

# Ugentlig udslusning i kombination med gyllekøling

Stine Grønborg, Søren Kjærgaard Boldsen og Pia Brandt

*SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning*

STØTTET AF

## Svineafgiftsfonden

---

### Hovedkonklusion

Ugentlig udslusning i kombination med gyllekøling (gennemsnitlig køleeffekt: 18,2 W/m<sup>2</sup>) reducerede metanemissionen fra en slagtegrisesektion med 35 % sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge kombineret med gyllekøling. Der var ikke signifikant effekt på ammoniak- eller lugtemissionen.

---

### Sammendrag

Afprøvningen blev gennemført i en slagtegrise-stald i to sektioner á 408 stipladser. Sektionerne var indrettet med 12 stier i hver stirække og med delvist fast gulv (27 %). Der var etableret gyllekøling i begge sektioner og køleslangerne var nedstøbt i bunden af gyllekummerne. Køleeffekten var i gennemsnit 18,2 W/m<sup>2</sup> og var således lavere end de ønskede 26 W/m<sup>2</sup> - særligt i juni/juli måned var køleeffekten væsentlig lavere end ønsket (12,4 W/m<sup>2</sup>).

Der indgik to grupper i afprøvningen. I kontrolgruppen (gyllekøling) blev gyllen sluset ud hver 4.-5. uge og i forsøgsgruppen (gyllekøling + ugentlig udslusning) blev gyllen sluset ud hver uge. Der blev gennemført 12 måleperioder fordelt over 12 måneder, hvor der blev målt koncentration af ammoniak, metan og kuldioxid med Cavity Ring-Down Spectroscopy (CRDS), heraf inkluderede fire af måleperioderne også kemiske målinger af lugt med Proton Transfer Reaction – Mass Spectrometry (PTR-MS).

Gylletemperaturen i bunden af gyllekummerne blev logget under afprøvningen, mens gylleoverfladetemperaturer blev målt med infrarødt termometer ved teknikerbesøg. Gennemsnits-temperaturen var ca. 3 °C højere i gylleoverfladen sammenlignet med bunden af kummen og gennemsnitsgylletemperaturene lå generelt ca. 0,8 °C højere ved ugentlig udslusning sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge.

Ugentlig udslusning kombineret med gyllekøling reducerede metanemissionen med 35 % (enterisk metan er trukket fra) sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge og gyllekøling ( $P < 0,001$ ).

Effekten skal tilskrives ugentlig udslusning, da gyllekøling + ugentlig udslusning i denne undersøgelse gav højere gylletemperatur end gyllekøling alene, hvilket har reduceret effekten af ugentlig udslusning. Der var ingen effekt af gyllekøling + ugentlig udslusning på ammoniak- eller lugtemissionen i forhold til gyllekøling alene.

## Baggrund

I forbindelse med landbrugsaftalen "Aftale om grøn omstilling af dansk landbrug" fra 2021 blev der pr. 1. maj 2023 indført lovkrav om hyppig udslusning i eksisterende slagtegrisestalde [1]. Tidligere forsøg har vist, at det var muligt at reducere metanemissionen fra gyllen med henholdsvis 45 % [2] og 53 % [3] ved ugentlig udslusning og ugentlig udslusning er godkendt til at reducere lugtemissionen med 20 % i en slagtegrisestalde med fulddrænede gulve og rørudslusning [4]. Ugentlig udslusning i kombination med gyllekøling er to teknologier, der forventes anvendt i mange stalde fremover, da gyllekøling allerede er udbredt i mange slagtegrisestalde pga. krav til ammoniak- og/eller lugtreduktion.

