halm, er det tilsyneladende ikke en barriere for hyppigere udslusning.

113 leverandører (28 %) oplever udfordringer med tyk gylle. Ud af disse, er der 67 leverandører (17 %), der både anvender halm og som udtrykker, at de har udfordringer med tyk gylle. Det svarer til, at der er 60 % af de der har problemer med tyk gylle, anvender halm. Men selvom disse 17 % har problemer med tyk gylle og bruger halm, repræsenterer de alligevel 19 % af emissionsreduktionen. Det tyder altså ikke på, at brugen af halm og problemer med tyk gylle reducerer muligheden for at udsluse gyllen hyppigere.

## 9.6. Tyk gylle og foder

Udover anvendelsen af halm, er der også på leverandørbesøg undersøgt typen af foder som husdyrene spiser samt om dette har indflydelse på udfordringer med tyk gylle. Disse kategorier er delt op i tørfoder og vådfoder. En oversigt over de leverandører, som udtrykker problemer med tyk gylle, er vist i Tabel 16 med tilhørende fodertyper.

Tabel 16: Antal leverandører som oplyser udfordringer med tyk gylle, samt oplyst fodertype. Det ses at der er en større andel som oplever problemer med tyk gylle ved tørfoder end vådfoder (næsten dobbelt så mange).

	Antal leverandører	Antal leverandører med tørfoder	Antal leverandører med vådfoder
Leverandører med tyk gylle	113 (28 %)	82 (20 %)	47 (12 %)

Det ses af Tabel 16, at 28 % (113 stk.) af leverandørerne oplever udfordringer med tyk gylle i ét eller flere staldafsnit. 82 af de 113 leverandører havde tørfodringsanlæg og 47 af de 113 leverandører havde vådfodringsanlæg.

Birkmose og Tybirk (2013) har undersøgt, hvad tørstof indholdet er i grisegylle, som funktion af anvendelse af tørfoder eller vådfoder. De fandt, at tørstofindholdet i gylle fra grise, der blev fodret med tørfoder, var ca. 1 procentpoint højere end fra grise, der blev fodret med vådfoder. Gylleproduktionen fra grise, der var fodret med vådfoder, var generelt højere, end hvis grisene fik tørfoder, men til gengæld med et lavere tørstof indhold. Det kan være forklaringen på resultaterne i Tabel 16, hvor størstedelen af leverandørerne som oplever problemer med tyk gylle, anvendte tørfoder, som resulterer i højere tørstofindhold.

## 9.7. Forskellige kummedybder

Kummedybden har indflydelse på emissionsreduktionspotentialet, og kummedybden er derfor blevet opdelt i 2 kategorier; 1) < 50 cm og 2) > 50 cm. Der er yderligere blevet opdelt på baggrund af dyregrupper.

Det er fundet, at det største emissionsreduktionspotentiale er ved slagtesvin. Derudover er der også fundet en sammenhæng mellem, hvor potentialet for emissions er størst i forhold til kummedybde. En opgørelse over kummedybden fordelt på dyregrupper med tilhørende emissionsreduktionspotentiale er vist i Tabel 17.

Tabel 17: Emissionsreduktion (ton CO<sub>2</sub>-ækv.) fordelt på kummedybder og dyregrupper. Det ses at slagtesvin og smågrise står for næsten 84% af den totale emissionsreduktion.

	Slagtesvin, ton CO <sub>2</sub> -ækv	Smågrise, ton CO <sub>2</sub> -ækv	Drægtige søer, ton CO <sub>2</sub> -ækv	Faresøer, ton CO <sub>2</sub> -ækv.
Kummer < 50 cm	3.742	1.632	1.042	404
Kummer > 50 cm	10.347	3.603	1.636	735
I alt	14.089	5.235	2.678	1.139

Af Tabel 17 fremgår det både, at den største emissionsreduktion sker fra stalde med slagtesvin, men samtidig også fra kummer, der har en dybde på mere end 50 cm, målt fra overkant af kummeafdækningen.

Blandt de 4 dyregrupper har slagtesvin den største andel af emissionsreduktionen fra kummer, der har en dybde på mere end 50 cm.

Det kan både skyldes, at der er et overtal af kummer, der er dybere end 50 cm, men også, at der hidtil har været en længere opholdstid af gyllen i kummer, der er dybere end 50 cm.

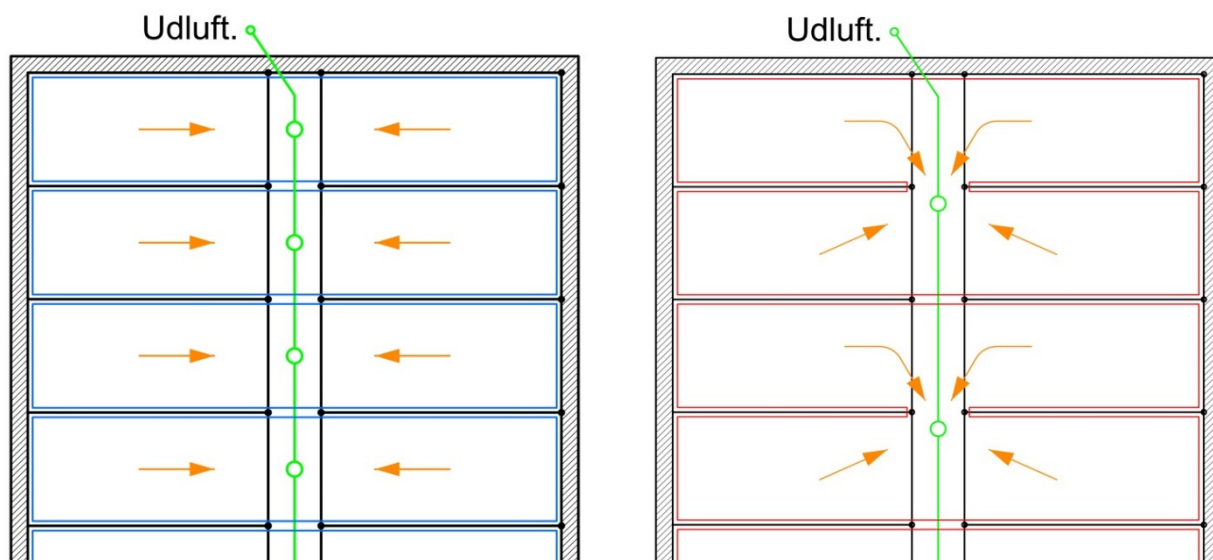
## 9.8. Kummeareal og tilflydningsafstande

Langt det meste gylle (83,5 %) udsluses i rørudslusningsystemer med prop, se Tabel 3. De forbedringstiltag der er blevet anvist i staldene, er derfor rettet mod dette system. Barriererne der kan være for at forbedre dette system er:

1. **Gyllens tilflydningsafstand til proppen.** Hvis stalden er projekteret med en længste afstand fra prop til det fjerneste hjørne af gyllekummen på mere end 6-7 m, kan der være udfordringer med at få den gylle, der er længst væk fra proppen, til at flyde hen til proppen. Seges svineproduktion<sup>11</sup> har undersøgt, hvorvidt hyppig udslusning af gylle fra gyllekummer hos slagtesvin, påvirker lugtmissionen fra stalden. Der er i den forbindelse ikke registreret, at hyppigere udslusning giver problemer med ophobning af fæces i hjørnerne af kummerne. Nogle leverandører udtalte ved besøg, at de mener, hyppigere udslusning vil give problemer med ophobninger i hjørnerne af kummerne.

2 modstående stier pr. prop Flere kummer deler prop.

2 x 2 modstående stier pr. prop



Figur 30: Indretning af gyllekummer. Til venstre ses 2 modstående stier pr. prop, hvor flere gyllekummer deler prop. Til højre ses 2x2 modstående stier med i alt 4 gyllekummer pr. prop.

Staldanlæggene kan være projekteret sådan, at flere gyllekummer (se Figur 30) deles om en prop. Det øger gyllens tilflydningsafstand til proppen, og bevirker desuden, at noget af gyllen skal flyde rundt om et hjørne, hvilket kan give træghed i tilstrømningen og medføre de samme ulemper, som ovenfor beskrevet. Det har ikke været muligt at registrere specifikt hos leverandørerne, hvor der er kummer, der deler en prop. Det gennemsnitlige kummeareal pr. prop er blevet registreret til ca. 27 m<sup>2</sup> med variation fra 7 til > 60 m<sup>2</sup> pr.

<sup>11</sup> Kristoffer Jonassen meddelelse nr. 899, 25. marts 2011



kumme, se Tabel 18. Det er dog kun et lille antal, der har > 60 m<sup>3</sup> pr. prop og det dækker ofte over ældre staldsystemer med forbundne kar. Erfaringer og anbefaling fra SEGES er ca. 25 m<sup>2</sup> pr. prop.<sup>12</sup>

Tabel 18: Kummeareal pr. prop med tilhørende emissionsreduktion, mængden af gylle, antal leverandører samt mængden af tyk gylle med tilhørende antal leverandører.

Areal pr. prop	Reduktion ton CO <sub>2</sub> -ækv.	Tons gylle i alt	Antal lev.	Problemer med tyk gylle, tons	Antal lev.
0-15 m <sup>2</sup>	1.602 (7 %)	236.233 (11 %)	62 (15 %)	55.329 (23 %)	17 (4 %)
16-30 m <sup>2</sup>	13.810 (60 %)	1.141.773 (54 %)	220 (54 %)	228.820 (20 %)	59 (15 %)
30-45 m <sup>2</sup>	4.702 (20 %)	442.839 (21 %)	71 (18 %)	106.198 (24 %)	18 (4 %)
45-60 m <sup>2</sup>	1.558 (7 %)	153.501 (7 %)	24 (6 %)	32.526 (21 %)	8 (2 %)
> 60 m <sup>2</sup>	1.469 (6 %)	148.492 (7 %)	28 (7 %)	52.144 (35 %)	11 (3 %)

Kummearealet kan yderligere deles op pr. dyregruppe, for at få det samlede billede hos leverandørerne.

Tabel 19 viser, hvor stor en del af gyllen fra de 4 dyregrupper, der kommer fra kummer med forskellig tilflydningsafstand. Disse tal følger nogenlunde det samme mønster som emissionsreduktionen i ton CO<sub>2</sub>-ækv. i Tabel 18, dog med en tendens til, ved slagtesvin, at der er en lidt større del af gyllen, der kommer fra kummer med et stort kummeareal pr. prop (10,1 %).

Tallene i Tabel 19 indikerer også, at kummearealet pr. prop kan være helt op til 60 m<sup>2</sup> / prop, hvilket er højere end de tal, der normalt anbefales (25 – 35 m<sup>2</sup> / prop, ifølge SEGES).

Tabel 19: Procent gylle pr. dyregruppe i forhold til kummeareal pr. prop. Størstedelen af kummearealet pr. prop er ml. 16–30 m<sup>2</sup> eller 30-45 m<sup>2</sup>.

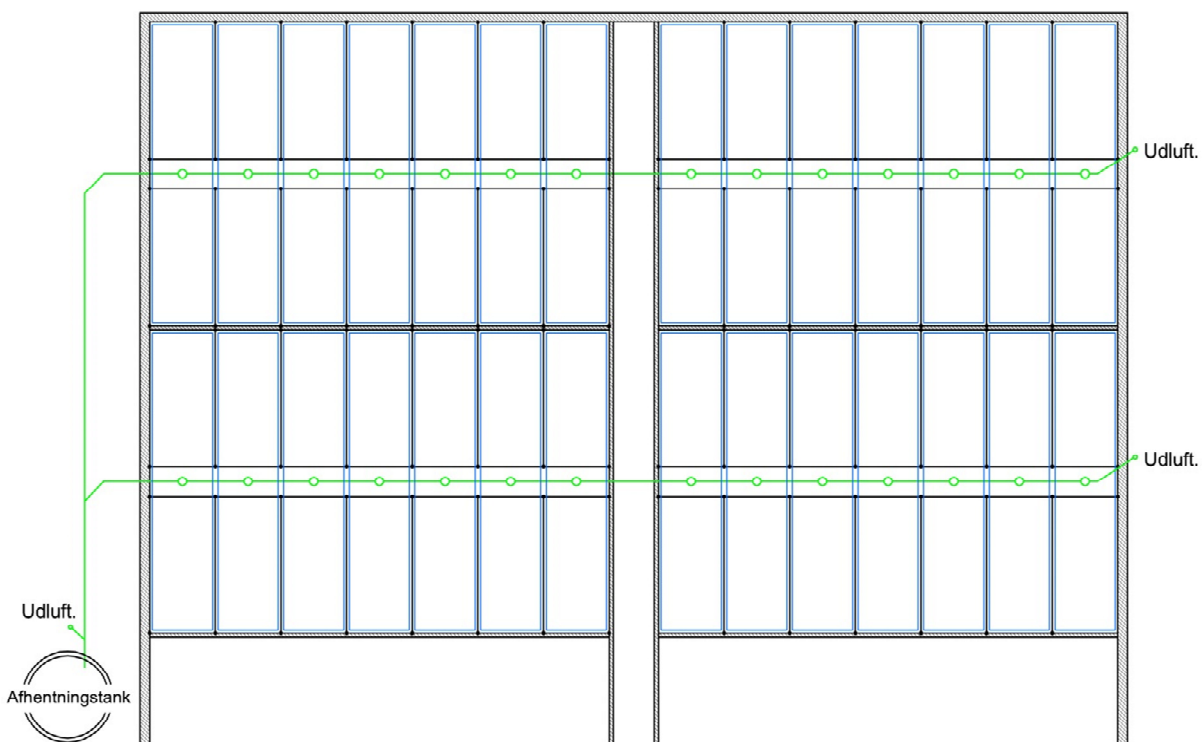
Kummeareal / prop	Slagtesvin	Smågrise	Drægtige søer	Faresøer
0-15 m <sup>2</sup>	11,8 %	11,5 %	10,2 %	9,1 %
16-30 m <sup>2</sup>	50,2 %	61,2 %	56,5 %	53,5 %
30-45 m <sup>2</sup>	21,3 %	14,3 %	26,1 %	26,8 %
45-60 m <sup>2</sup>	6,6 %	8,3 %	6,2 %	6,8 %
> 60 m <sup>2</sup>	10,1 %	4,7 %	0,9 %	3,8 %

- Ældre staldbygninger med forbundne kar.** I nogle ældre staldanlæg, som er trinvist ombygget og udbygget, kan der være en kombination af rørudslusning, linespil og spjældudslusning af gylle. Det bevirker, at det ene staldafsnits udslusningstidspunkt er afhængig af andre staldafsnits udslusningstidspunkt, uanfægtet den aktuelle gyllestand i det aktuelle staldafsnit. Det er derfor, i sådanne anlæg, ikke altid muligt at udsluse uafhængigt. Herunder er udslusning af vaskvand særskilt stort set umulig fra de leverandører, hvor staldafsnitenes gyllekummer er forbundne. Ud fra det indsamlede talmateriale, er der ikke data til bestemmelse af kategorien "forbundne kar". Som nævnt er der tale om ældre staldanlæg, som ikke formodes at ville blive udbygget yderligere, og som heller ikke subjektivt vurderet repræsenterer en stor gyllemængde.
- Manglende / utilstrækkelig udluftning på gyllestreng.** En forudsætning for, at gyllen kan flyde let, når der trækkes en prop er, at der ikke opstår overtryk i røret, ved at den mængde luft, der

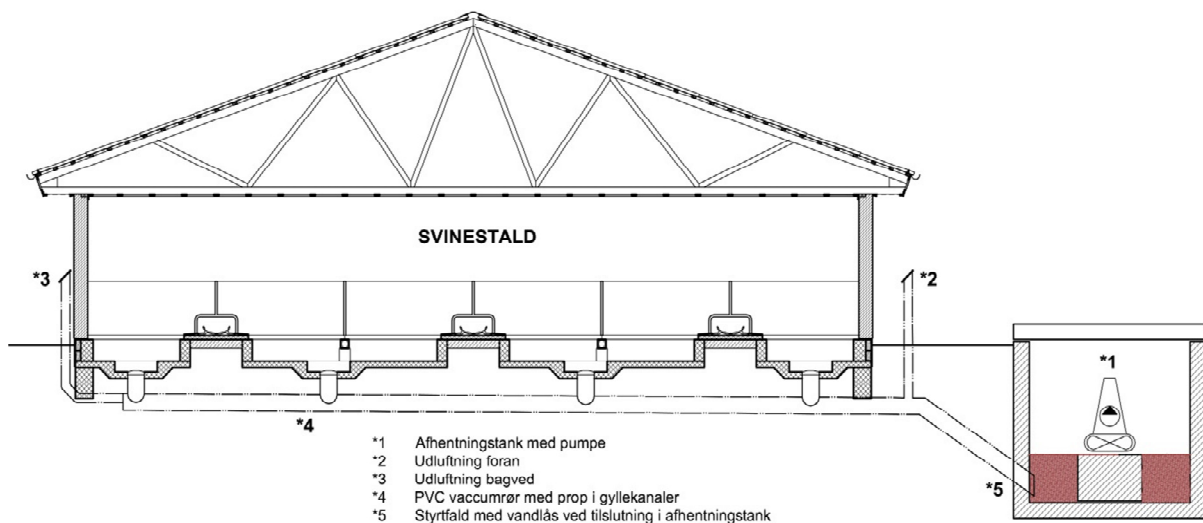
<sup>12</sup> <https://svineproduktion.dk/Viden/I-stalden/Staldsystem/Goedning/Anlaeg>

står i røret, ikke kan komme ud. Derfor anbefales anlæggene konstrueret sådan, at der er udluftning i såvel "bagenden" af hvert udslusningsrør (modsat ende som udløbet) såvel som før afhentningstank. Nogle gange er udluftning ikke blevet monteret på grund af fejlkonstruktion, at placering af udluftning var vanskelig grundet sammenbygning med bestående bygninger, eller andre årsager.

Når udslusning af gylle starter fra et staldafsnit, er der en mængde luft i røret, der bliver skubbet foran gyllen. Når rørets indløb i afhentningstanken er neddykket som foreskrevet, kan luften have vanskeligt ved at slippe ud, hvilket kan stoppe eller vanskeliggøre udslusningen. Derfor anvises montering af udluftning fra røret, så tæt som muligt på sidste udslusningssted. Udluftninger er ikke monteret i alle tilfælde, hvilket kan være en barriere for problemfri udslusning. Se Figur 30, Figur 31 og Figur 32.



Figur 31: Grundplan, placering af gyllerør, propper og udluftning i staldsystem. Blå linjer markerer stier. De grønne linjer angiver gylleudslusningssystemet.



Figur 32: Tværsnit af gylleudslusningsystem. Firkanten til højre på billedet viser afhentningstanken.

Det blev på besøgene registreret, hvorvidt der på gylleudslusningsrørene var udluftning foran på gylleløberne se Figur 32, punkt 2 og i bagenden af gylleløberne, se Figur 32, punkt 3. Udluftningerne består normalt af en kugleventil som sikrer, at der kan komme luft ud af rørene og ikke ind. Som det fremgår af Tabel 20 mangles der udluftninger foran afhentningstanken hos 74 % af leverandørerne, og i bagenden mangles der udluftning i bagenden hos 15 % af leverandørerne i ét eller flere staldafsnit.

Udluftninger kan i en del tilfælde eftermonteres foran afhentningstanken, da dette arbejde foregår i det fri, hvorimod det er vanskeligt at eftermontere i bagenden, da rørene befinder sig inde under stalden.

Tabel 20: Forekomst af udluftninger. Der mangler udluftninger foran afhentningstanken i 74% af tilfældene hos leverandørerne, og 15% bagved afhentningstanken. Nej og Ja angiver om der muligheder for udluftninger.

Mulighed for udluftning	Foran	Bagved
Nej	298 (74 %)	61 (15 %)
Ja	107 (36 %)	344 (85 %)

Derudover var der hos 76 leverandører ingen vandlås funktion i afhentningstanken (punkt. 5 i Figur 32), altså at udløbet er over væskeoverfladen i afhentningstanken. Det medfører en betydelig risiko for svovlbrinte kontaminering i staldrummet i forbindelse med udslusning, idet gylle i bevægelse kan udvikle svovlbrinte, som via ventilationsluften eller vindtryk på afhentningstanken, kan blive transporteret ind i staldrummet. Desuden vil en manglende vandlås i afhentningstanken reducere eller fjerne det naturlige vakuum, som ellers vil opstå i udslusningsrøret på grund af hævertvirkningen, når der er monteret vandlås. Det er muligt at eftermontere en vandlås.

## 9.9. Svagt vakuum

Leverandørerne blev spurgt om, hvorvidt de oplevede svagt vakuum i deres gylleudslusningsanlæg. 91 leverandører gav udtryk for, at de i ét eller flere staldafsnit oplevede problemer med svagt vakuum, så gyllen blev ikke suget hurtigt nok ned i røret, når proppen blev løftet, og at det dermed var vanskeligt at tømme kummen ordentligt.

Udluftningernes funktion i forbindelse med udslusning er at slippe luft ud af røret, så gyllen ikke skal "skubbe" luften i røret ned under væskeoverfladen i afhentningstanken, se Figur 32, samt at hindre, at andre propper løfter sig. 73 ud af de 91 leverandører, der oplevede svagt vakuum, manglede udluftning foran på gyllestrengen og 24 leverandører manglede udluftning i bagenden af gyllestrengen, se Tabel 21.

Tabel 21: Svagt vakuum og manglende udluftninger. Der blev observeret 91 leverandører med svagt vakuum og mulige problematikker under. Gylleandelen fra hele projektet er markeret til højre.