Lagring af grisegødning i stald og lager udgør ca. 81 % af metanudledningen fra griseproduktionen, svarende til 1,67 mio. tons CO<sub>2</sub>e årligt [5]. Af disse beregnes cirka halvdelen at stamme fra lagring af gylle i stalden og den anden halvdel fra lagring i gyllebeholderen. Årsagen til den relativt høje emission fra stalden er den højere temperatur i stalden (18-20 °C) sammenlignet med opbevaring i gyllebeholdere (12-13 °C) [5] [6], hvor opholdstiden til gengæld er længere. Ved hyppig udslusning forkortes gyllens opholdstid i stalden ved de højere temperaturer, hvilket bevirker, at den mikrobielle omsætning i gyllen i stalden reduceres.

Gyllekøling er en veldokumenteret teknologi. I stalde med gyllekøling er køleslanger støbt ned i betonbunden i gyllekummen og ved at cirkulere koldt vand i slangerne sænkes gyllens temperatur og dermed emissionen fra gyllen. Gyllekøling er i dag optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste og godkendt op til 30 % ammoniak- og 20 % lugtreduktion i grisestalde med rørudslusning [7]. I en tidligere test er der set en god effekt af kombinationen mellem gyllekøling og hyppig udslusning. Her blev der registreret dels en lavere gylletemperatur i gyllen og dels en lavere ammoniakemission sammenlignet med en sektion med gyllekøling og med udslusning to gange i løbet af produktionsperioden [8]. Denne test var dog ikke stor nok til at kunne konkludere en statistisk effekt og der skal derfor testes i et fuldskalaforsøg. Gyllekøling forventes ligeledes at have effekt på metanemissionen, da metanproduktionsraten er temperaturafhængig, idet de metanproducerende mikroorganismer trives bedst ved staldtemperatur eller varmere forhold [9].

Ved kombination af to eller flere teknologier er det nødvendigt at kigge på deres samspilseffekt. Samspilseffekter kan enten betragtes som additive (uafhængige:  $R_{t1,2} = R_{t1} + R_{t2}$ ) eller som kædeeffekt (saldoprincippet:  $R_{t1,2} = 1 - (1 - R_{t1}) * (1 - R_{t2})$ ), hvor  $R_t$  er reduktionseffekten af teknologien [10]. I tilfældet med gyllekøling og hyppig udslusning er det desværre ikke så simpelt, da teknologierne kan vekselvirke. Vekselvirkning mellem de to teknologier kan være antagonistisk (effekten ophæves eller mindskes) eller synergistisk (effekten forstærkes ved anvendelse af gyllekøling og hyppig udslusning).

Ved at anvende hyppig udslusning i kombination med gyllekøling forventes en synergieffekt på ammoniakemissionen. Hyppig udslusning alene har ingen effekt på ammoniakemissionen, men i kombination med gyllekøling, der giver 20 % ammoniakreduktion<sup>1</sup> (under forudsætning af en køleeffekt på 26 W/m<sup>2</sup>), forventes en reduktion i ammoniakemissionen på 26 %. Dette skyldes en forventning om en højere effekt af gyllekøling grundet den lave gyllestand i kummerne, hvilket forventes at resultere i en lavere temperatur i toppen af gyllen og dermed en lavere ammoniakemission. Effekten på metan

---

<sup>1</sup> Ammoniakreduktionen beregnes ved følgende formel:  $0,85 * x - 0,004x^2$  ( $x = W/m^2$ )

forventes derimod at skulle betragtes som en kædeeffekt, evt. en synergieffekt. Da gyllekølingen forventes at reducere metanproduktionen vil der ved brug af hyppig udslusning i kombination med gyllekøling være et lavere udgangsniveau og dermed et lavere potentiale for reduktion af emissioner. Der vil eventuelt være en synergieffekt, idet den mindre mængde gylle giver anledning til en lavere gylletemperatur ved den samme effekt og dermed får kølingen en større effekt på metanproduktionen.

Projektets formål var at undersøge effekten af ugentlig udslusning af gylle i kombination med gyllekøling på ammoniak- og metanemissionen fra slagtegrisestalde. Derudover blev lugtemissionen målt.