	Antal	%	tons gylle	%
Antal med svagt vakuum	91	22,5	369.278	17,4
Heraf mangler udluftning foran	73	18,0	123.105	5,8
Heraf mangler udluftning bagved	24	5,9	421.573	19,9
Mangler udluftning både for og bag	21	5,2	118.622	5,6
Svagt vakuum og åbne propper	2	0,5	11.660	0,6

Som tidligere nævnt kan udluftninger foran afhentningstanken ofte eftermonteres, hvorfor problemet med svagt vakuum i de fleste tilfælde, i Tabel 21, kan løses forholdsvis simpelt.

### **9.10. Åbne propper**

Hos 34 leverandører blev det registreret, at der ingen propper var i nedløbshullerne til gyllerørene, se Tabel 22. Forklaringerne herpå var ofte, at man sparede en del arbejde med udslusning af gyllen, og at det havde man praktiseret i flere år uden problemer. Der er flere uheldige omstændigheder ved denne situation. Hvis indløbet fra gyllerør til afhentningstank *ikke* er neddykket (vandlås funktion), som vist på Figur 32, kan der trænge luft fra afhentningstanken op gennem røret, når tankbilen har tømt afhentningstanken.

Når gyllen har været i bevægelse, er der risiko for dannelse af svovlbrinte, som via staldenes ventilationsanlæg, der oftest er undertrykkanlæg, vil blive suget op i stalddrummet. Det indebærer en betydelig risiko for svovlbrinte kontaminering i stalddrummet, med efterfølgende fare for kollaps af dyr og mennesker.

18 af leverandørerne (se Tabel 22) havde både åbne propper og ingen vandlås funktion på indløbet til afhentningstanken. Hos disse leverandører er risikoen for svovlbrinte forekomst i stalddrummet særligt stor.

Der var ingen af de 34 leverandører, der gav udtryk for, at de havde registreret problemer med svovlbrinte i stalddrummet.

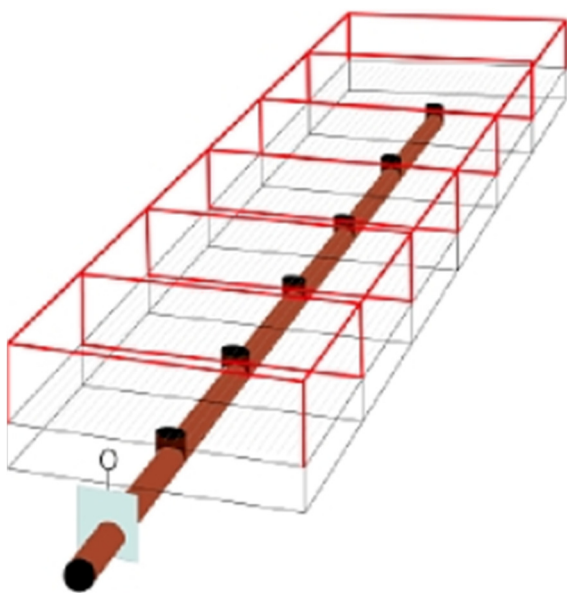
2 af leverandørerne med åbne propper gav udtryk for problemer med svagt vakuum ved udslusning af gyllen. Der er derfor ikke en entydig sammenhæng mellem svagt vakuum og åbne propper.

Der er 24 af leverandørerne med åbne propper, der har en afhentningstank, der er mindre end tankbilen, se Tabel 22. Det betyder, at så snart afhentningstanken er fyldt stiger gyllekummernes fyldningsgrad. Derved er det reelt biogasselskabet, der bestemmer, hvornår gyllen bliver udsluset fra kummen. Det vil sige, at så snart der er et læs, bør biogasselskabet afhente det. Hvis der står mere gylle i kummen, end der kan være i tankbilen, bliver udslusningen afbrudt når tankbilen er fuld. Det betyder, at der er en risiko for, at der ophober sig tyk gylle og fæces i den bageste del af kummen.

Tabel 22: Leverandører med åbne propper med tilhørende gyllemængde og andel af det totale antal.

	Antal leverandører	Andel i %
Antal leverandører med åbne propper	34	8,4 %
Tons gylle fra leverandører med svagt vakuum	145.538	6,9 %
Antal leverandør med åbne propper og afhentningstank < et læs	24	5,9 %
Antal leverandører med åbne propper og manglende vandlås	18	4,4 %

En måde hvorpå man kan undgå, at der trænger svovlbrinte ind i staldrummet, er ved at etablere et spjæld uden for staldsektionen, se Figur 33. Denne løsning giver mulighed for sektionsvis tømning af kummerne, såfremt indholdet af kummerne kan være i afhentningstanken.



Figur 33: Spjæld uden for sektionen. Kilde: SEGES.

### 9.11. Automatisk løft af propper

Som det fremgår af Tabel 7, er der en arbejdsomkostning ved hyppigere manuel udslusning på godt 2,6 mio. kr. for alle de deltagende leverandører. For at undersøge muligheden for at automatisere denne arbejdsoperation blev nogle leverandører af gylleudslusningssystemer i januar 2019 adspurgt, om der findes løsninger til dette. Der blev opstillet forslag til 2 løsninger:

- Ventilløsning på en gyllestreng, tilkoblet en føler og et styreskab. Udslusning aktiveres med tryk på knap på styreskab eller en app på telefonen, tilknyttet styringen. Timer afbryder ventil efter forudindstillet periode. Løsningen kunne se ud som skitseret på Figur 33. Der er ingen propper i gyllekummen, blot et nedløb til gyllerørene.

Gyllerørene under stalden kan også være placeret på tværs af bygningen, så der udenfor hver staldsektion er en ventil. Dette koncept anvendes bl.a. af firmaet Agrifarm<sup>13</sup>. I dette staldkoncept udsluses gyllen automatisk efter et tidsindstillet program.

<sup>13</sup> [DK\\_Intellifarm-Slagtesvinestald.pdf \(agrifarm.dk\)](#)

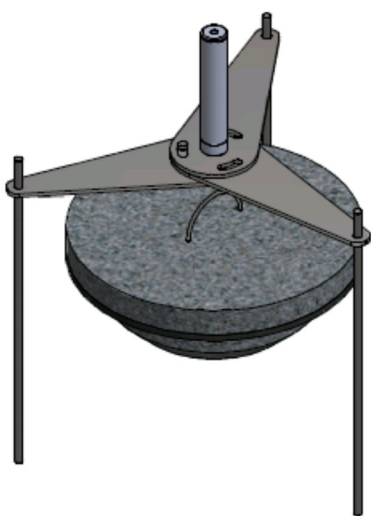
Der er ingen automatisk detektering af gyllens niveau i kummen. Men tidsinterval for udslusning kan programmeres. Løsningen sparer tid og forbedrer arbejdsmiljøet. Løsningen kan kun i nogle tilfælde implementeres i bestående stalde. Det afhænger meget af placeringen af gyllerør, kummestørrelser m.v., men det er en løsning, der bør overvejes ifm. nye stalde eller ombygning.

- b. Løsning med automatisk udslusning med propper, bestående af diverse træk til propper, tilkoblet en føler og et styreskab. Udslusning aktiveres med tryk på knap på styreskab eller app på telefon tilknyttet styringen. En timer afbryder ventil efter forudindstillet periode.

Over hver prop placeres et 3-ben med et pneumatisk stempel, der kan løfte proppen, se Figur 34.

Der er ingen automatisk detektering af niveau af gylle i kummen. Men tidsinterval for udslusning kan programmeres. Løsningen sparer tid og forbedrer arbejdsmiljøet.

Løsningen kan implementeres i bestående stalde, mens man i nye stalde bør vælge andre løsninger.



Figur 34: JH propløfter med mulighed for betjening på styreskab eller telefon. Kilde: JH Agro.

## 10. Erfaringer fra besøg hos biogasanlæg

Der er blevet udført besøg ved de 28 deltagende biogasanlæg, hvoraf nogle er gennemført som virtuelt møde grundet COVID-19 i 2020. Fra biogasanlæggene har det ofte været driftslederen og/eller den ansvarlige for leverandøraftaler, der har deltaget, til tider suppleret med en eller flere bestyrelsesmedlemmer med svineproduktion.

Rådgivningen både hos leverandører og biogasanlæg er positivt modtaget, og alle kan se, at der et potentiale som gerne skulle udnyttes.

Enkelte anlæg har allerede krav om, at gyllen højst må være én uge gammel, men det er vanskeligt at kontrollere, og deres leverandører adskiller sig derfor ikke væsentligt fra andre anlæg. Flere biogasanlæg har stillet krav om, at leverandører, der anvender lagertanke på op til 1.000 m<sup>3</sup> skal etablere en afhentningstank, af en størrelse der passer til ugeproduktionen, da gyllen ellers har let ved at blive for gammel. Projektet viser, at der er 3 % af leverandørerne, der benytter en afhentningstank på over 1.000 m<sup>3</sup>.

Det har været en overraskelse for mange biogasanlæg, at den ældste gylle i staldene let kan være mere end 6 uger gammel. Selv om der er tale om en mindre del af den samlede gyllemængde, er der et metanpotentiale, som går tabt.

For flere biogasanlæg er det synliggjort, at det ikke alene er leverandøren, der skal sørge for at få gyllen sluset ud hyppigt, men biogasanlæggene skal også sørge for at hente hyppigt, så gyllen ikke ligger længere end højst nødvendigt i afhentningstanken.

Det er vanskeligt at kontrollere om gyllen er ung eller gammel. De nuværende staldsystemer med manuelle gyllepropper inde i kummerne giver ikke mulighed for at følge op på, hvor ofte de trækkes. Endvidere at det ikke er muligt for biogasanlægget at måle på gyllen, om den er blevet udsluset hurtigt, hvorimod det er muligt at måle på tørstofindholdet i gyllen.

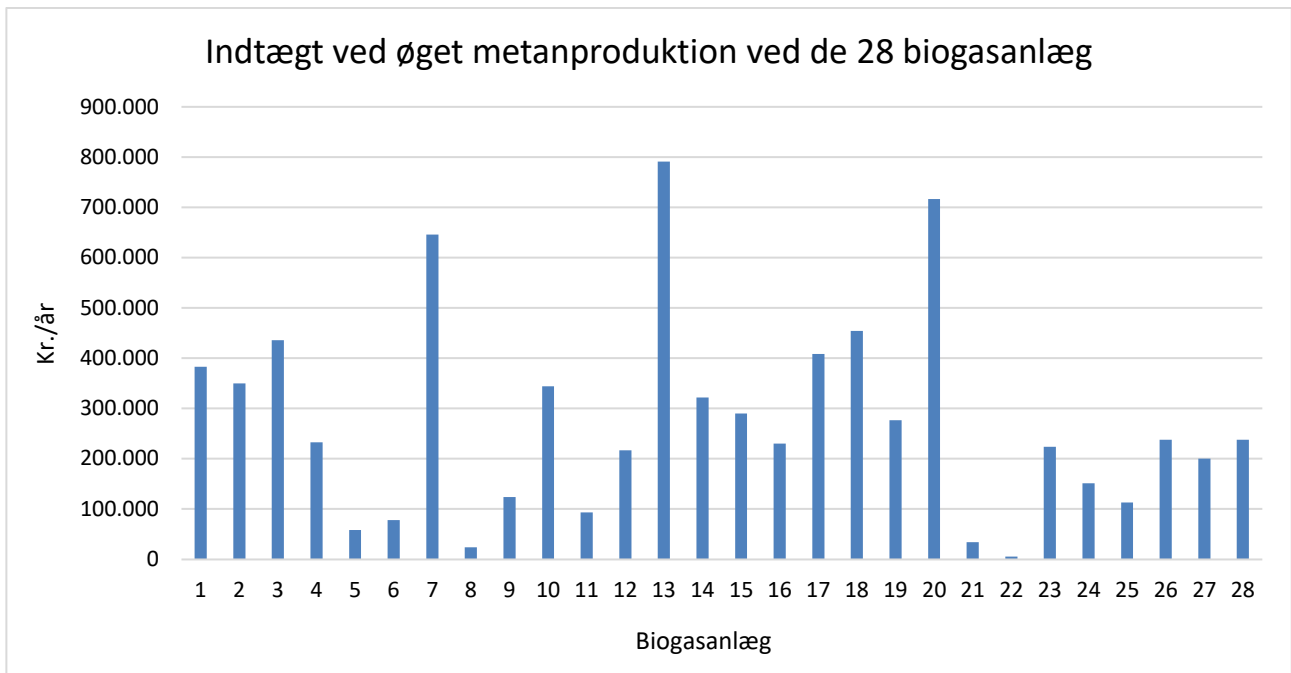
Det er et velkendt problem, at mange leverandører har små afhentningstanke, hvor der ikke kan hentes et helt læs på 39 m<sup>3</sup>, uden at staldpersonalet samtidig skal udsluse fra staldens gyllekummer. Det giver ofte ventetid for lastbilchaufførerne, og staldpersonalets velvillighed til at udsluse hyppigere er mindre, da det betyder, at de skal hive flere gyllepropper for at skabe et læs til chaufføren.

Etablering af større afhentningstanke med niveauekontrol, som biogasanlægget har adgang til, vil set fra biogasanlæggenes side være en stor hjælp til hyppigere udslusning, hos leverandører med en lille afhentningstank.

Biogasanlæggene har været positive for at bringe emnet om hyppig udslusning op på kommende leverandørmøder. Hvorvidt der skal være et økonomisk incitament til landmanden for at udsluse hyppigere, udover at to tredjedele af deltagende biogasanlæggene har en bonus/straf ordning, tages der først stilling til efter møderne.

## **11. Økonomi – salg af bionaturgas**

Dette projekt påviser, at en reduktion af gyllens opholdstid i staldene medfører et større indhold af metan i den gylle, der leveres til biogasanlægget. Der er således en direkte sammenhæng mellem hyppigere udslusning af gylle og en større indtægt fra gassalg. Gevinsten og hvordan den fordeler sig ved de 28 biogasanlæg, fremgår af Figur 35, denne er fundet ved en værdi på opgraderet biogas på 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>.



Figur 35: Indtægt ved øget metanproduktion på baggrund af hyppigere udslusning i staldene, opgjort pr. biogasanlæg.

Det øgede salg på biogasanlægget skyldes en mere frisk gylle med et højere metanindhold, som ved opgradering kan sælges til den nævnte pris. Værdien af metan er beskrevet senere i Tabel 25.

Den gennemsnitlige gevinst ved hyppigere udslusning på baggrund af leverandørernes vurdering fremgår af Tabel 23. Det er beregnet ved en reduktion af den gennemsnitlige opholdstid på 4,9 dage.

Tabel 23: Effekt af hyppigere udslusning på biogasanlægget på baggrund af leverandørernes vurdering.

Nøgletal for effekt af hyppigere udslusning på biogasanlægget		
Gennemsnitlig reduktion i opholdstid	0,74	uge
Øget gevinst af hyppigere udslusning	0,60	Nm <sup>3</sup> /tons gylle
	10,90	kg CO <sub>2</sub> /tons gylle
Effekt ved øget brændselssubstitution	1,23	kg CO <sub>2</sub> /tons gylle
Effekt ved øget metantab 1%	-0,11	kg CO <sub>2</sub> /tons gylle
Gennemsnitlige omkostninger ved hyppigere udslusning	3,26	kr./Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>

De gennemsnitlige omkostninger ved hyppigere udslusning er fundet til at være 3,26 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>. Sammenlignet med værdien for opgraderet biogas til gassystemet, som er 6,00 kr./Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>, vil der være en gevinst ved den hyppige udslusning. Dog skal der tillægges omkostninger til øget forbrug af vaskevand samt omkostninger til opgradering af den øgede mængde metan.

Biogas fra biogasanlæggene kan udnyttes på flere måder: (1) Via opgradering til "naturgaskvalitet" og levering ind på gassystemet, (2) som brændstof i en gasmotor der producerer el og varme, (3) direkte levering af biogassen til industrikunder og fjernvarmeværker udenom kollektive forsyningsledning.

Størstedelen af de besøgte biogasanlæg i projektet, producerer metan til naturgasnettet, hvorfor dette afsnit alene behandler økonomien for biogas, som opgraderes og leveres ind på gassystemet, og det forudsættes



at opgraderingsanlægget og tilslutningsanlægget til gassystemet, har kapacitet<sup>14</sup> til at håndtere øgede mængder metan fra den friske gylle, så der ikke skal foretages investeringer heri. Det falder uden for rapportens område at se på evt. investeringsomkostninger i opgraderings- og tilslutningsanlæg. Det er også muligt at have motoranlæg som producerer el- og varme. Der er andre tilskudssatser for denne type produktion som kan findes på Energistyrelsens hjemmeside.

### **11.1. Brændværdier**

Brændværdi og Nm<sup>3</sup> giver ofte anledning til forvirring. Det er vigtigt at holde fast i, at 1 kWh altid er lig med 1 kWh, og nemmere bliver det ikke, når der både findes øvre og nedre brændværdier. Ser man på prisdannelsen på Gasbørsen, er prisen pr. Nm<sup>3</sup> beregnet som naturgas ved øvre brændværdi. Den kan ikke direkte anvendes, når man aflæser volumen-måleren (i m<sup>3</sup>) på biogasanlægget. At priserne på gasbørsen er i €/MWh<sub>ø</sub> gør det ikke nemmere. Tabel 24 viser forskellen mellem øvre og nedre brændværdi for både opgraderet biogas (opgraderet biogas til gassystemet) og naturgas.

Tabel 24: Opgraderet biogas til gassystemet og naturgas angivet i Nm<sup>3</sup> (Normalkubikmeter) og i både øvre og nedre brændværdi.

	Øvre brændværdi	Nedre brændværdi
Opgraderet biogas til gassystemet	11,05 kWh <sub>ø</sub> /Nm <sup>3</sup>	9,97 kWh <sub>n</sub> /Nm <sup>3</sup>
Naturgas (Standardværdier)	12,157 kWh <sub>ø</sub> /Nm <sup>3</sup>	11,03 kWh <sub>n</sub> /Nm <sup>3</sup>

Som udgangspunkt bliver gassen og certifikater afregnet efter naturgas' øvre brændværdi med tilhørende takst. Energiindholdet i gassen måles på biogasanlæggets BMR-station via gaskromatografi. EVIDA oplyser mængden af kWh, der er målt i øvre brændværdi. Dette tal oplyses også til Energistyrelsen ifm. tildeling af støtte til bionaturgas. Energistyrelsen afregner derfra i gassens nedre brændværdi.

### **11.2. Støtte til opgraderet biogas til gassystemet**

Biogasanlæg har i 2020 skulle genansøge om pristillæg til produktion af opgraderet biogas til gassystemet, hvor der nu er sat en årsnorm på anlæggets støttetillæg. Årsnormen er opgjort i GJ ved gassens nedre brændværdi, modsat afregningen på gaspris og certifikater, som afregnes i øvre brændværdi. Antal kWh der måles af EVIDA skal derfor konverteres til nedre brændværdi, når støtten opgøres.

Støtten til bionaturgas opdeles i tre; Pristillæg 1 som er støtte til opgraderingsanlæg og net-tilslutningsanlæg, Pristillæg 2, som er gasprisstøtte og Pristillæg 3, som er et tidsafhængigt element. Pristillæg 3 blev dog helt udfaset i udgangen af 2019.

Pristillæg 1 er et fast tilskud, der indeksreguleres og udgør i 2020 2,973 kr./Nm<sup>3</sup> metan (82,6 kr./GJ). Støtten dækker omkostninger til opgraderingsanlæg og nettilslutning.

Pristillæg 2 er gasprisafhængigt og skal sikre en ensartet afregning af biogassen til biogasproducenterne, så når gaspriserne falder øges det gasprisafhængige tilskud, og når gasprisen stiger, falder det gasprisafhængige tilskud tilsvarende.

<sup>14</sup> Se også afsnittet om energiafgrøder

Pristillæg 2 er lidt tricky, for det regulerer bagud i forhold til foregående års gaspris på Gas Point Nordic (den danske gasbørs). Det medfører et likviditetsefterslæb hos biogasanlæggene, særlig i 2019, hvor Pristillæg 2 er beregnet på gaspriser for 2018, som var forholdsvis høje. Med lave gaspriser i 2019, har likviditetsefterslæbet kunne mærkes på anlæggene. Derudover var der en negativ støtteefterregulering med virkning fra 1. januar 2019. Pristillæg 2 udgør for 2020 1,577 kr./Nm<sup>3</sup> metan (43,8 kr./GJ).

Pristillæg 1 og 2 ydes, under visse betingelser, i 20 år fra biogasanlæggets opstart.

Pristillæg 3 skulle sikre fremdriften i udviklingen af biogasanlæggene, og havde en værdi på 36 øre/m<sup>3</sup> metan (10 kr./GJ) frem til 2016, for herefter med fast aftrapning over årene, og er helt udfaset i 2020.

Energistyrelsen står for udbetaling af støtten, og på deres hjemmeside kan støttesatserne findes fra 2013 og frem. De er gengivet i Tabel 25, med tilføjelse af gaspriserne i de enkelte år.

### **11.3. Biogascertifikater**

Energinet udsteder bionaturgascertifikater (á 1 MWh i øvre brændværdi (12,157 kWh/m<sup>3</sup>)) til ejerne af biogasanlægget. Certifikatet er en oprindelsesgaranti, der kobler bionaturgassen til de enkelte anlæg. Certifikaterne sikrer samtidig, at bionaturgassen overholder de danske bæredygtighedskriterier (se også Afsnit 11.8), som pt. tillader at op til 12% af den tilførte biomasse, må stamme fra energiafgrøder. Det forventes strammet yderligere pr. 1. august 2021.

Biogascertifikaterne kan dokumenteres yderligere med en af de 18 EU-godkendte certificeringsmodeller. Vi ser næsten kun REDcert og ISCC-certifikater i Danmark. Gennem REDcert- og ISCC-certifikaterne dokumenteres den biomasse, som er anvendt til fremstilling af biogassen. Som en del af certificeringen beregnes biogassens samlede CO<sub>2</sub> udledning, som stammer fra CO<sub>2</sub> udledningen fra transport af biomassen til biogasanlægget, biogasanlæggets samlede energiforbrug og CO<sub>2</sub> udledning fra dyrkning af energiafgrøder.

### **11.4. Hvem køber biogascertifikater**

Energinet laver opgørelser over, hvor biogassen sendes hen, baseret på certifikaternes oplysninger om hvilket land biogassen bliver sendt til. Og langt de fleste biogascertifikater ender i Sverige. Den svenske interesse er især begrundet i at svenske slutbrugere ikke betaler CO<sub>2</sub>-afgift, når de anvender biogas.

Certifikater leveret til Tyskland, dækker over alle certifikater, der sælges andre steder end Danmark og Sverige, idet de "kun" opgøres på det dansk/tyske grænsepunkt (Ellund) i gassystemet. Dvs. at certifikater leveret til fx Holland og Schweiz også tæller med her. Kunderne er industri, varmegærker og transport.

I Danmark er kunderne industri, transport og private. Udover gas til transport, er hele forbruget af opgraderet biogas til gassystemet i Danmark baseret på frivillighed. Den danske efterspørgsel er til at overse, og betalingsviljen er begrænset. En ordning som den svenske, med en afgiftsrabat er et scenarie, som i den grad må forventes at kunne øge den danske efterspørgsel.

## **11.5. CO<sub>2</sub>-kvoter**

EU's kvotehandelssystem kaldes også EU ETS. Systemet administreres af EU-medlemsstaterne og EU-kommissionen. Der er i systemet sat et loft for den totale mængde udledning af drivhusgasser. Over tid sænkes loftet, hvilket skal sikre, at den samlede udledning reduceres over årene.

Under dette loft modtager og handler virksomheder, der anvender kvotebelagt energi, CO<sub>2</sub>-kvoter. Kvotebelagte virksomheder skal i systemet tilbagebetale (returnere) et antal kvoter, som står i forhold til virksomhedens udledning (en CO<sub>2</sub>-kvote = 1 tons CO<sub>2</sub>). På den måde opnås en prissætning af CO<sub>2</sub>-udledningen, der er omfattet ordningen, samtidig med der sker en løbende reduktion af udledningen.

Mangler en kvotebelagt virksomhed kvoter, kan biogascertifikater træde i stedet for CO<sub>2</sub>-kvoter. I dag kan Energinets certifikater bruges af fx et kulfyret kraftværk, men der arbejdes på, at certifikater og gas skal følges ad, så vi forventer fremover, at dette kun vil gælde for kvoteomfattede virksomheder, der anvender naturgas. Kvote markedet handler til priser ca. 50% under certifikatmarkedet. Kvote markedet er dog stort, og kan som sådan, danne en "prisbund" under biogascertifikaterne.

## **11.6. Biogascertifikaternes værdi**

Prisdannelsen på opgraderet biogas til gassystemet følger dels gasbørsen for den fysiske gas og for certifikaterne efter aftale mellem gashandlere (fx energiselskaber) og producenten af biogassen. Aftalerne er typisk åremålskontrakter, således, at køber og sælger opnår sikkerhed for leverance, afsætning og pris.

Den højeste mulige afregningspris, set over aftaleperioden, er vigtig for producenterne af opgraderet biogas til gassystemet, hvorfor det handelsselskab, der kan tilbyde de bedste vilkår vælges som samarbejdspartner. Betalingsvilligheden for certifikater hos slutbrugerne er således afgørende for prisdannelses af opgraderet biogas til gassystemet.

Med Norlys' kendskab til markedet, og aftalerne mellem biogasproducenter og energiselskaber, vurderes det, at der er ca. 50 – 90 kr./MWh tilbage til biogasproducenten efter omkostninger er fratrukket. Det højeste tal er for REDcert/ISCC-certifikater, som også har de højeste omkostninger, både for producenten (øget dokumentation) og for energiselskabet, da REDcert/ISCC-certificeret biogas skal leveres med fuld dokumentation for det fysiske gasflow.

Norlys hører indimellem om meget høje priser for biogascertifikater, men det er vigtigt at huske, at gennemsnitsværdien, først opnås, når alle certifikater er solgt. Og certifikaternes "levetid" på 12 måneder, kan presse priserne, især på de ringeste kvaliteter, fx opgraderet biogas til gassystemet produceret på energiafgrøder eller palmeolierester.

Tabel 25: Værdi af opgraderet biogas til gassystemet fordelt på pristillæg i form af støtte fra Energistyrelsen, gaspris og bionaturgascertifikater med tilhørende takst i gassens nedre brændværdi.

Nedre brændværdi - DKK/kWh leveret

Pristillæg	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
79 kr./GJ – Indeksreguleret	0,2876	0,2891	0,2905	0,2916	0,2923	0,2945	0,2959	0,2973
26 kr./GJ – Naturgasreguleret	0,0781	0,0544	0,1105	0,1210	0,1732	0,1494	0,0842	0,1577
10 kr./GJ - Fast aftrapning	0,0360	0,0360	0,0360	0,0288	0,0216	0,0144	0,0072	0,0000
<b>Total</b>	<b>0,4018</b>	<b>0,3794</b>	<b>0,4370</b>	<b>0,4414</b>	<b>0,4871</b>	<b>0,4583</b>	<b>0,3874</b>	<b>0,4550</b>
Gaspris kr./kWh <sub>n</sub>	0,2306	0,1744	0,1641	0,1121	0,1357	0,1828	0,1095	0,0818
Biogascertifikater	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700	0,0700
<b>Samlet værdi af opgraderet biogas</b>	<b>0,7024</b>	<b>0,6239</b>	<b>0,6712</b>	<b>0,6235</b>	<b>0,6928</b>	<b>0,7110</b>	<b>0,5669</b>	<b>0,6068</b>

Gasprisen for 2020, er angivet som faktiske priser fra januar til og med oktober, samt et bud på prisen for november og december (~13,50 €/MWh).

Prisen for biogascertifikater er angivet med samme værdi i hele perioden, alene for at kunne sammenligne årene. I 2013 – 2015 har der ikke været nogen egentlig efterspørgsel, men det begynder at komme i 2016. Om det niveau vi ser i 2019 og 2020 holder på lang sigt, må tiden vise. Nye store biogasmængder fra nye leverandører vil presse priserne, medmindre nye kunder/markeder kommer til.

### 11.7. Biogassens værdi

Værdiansættelse af opgraderet biogas til gassystemet består, som det fremgår af ovenstående, dels af den værdi, som kan tilskrives gassens energiindhold, dels en værdi der vedrører biogascertifikaterne, som tilhører til den producerede gas.

Biogassens værdi er, som det fremgår af Tabel 25, 6,068 kr./Nm<sup>3</sup> metan, da der går 9,97 kWh<sub>n</sub>/Nm<sup>3</sup> metan. Projektet afdækker, at hyppig udslusning af gylle kan give et højere gasudbytte. Værdien heraf kan beregnes ved at bruge tabellens samlede værdi for opgraderet biogas. Højere metan indhold i gyllen, kan reducere energiforbruget pr. produceret Nm<sup>3</sup> opgraderet biogas til gassystemet i biogasanlægget, og dermed kan den faktiske CO<sub>2</sub>-udledning i certifikaterne reduceres. Alt andet lige, må dette medføre en højere værdi af certifikaterne.

### 11.8. Energiafgrøder

De danske bæredygtighedskriterier tillader, at op til 12 % af den tilførte biomasse, må stamme fra energiafgrøder. Kravet er foreløbigt gældende til 1. august 2021. Energiafgrøder er en vigtig del af biomassen, idet energiafgrøder tilfører en ønsket mængde tørstof til den "våde" gylle. Fjernes muligheden for at anvende energiafgrøder, vil metanproduktionen på biogasanlæggene reduceres væsentlig, med mindre de erstattes med alternative biomasser.

Tankesættet bag kravet er, at produktionsarealet til energiafgrøder optager arealer, hvor der kunne dyrkes foderstoffer, der kan anvendes til foderproduktion og fødevarer. Der er dog enkelte landbrugsarealer som ikke er omfattet af kravet, da disse kan anvendes til fx solcelleparker, men hvor produktionsarealet ikke reguleres på samme måde som, som hvis det blev anvendt til energiafgrøder.

På baggrund af oplæg og notater fra Biogas Danmark, forventer vi en reduktion i den tilladte mængde energiafgrøder, og at mérpotentialet fra hyppig udsluset gylle kan erstatte en del af den metanproduktion, som

falder væk ved reduktionen. Vedr. kapacitet i opgradering og net-tilslutning (se tidligere afsnit), kan det først vurderes, når vi kender den nye maksimalgrænse for tilførsel af energiafgrøder.

Et andet emne er efterspørgslen på biogas produceret på energiafgrøder. Norlys ser kun en meget begrænset efterspørgsel for opgraderet biogas til gassystemet produceret på energiafgrøder. Kunderne som køber den opgraderede biogas, er meget opmærksomme på energiafgrøder, og ønsker ikke det indgår i den leverede biogas. Det sker alligevel, men mest som en mindre del af den samlede leverede mængde, og typisk med baggrund i kundens ønske om at holde méromkostningen til opgraderet biogas til gassystemet nede. En reduktion af anvendelsen af energiafgrøder vil blive markedsdrevet, og reducere brugen af energiafgrøder.

### **11.9. Forventninger til biogasmarkedet**

Norlys forventer, at kunderne vil stille skærpede krav til biogassens bæredygtighed fremover. Sverige lukker pr. 1. januar 2021 fuldstændigt for opgraderet biogas til gassystemet produceret på energiafgrøder og fødevarer, hvilket er fint i tråd med vores holdning til energiafgrøder.

EU-direktiv 2018/2001 angiver i bilag IX, del A. ("dobbelttællingslisten"), hvilke biomasser der må anvendes til biogas til transport og avancerede biobrændstoffer og samtidig være dobbelttællende. Allerede nu ser vi kunder, som ikke ønsker restprodukter fra palmeolieproduktion, uagtet at de er på listen, idet palmeoliens miljøgevinst er noget omdiskuteret.

Norlys forventer, at kritiske/bevidste kunder fremover vil skærpe kravene til hvordan, og på hvad, den opgraderede biogas til gassystemet er produceret, samt se på den eksakte CO<sub>2</sub> udledning fra biogassen. Reduceret CO<sub>2</sub>-udledning, som er beregnet her i projektet, bør kunne omsættes til mérværdi for den opgraderede biogas til gassystemet.

Biogas til transportsektoren, direkte til gasdrevne køretøjer og indirekte til produktion af biodiesel, er omfattet af krav til CO<sub>2</sub>-besparelsen. CO<sub>2</sub>-udledningen beregnes for den producerede biogas, dokumenteres via REDcert/ISCC-certifikater, og angives som en CO<sub>2</sub>-reduktion i %, i forhold til referenceværdien, som pt. er 83,8 gram CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. MJ. Kravet skærpes løbende, og selvom CO<sub>2</sub>-udledningen fra gylle kan komme over 100 % ifølge RED II, som træder i kraft pr. 1. juli 2021, vil der fremadrettet være stigende fokus på den faktiske CO<sub>2</sub>-udledning fra opgraderet biogas til gassystemet. Også her bør den reducerede CO<sub>2</sub>-udledning beregnet i projektet, kunne omsættes til mérværdi.

Norlys får ind i mellem forespørgsler på økologisk opgraderet biogas til gassystemet. Vi har det ikke i vores portefølje, og kender derfor ikke kundernes vilje til at betale ekstra herfor. Men vi ved, at økologerne efterspørger afgasset gylle fra produktionen af økologisk biogas. Norlys forventer både at tilgangen af opgraderet biogas til gassystemet fra økologer vil stige, men også, at det vil have en mérværdi for biogassen.

## **11.10. Energiforbrug på biogasanlæggene**

Energiforbruget hos de forskellige biogasanlæg kan variere en del. Forskellen i energiforbruget er særlig relateret til de forskellige principper, der anvendes for opgradering af biogas inden gassen leveres til naturgasnettet. Ligeledes er der forskel på, hvilken energiart, der anvendes på biogasanlæggene.

I det omfang den anvendte energi på biogasanlæggene udleder CO<sub>2</sub>, vil en reduktion af energiforbruget på biogasanlæggene medføre, at biogascertifikaterne påføres en lavere CO<sub>2</sub>-emission pr. produceret energi enhed.

Jo lavere CO<sub>2</sub>-emissionen på biogascertifikaterne er, jo højere er den potentielle pris for certificaterne. Biogasanlæggene har derfor et incitament til at nedbringe energiforbruget til fremstilling af den metan, der sælges via naturgasnettet.

I det nuværende certifikationsystem er der således indbygget et incitament for biogasanlæggene til at reducere energiforbruget til på anlæggene.

Merprisen, som følger af en lavere CO<sub>2</sub>-emission, på biogascertifikaterne, vil næppe i væsentlig grad kunne bidrage til rentabiliteten af energispareprojekter på de biogasanlæg, der indgår i projektet. Det syntes ikke sandsynlig, at dette vil ændre sig foreløbig. Biogasanlæggene er således underlagt de samme vilkår i forhold til at gennemfører energispareprojekter, som er gældende for det øvrige erhvervsliv i DK.

## **12. Anbefalinger**

Biogasanlæg og leverandører hertil bør i fællesskab drøfte, hvad der skal til for at få udsluset gyllen hyppigere og få den hurtigt bragt ind på biogasanlægget. 2/3-dele af anlæggene har bonus-/strafordninger baseret på tørstofindhold, men disse ordninger er generelt ikke incitament nok til, at landmanden har tilstrækkelig fokus på at udsluse gyllen hyppigt, og reducere vandindholdet i gyllen, så den opnår et højt indhold af tørstof. Bonus-/strafordning tilgodeser de leverandører, der har gylle med et højt tørstofindhold, hvilket i højere grad vil fremkomme, når gyllen udsluses hyppigt, og når vaskevand ledes direkte til lagertank. Det underbygges af, at der er observeret stor spredning på, hvor meget vaskevand der er i gyllen.

Biogasanlæggene bør have stor fokus på at afhente gyllen så hyppigt som muligt, hvilket vil sige, hver gang der er et læs. Flere leverandører nævner ved besøgene, at biogasanlæggene ikke henter, før der er flere læs på ejendommen, selv om gyllen er klar.

Biogasanlæggene bør ud fra deres biogasrapport, udarbejde en handlingsplan for at implementere hyppigere udslusning hos deres leverandører. Hvis rapporten viser, at leverandørerne har vurderet, at gyllens alder kan reduceres fra eksempelvis 2,3 uger til 1,6 uger, bør leverandørerne og biogasanlæg i fællesskab drøfte, hvad der skal til for at nå målet. Ved nogle leverandører vil det medføre få omkostninger til hyppigere trækning af propper, og ved andre medfører det højere omkostninger, fordi der skal etableres en ny afhentningstank.

Ud fra de nu kendte omkostninger til hyppigere udslusning hos de enkelte leverandører, bør det undersøges om bonus/strafordning er incitament nok, til at få en mere frisk gylle, eller om der skal kigges på andre ordninger. Her skal det også drøftes, hvordan biogasanlægget sikres, at gyllen reelt udsluses hyppigere. Da det umiddelbart ikke er muligt at logge data på, hvor ofte der udsluses gylle, bliver det en tillidsag.

## **13.      **Anbefalinger ved nybygning af stalde****

### ***13.1. Afhentningstanke***

Ved planlægning af nybyggeri af stalde, bør man have stor fokus på gylleudslusningslogistikken, herunder størrelse og placering af afhentningstanke. Afhentnings- og lagertankene bør ikke placeres tæt ved staldbygningerne, da dette øger risikoen for kontaminering af indsugningsluften til ventilationsanlæggene, når der kommer retur luft ud ved fyldning af tankbilerne. I stedet kan man etablere gennempumplingsbrønde som man udsluser til, og herfra kontinuert pumper gyllen til afhentningstank, samtidig med udslusning. Samtidig bør der etableres en pumpeledning fra gennempumplingsbrønden, så vaskevand kan ledes udenom afhentningstanken, og i stedet pumpe det direkte til en lagertank. Skift imellem de 2 pumpeledninger bør kunne udføres inde fra staldanlægget.

Størrelsen af afhentningstanken bør minimum svare til rumindholdet af den største kumme i stalden + indholdet af en tankbil, og gerne kunne rumme en uges produktion af gylle fra de stalde, den betjener. Tanken bør være overdækket med teltdug eller beton overdækning. Af hensyn til fyldehastigheden på tankbilen (afhængig af pumpebestykning på denne), bør bunden af afhentningstanken være maks. 2 m under det terræn, hvor tankbilen holder.

Afhentningstanken bør forsynes med tryksensor eller lignende, som sammen med en styring, gør det muligt at se / aflæse, hvor meget gylle, der er i tanken. Dette kan eventuelt kombineres med SRO-anlægget på biogasanlægget. Tanken bør forsynes med omrører, som kan fjernbetjenes. Afhentningstanken bør placeres på et sted med gode tilkørselsforhold, hvor tankbilen let kan køre til og fra, uden at skulle bakke. Hvis gyllen der leveres til biogasanlæg, skal retur til samme adresse, som den hentes fra, er det mest transporteffektivt at placere afhentningstanken i forbindelse med de lagertanke, hvor den afgassede returgylle skal aflæsses. Det giver også mulighed for at etablere overløb fra afhentningstank til lagertank, se Figur 36.



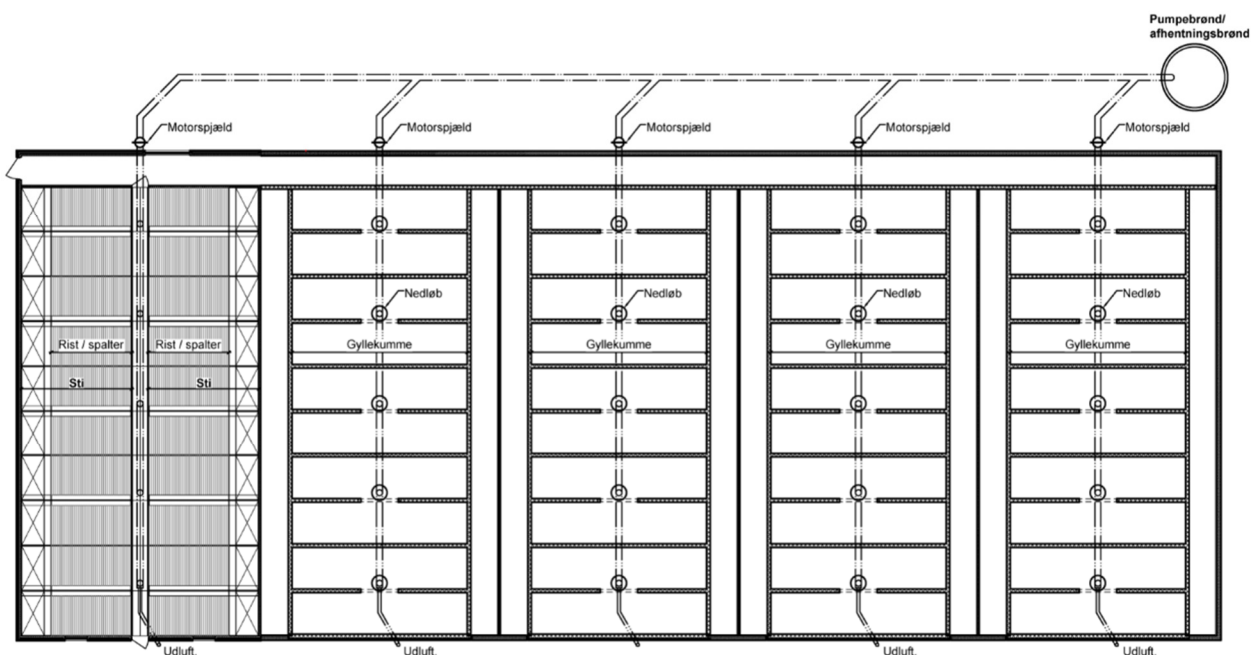
Figur 36: Afhentningstank med overløb til lagertank.

### ***13.2. Automatisk udslusning***

I nye stalde bør automatisk udslusning etableres uden brug af propper for at reducere arbejdsforbrug og forbedre arbejdsmiljøet i staldene. Det kan udformes som traditionelle gyllekummer, hvor gyllen udsluses via ventiler placeret på rørstrengen, som skitseret i Figur 37.

Som nævnt kan dette variere i udformning, afhængig af placering og størrelse på kummer, samt placering af rør. Bemærk, at der udsluses til pumpebrønd, hvorfra gyllen pumpes videre til afhentningstank.

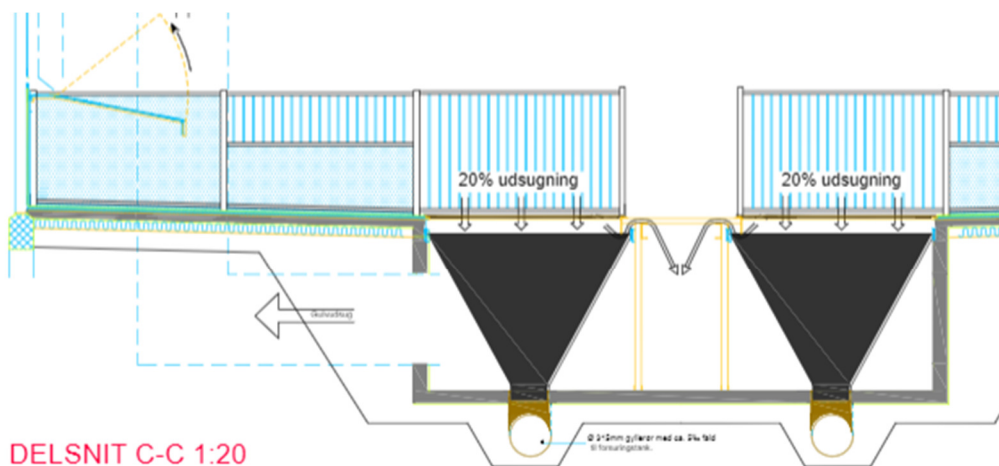




Figur 37: Central gylleudslusning via udendørs motorspjæld. Se toppen af staldafsnit hvor motorspjæld er vist.

### 13.3. Kegleformet bund

I stedet for den traditionelle gyllekumme, kan der under kummeoverdækningen (riste eller spalter), etableres kegleformede "tragte". Disse tragte har en skridningsvinkel der bevirker, at gyllen løber ned ad siderne. Tragtene munder ud i et fælles rør, og dette rør ender med et spjæld. Spjældet kan aktiveres manuelt eller med automatik. I forhold til traditionelle gyllekummer er der i denne form for bund ikke problemer med ophobning af fastgødningsfragmenter eller flydelag. Det vil sige, at gyllen kan udsluses ved en meget lille kummefyldning i forhold til traditionelle gyllekummer med plan bund. Arbejdsforbruget ved udslusning er derfor meget enkelt at indarbejde i de daglige rutiner, se Figur 38. Denne løsning kan ikke anvendes sammen med gyllekøling.



Figur 38: Kegleformede gyllekummer med skrå bund.

Denne form for bund kan indbygges i bestående stalde, i det omfang man har vurderet, at staldens ydre har en restlevetid, der modsvarer levetiden af den nye bund – ellers vil det kun være en mulighed i nye stalde. Prisen for etablering af kegleformet bund, opgives af producenten til at være det samme som ved etablering af konventionelle flade gyllekummer. Byggeri & Teknik I/S har verificeret dette ved en efterfølgende kalkulation.

Ud over forbedring af arbejdsmiljøet ved en hyppig automatisk udslusning, giver den kegleformede bund andre fordele, bl.a. mindre NH<sub>3</sub>-emission fra stalden på grund af en mindre overflade på gyllen, og en forbedret luftkvalitet, idet der i rammen omkring den kegleformede bund er etableret en gulvudsugningskanal, der muliggør at suge kontamineret luft i staldrummet ud gennem kummeoverdækningen, fremfor op gennem staldrummet.

### **13.4. Vaskevand**

Ved planlægning af nye stalde bør det inddrages, at der skal være mulighed for at separere vaskevand fra gyllen jf. scenarie 2 og 3 i Figur 15. Pumpen bør være installeret i en lille pumpebrønd med sump, fremfor en "in-line" pumpe monteret på rørledningen, da denne er sårbar overfor fremmedlegemer i gyllen. Se også punkt 13.1

### **13.5. Afhentningslogistik**

Hvor det er muligt set i forhold til størrelsen af afhentningstanken (rumindhold i afhentningstank > tankbil), bør man etablere automatisk kommunikation mellem leverandørstedet og biogasselskabet om afhentningstankens aktuelle fyldningsgrad. Det vil give mulighed for at optimere planlægningen omkring afhentning af gylle hos leverandørerne.

### **13.6. Pumpeledning**

Etablering af en pumpeledning, der pumper rågylle fra leverandør til biogasanlæg, og afgasset gylle retur, vil indirekte have indflydelse på hyppig udslusning af gyllen. Det vil medføre at gyllen kan pumpes videre fra afhentningstanken til biogasanlægget med det samme, og derved sker der kun minimal tab af metan. Afhentningstankens størrelse får også mindre betydning, da den ikke længere er afhængig af, at skulle kunne rumme en tankbilfuld på 40 m<sup>3</sup>. Ved nye stalde, og hvor stalden ligger i en fornuftig afstand fra biogasanlægget, bør det overvejes at etablere en pumpeledning. Det giver fordele i forhold til at få gyllen hurtigt ned til biogasanlægget, og det reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen fra lastbiltransport.

### **13.7. Gyllekøling**

Som det fremgår af Figur 23 er gyllekøling effektiv til reduktion af metanproduktion i gyllekummer. Metanproduktionen går næsten helt i stå. Gyllekøling bidrager dog med en stor mængde varme, og normalt mere end opvarmningen af stalde har brug for. Som det fremgår af rapporten, ligger det største potentiale for CO<sub>2</sub>-reduktion hos slagtesvin og smågrise. Især hos slagtesvin er der kun et lille, eller intet behov for varme, og her vil gyllekøling bidrage med meget varme, som der ikke umiddelbart er anvendelse for.

Gyllekøling er en mulighed, som især bør overvejes i stalde, hvor varmen kan udnyttes på ejendommen, og hvor hyppig udslusning er vanskelig at gennemføre. Det er samtidig vigtigt at forholde sig til, at hvis gyllekølingsanlægget standses om sommeren, fordi varmen ikke kan udnyttes på det tidspunkt, så er der ingen gyllekøling i den varme periode, hvor kølingen ville gøre mest gavn i forhold til reduktion af metan.

## 14. Perspektivering

Dette projekt har alene omhandlet muligheder for reduktion af metanemission hos leverandører af svinegylle til biogasanlæg, ved hyppigere udslusning af gylle. Ud fra den betragtning, at gyllen fra staldene udsluses til en køligere afhentningstank, hvor der naturligt er en lavere metanproduktion, vil metanemissionsreduktionen til dels også kunne overføres til svineproduktioner, som ikke leverer til biogasanlæg. Den samlede gyllemængde i dette projekt har omfattet ca. 2,1 mio. tons gylle, og da den samlede mængde svinegylle i Danmark er ca. 19 mio. tons gylle, svarer det til en undersøgelse hos ca. 11 % af svinebrugene.

Udrådningforsøgene gennemført i projektet viser, at gyllekøling stort set sætter metaniseringsprocessen i stå, hvorved potentialet ved hyppigere udslusning ikke vil være til stede. Derfor er det i nedenstående beregninger forudsat, at 16,7 % af gyllemængden har gyllekøling, hvilket resultaterne fra besøgene i dette projekt viser. Det antages, at gyllekølingen er i drift ca. 60 % af tiden, hvorved en mængde på 10 % er fratrukket den samlede gyllemængde, hvor der må forventes at være et potentiale ved hyppigere udslusning. Yderligere indregnes et fradrag på 1 % for gylleforsuring (Olesen et al, 2018). Derfor regnes det samlede potentiale ved ca. 17. mio. ton gylle.

Nedenstående perspektivering over til den samlede danske svineproduktion er en teoretisk betragtning, da der som nævnt, kun er undersøgt potentialet for ca. 11 % af svinebrugene. Det er vigtigt at understrege, at i denne perspektivering, er det en forudsætning, at hele mængden af svinegylle leveres til biogasanlæg, for at kunne indregne det samlede reduktionspotentiale. Uden levering til biogasanlæg for afgang vil der, selv med hyppig udslusning til en køligere lagertank, ske en metaniseringsproces, der vil medføre et tab af metan.

Der er i Tabel 26 beregnet det samlede potentiale af hyppigere udslusning, ud fra leverandørernes vurderede potentiale, målt på CO<sub>2</sub>-reduktion og økonomi ved ekstra metan, hvis der skaleres til ca. 17. mio. ton gylle, som er Danmarks totale gyllemængde fra svin fratrukket gyllekøling og gylleforsuring. De anvendte forudsætninger er ud fra de gennemsnitligt observerede værdier hos leverandørerne, som er tidligere beskrevet i projektet.

Omregnes projektets reduktionspotentiale, ud fra leverandørernes vurdering, til at omfatte hele Danmarks svineproduktion, og der kunne opnås samme reduktion i metanemissionen, ville potentialet være ca. 203.000 tons CO<sub>2</sub>-ækv., svarende til 12,03 kg CO<sub>2</sub>-ækv. /tons gylle, som det fremgår af Tabel 26.

Tabel 26: Samlede potentiale på baggrund af leverandørens vurdering for CO<sub>2</sub>-reduktion og gaspotentiale ved hyppigere udslusning for den samlede gyllemængde i Danmark.

Ekstra metan	Anslået potentiale på baggrund af leverandørernes vurdering i DK ved hele gyllemængden fra svin	Ca. 10 mio.	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /år
Gyllemængde (svinegylle i DK)		Ca. 17 mio.	ton gylle
<b>Mindsket emission hyppig udslusning</b>		<b>Ca. 184.000</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
Metantab fra biogasanlæg 1 %		<b>10,90</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Øget substitution naturgas		Ca. -2.000	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
		Ca. 21.000	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
<b>Samlet effekt</b>		<b>203.000</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>12,03</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Værdi af ekstra metan		Ca. 60 mio.	kr./år

Ved anvendelse af det teoretiske maksimale potentiale, som opnås ved udslusning ved en kumme fyldningsgrad på 25 %, kan der opnås en større gevinst, end det som i projektet er vurderet hos leverandørerne. Det skal dog nævnes, at der i visse tilfælde vil være praktiske forhold, som gør at udslusning ved 25 % kumme fyldning ikke er muligt. Beregningerne af det teoretiske maksimale potentiale for Danmark svineproduktion er vist i Tabel 27.

Omregnes projektets maksimale reduktionspotentiale til at omfatte hele Danmarks svineproduktion, og der kunne opnås samme reduktion i metanemissionen, ville potentialet være ca. 361.000 tons CO<sub>2</sub>-ækv., svarende til 21,39 kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle, som det fremgår af Tabel 27.

Tabel 27: Samlede maksimale potentiale for CO<sub>2</sub>-reduktion og gaspotentiale ved hyppigere udslusning for den samlede gyllemængde i Danmark.

Ekstra metan	Anslået teoretisk maks. potentiale i DK ved hele gyllemængden fra svin	Ca. 16,9 mio.	Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /år
Gyllemængde (svinegylle i DK)		Ca. 17 mio.	ton gylle
<b>Mindsket emission hyppig udslusning</b>		<b>330.000</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
Metantab fra biogasanlæg 1 %		<b>19,54</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Øget substitution naturgas		Ca. -3.000	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
		Ca. 34.000	ton CO <sub>2</sub> -ækv./år
<b>Samlet effekt</b>		<b>Ca. 361.000</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>-ækv./år</b>
		<b>21,39</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>-ækv./tons gylle</b>
Værdi af ekstra metan		Ca. 101 mio.	kr./år

Det er vigtigt at understrege, at for at kunne perspektivere ud fra et teoretisk maksimalt potentiale, er der opsat en forudsætning om, at alle leverandører kan udsluse ved 25 % kumme fyldning. Det er tidligere omtalt ved Tabel 6, der viser det maksimale teoretiske potentiale, hvor det forudsættes at alle 405 leverandøradresser udsluser ved 25 % fyldningsgrad, også de leverandører der reelt mener, at de ikke kan udsluse hyppigere end de allerede gør. Der er således ikke taget i betragtning, at der i de enkelte stalde kan være praktiske forhold, der gør, at hyppigere udslusning ikke er muligt, eller at det bliver en høj investering i forhold til effekten. Derfor skal dette potentiale håndteres med forbehold. Yderligere er der ikke beregnet, hvilke omkostninger der relaterer sig til det maksimale teoretiske potentiale.

Det samlede realistiske reduktionspotentiale vurderes at ligge mellem 203.000 tons CO<sub>2</sub>-ækv. og 361.000 tons CO<sub>2</sub>-ækv. Det vil sige et sted imellem det, som fra leverandørernes side vurderes at være muligt, og det som vil kunne opnås, uagtet om det er praktisk muligt, og hvor høje omkostningerne end vil blive for at opnå det teoretiske potentiale.

Det er ikke undersøgt, hvor stort et metantab, der kan være i kvæggylle og dybstrøelse. I kvæggylle er gyllens temperatur lavere, fordi dyrene typisk går i åbne stalde, derfor formodes metantabet at være lavere. For dybstrøelsens vedkommende afhænger det bl.a. af, hvor lang tid det ligger, før det afhentes til biogasanlægget. Her kan der også være et metantab, der kunne reduceres ved hyppigere afhentning.

#### **Lignende projekter:**

Forskningsprojektet "INTEgreret Reduktion af METHan-emission fra husdyrgødning" skal udvikle og dokumentere strategier til reduktion af metanemissioner fra husdyrgødning. Der arbejdes her med hele kæden fra udskillelse til lagring, og der kigges bl.a. på hyppigere udslusning, nye staldindretninger og udslusningssystemer. Formålet med projektet er at udvikle veldokumenterede løsninger, der fungerer i praksis, både i eksisterende og nye staldsystemer. Projektet udarbejdes i et samarbejde mellem DTU, SEGES og AU, og er støttet af Landbrugsstyrelsen.

Dokumenteret bæredygtighed og ressourceoptimering i hele svinekødets værdikæde / CSR-Pork 4.0.

Projektet er et GUDP-projekt, der afvikles 31.12.2021. Projektets deltagere er Danish Crown, Aarhus Universitet og SEGES. Projektet vil opsamle data og udvikle nye systemer og modeller til et såkaldt beslutningsstøttesystem, der skal sikre dokumentation af svinekødets miljøprofil. På den måde kan man følge produkternes vej gennem hele værdikæden.

Sideløbende arbejder Danish Crown med klimacertificering af leverandører af danske svin gennem projektet Klimavejen. Et vigtigt virkemiddel i reduktion af CO<sub>2</sub>-udledningen er gylleudslusning. Gylleudslusning bidrager med 46 % af det samlede reduktionspotentiale ved den pågældende bedrift i 2019. Nedenstående eksempel er baseret på CO<sub>2</sub>-udledningen pr. slagtesvin, antaget, at et slagtesvin producerer 0,55 ton gylle (Normtal 2019) er reduktionspotentiale 24,4 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. ton gylle i 2019. Dette potentiale ligger noget højere end gennemsnittet fundet i projektet, og det ville være interessant at sammenligne de resultater Danish Crown har fundet ifm. besøg hos leverandørerne af danske svin, da godt 90 % af alle leverandører er klimakontrollerede (Danish Crown, 2020).

## 15. Kvalitetssikring af projektet

Indsamling af data på ejendomme med husdyrproduktion, som har betydning for frekvensen af gylleudslusning og hyppighed for afhentning af gylle, er foretaget i et standardiseret format.

Ved leverandørbesøgene, udført af Byggeri & teknik I/S, har der været fokus på, at projektmedarbejderen er tilstrækkeligt oplært i at foretage besøg, indsamle og opmåle data, hvorved det sikres at opmåling og registrering af relevante forhold foretages på en ensartet og systematisk måde gennem hele projektperioden. Alle oplysninger blev vurderet fagligt på stedet, så der udelukkende blev arbejdet videre med data, som kunne forventes realiseret i virkeligheden. Hvis der var tilfælde, hvor de opgivne oplysninger blev vurderet som ikke sandsynlige, blev de forsøgt verificeret en ekstra gang.

Beregninger af den potentielle reduktion i metanemissioner, er udarbejdet på baggrund af leverandørernes vurderinger, og de opmålinger der er foretaget i stalden. De er efterfølgende indsat i et regneark, udarbejdet i et samarbejde mellem Aarhus Universitet, Byggeri og Teknik I/S og PlanEnergi på baggrund af beregningsmetoder anvendt i DCE rapport nr. 197 (Mikkelsen MH, Albrechtsen R, Gyldenkerne S, 2016).

Før de endelige rapporter blev sendt til leverandørerne, blev de gennemgået på et ugentligt møde hos Byggeri & Teknik I/S, hvor minimum 2 fagpersoner på området deltog udover projektmedarbejderen, som udførte besøgene.

Der er på baggrund af leverandørrapporterne til den enkelte leverandør, udarbejdet en samlet rapport til biogasanlægget over de samlede resultater fra leverandørbesøgene. Disse er udarbejdet på baggrund af et standardiseret regneark, samt rapportopsætning i Microsoft Word for at sikre homogenitet. Rapporten er kvalitetssikret af en fagperson, ved både Byggeri og Teknik og PlanEnergi, før den deles med biogasanlægget.

Biogasrådgivningsrapporterne er kvalitetssikret af en fagperson fra PlanEnergi inden de fremsendes til biogasanlægget. Skulle der være nogle kommentarer eller rettelser, er disse udbedret efter mødet og en endelig rapport er fremsendt til biogasanlægget.

Resultaterne af projektet bygger således på et omfattende datagrundlag vedrørende indretningen af stalde, anlæg til udslusning og afhentning af gylle, hyppighed for udslusning og afhentning af gylle hos husdyrproducenter, der leverer gylle til biogasanlæg.

### Datasikkerhed og GDPR

Der er i projektet håndteret en stor mængde personoplysninger. Disse er håndteret i overensstemmelse for Databeskyttelsesforordningen (GDPR). Dette er gjort gennem aftaler med alle leverandører og biogasanlæg for at informere dem om, hvordan data opbevares, og at det præsenteres i anonymiseret form for at sikre, at den enkelte leverandør ikke kan identificeres.

Der er indgået aftale med en databehandler Jysk IT for at sikre korrekt opbevaring af personoplysninger og databeskyttelse.

## 16. Referenceliste og ordforklaring

- Birkmose, T., Tybirk P. 2013. Gyllens sammensætning – indhold og dokumentation. <https://do-cplayer.dk/8468960-Dokumentation-af-torkild-birkmose-agrotech-og-per-tybirk-videncenter-for-svineproduktion-rapport.html>
- Danish Crown, 2020. <https://www.danishcrown.com/da-dk/baeredygtighed/klimafremskridt-for-danske-grise/jens-gudike-fly-christensen-gaar-klimavejen/>
- Holm, M., Hansen, R.K. 2016. Gyllekølings effekt på spaltegulvstemperaturen i farestalde. Erfaring nr. 1602, SEGES Svineproduktion.
- Holm, M., Sørensen, K.B., Nielsen, M.B.F. 2017. Ammoniak- og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvine-stalde. Meddelelse nr. 1105, SEGES Svineproduktion.
- Klima, Energi og Forsyningsministeriet, 2020. Klimaprogram 2020. [https://kefm.dk/Media/6/4/Klimaprogram\\_2020%20\(2\).pdf](https://kefm.dk/Media/6/4/Klimaprogram_2020%20(2).pdf)
- Klimarådet, 2020. Kendte veje og nye spor til 70 procents reduktion. ISBN-13: 978-87-998744-8-4. [https://www.klimaraadet.dk/sites/default/files/downloads/70\\_pct\\_analyse.pdf](https://www.klimaraadet.dk/sites/default/files/downloads/70_pct_analyse.pdf)
- Mikkelsen MH, Albrechtsen R, Gyldenkerne S, 2016. Biogasproduktions konsekvenser for drivhusgasudledning i landbruget. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 41 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 197.
- Møller, H.B., Nielsen, K.J., Nedergaard, A.H. 2019. Præproces biogas til energi – slutrapport. Aarhus Universitet og Plan Energi.
- Møller, H.B., Nielsen, K.J., 2016. Biogas Taskforce – udvikling og effektivisering af biogasproduktionen i Danmark. Aarhus Universitet, DCA rapport Nr. 077.
- Møller HB, Nielsen A, Murto M, Christensson K, 2008. Manure and energy crops for biogasproduction Nordic council of Ministers TemaNord, ISSN 0908-6692; 2008:544.
- Olesen, J. E., Møller, H. B., Petersen, S. O., Sørensen, P., Nyord, T. og Sommer, S. G., 2020 Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. 28 s. - DCA rapport nr. 175 <https://dcapub.au.dk/djfpdf/DCArapport175.pdf>
- Olesen, J. E., Møller, Sørensen, P., Petersen, S.O., Lund, P., Kristensen, T., Elsgaard, L., Lassen, J., 2018 Aarhus Universitet, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. - DCA rapport nr. 130 <https://dcapub.au.dk/djfpublikation/djfpdf/DCArapport130.pdf>
- Petersen, S. O., 2020. Opdatering af klimaeffekter for virkemidler i landbruget bl.a. som følge af nyt kvælstof-virkemiddel. DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. <https://www.ft.dk/samling/20191/alm-del/MOF/bilag/679/2233643/index.htm>
- Petersen, S. O., Olsen, A. B., Elsgaard, L., Triolo, J. M., & Sommer, S. G. 2016. Estimation of Methane Emissions from Slurry Pits below Pig and Cattle Confinements. P L o S One, 11(8), [e0160968]. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.016096>

## Ordforklaring

Kumme	<p>En kumme er det opsamlingsvolumen, der er til gylle for hver gylleprop eller udslusningssted. Volumenet regnes som summen af alle kummer i en staldsektion.</p> <p><i>Volumen Brutto:</i> Den mængde gylle der kan være i kummen, når den er fyldt op til underkanten af kummeafdækningen (spalter eller riste).</p> <p><i>Volumen Aktuel:</i> Den kummefyldning der er i dag ved udslusning, som procent af brutto volumen. Regnes som sum af alle kummer i en sektion.</p> <p><i>Volumen Potential:</i> Den kummefyldning der forventes opnået efter implementering af forslag til hyppigere udslusning, beregnet som procent af brutto</p>
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> (kuldioxid) er en drivhusgas.
CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub> (metan) er en drivhusgas, der virker ca. 25 gange kraftigere end CO <sub>2</sub> . CH <sub>4</sub> opstår ved nedbrydning af organisk materiale. Omregnet med vægtfylde 0,7158 kg/m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> iflg. DCE-rapport nr. 197, Aarhus Universitet, ved 0°C.
Nm <sup>3</sup>	Normalkubikmeter, volumenenhed for gasser målt ved 0 °C og 1 atm tryk.
Biogas	Ca. 60 % metan og 40 % kuldioxid. Opstår ved nedbrydning af organisk materiale i iltfrie/anaerobe miljøer.
Opgraderet biogas til gassystemet	Biogas hvor CO <sub>2</sub> er taget ud så det primært består af metan, svarende til naturgaskvalitet, og kan injiceres i naturgasnettet.
VS (volatile solid)	Organisk tørstof. Som udgangspunkt den del af tørstoffet, som kan omsættes til metan. Der er dog andele af det organiske tørstof som ikke omsættes i væsentlig grad, fx lignin
TS	Tørstof. Består af både uorganisk, og organisk tørstof. Uorganisk tørstof er fx salte, sand mm.