## Materialer og metoder

### Staldindretning

Afprøvningen blev gennemført i en slagtegrisestald bestående af 13 sektioner. Der var 11 sektioner á 408 stipladser og to sektioner á 374 stipladser. I denne afprøvning indgik to sektioner á 408 stipladser. Målene på disse sektioner var 13,0 m i bredden og 27,6 m i længden. Sektionerne var indrettet med 12 stier i hver af de to stirækker (Foto 1) og stierne havde målene 2,30 m i bredden og 6,0 m i længden. De var indrettet med delvist fast gulv (27 %) (Foto 2). Stierne var indrettet med langkrybber, og der blev fodret med vådfoder med et SKIOLD Multifeed 5000-anlæg fire gange i døgnet på følgende tidspunkter: kl. 6.30, 12.00, 17.00 og 21.00.

Der blev anvendt to forskellige foderblandinger i produktionsperioden, én fra grisene vejede 28-45 kg og én til grise i vægtintervallet 45-110 kg.

Der var etableret gyllekøling i alle sektioner. Stierne var indrettet med overbrusningsanlæg over gødearealet og træpinde i holdere udgjorde rode- og beskæftigelsesmateriale.



**Foto 1.** Billede af indretningen i én af de 13 slagtegrisesektioner.



**Foto 2.** Billede af stiindretningen. Der var 27 % fast gulv i stierne.

### Gyllekøling

Gyllekølingen var fra Klimadan, model Thermia Mega, HP-6209-120 og køleslangerne var nedstøbt i bunden af gyllekummerne. Der blev tilstræbt en køleeffekt på 26 W/m<sup>2</sup> gyllekumme. For at kunne kontrollere gyllekølingens effekt, uafhængigt af varmebehovet fra anlægget til at opvarme andre dele af stalden, blev der installeret en buffertank (model: LUMO 10063 buffer, 350 D65 H160) fra Klimadan. Buffertankens formål var at nedkøle fremløbsvandet for at kunne opnå tilstrækkelig og stabil køleeffekt i forsøgssektionerne uagtet varmebehovet i andre afdelinger af bedriften. Gyllekølingen var tændt i begge sektioner under hele forsøgsperioden.

## Ventilation

Luften blev ledt ind over loftet og ind i stalden via diffust luftindtag i kombination med loftventiler, som åbnede, når udetemperaturen var over 19 °C. Ventilationsanlægget var fra SKOV A/S. Loftventilerne var af typen DA 1800 loftventil og placeret i hver sti mellem 30 og 70 cm fra bagvæggen (varierede pga. placering af spær på loftet). Der var etableret Dynamic Air i de to forsøgssektioner samt punktudsugning i sektionerne. Punktudsugget blev lukket i de to forsøgssektioner i forbindelse med denne afprøvning for at kunne teste effekten af gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning.

Luften blev ledt ud af stalden via tre DA600 LPC (low power consumption) loftudsugninger, som var placeret hen over midtergangen. De to loftudsugninger i enderne af sektionen var trinløs-regulerede og den i midten kørte on/off. Ventilationen blev styret med en DOL 634-2 klimastyring.

## Registreringer

Afprøvningen blev gennemført i to identiske sektioner med gyllekøling og målingerne blev gennemført i henhold til VERA protokollen [11].

Der indgik to grupper i afprøvningen:

- Kontrol: Gyllen blev sluset ud hver 4.-5. uge (gyllekøling)
- Forsøg: Gyllen blev sluset ud hver uge (gyllekøling + ugentlig udslusning).

Ved udslusning blev gyllehøjden målt før og efter udslusning fire steder i sektionen.

Dataindsamlingen blev gennemført fra oktober 2022 til september 2023, og der blev gennemført 12 måleperioder (koncentration af ammoniak og metan) fordelt på fire hold med hver tre måleperioder, heraf inkluderede fire af måleperioderne også kemiske lugtmålinger.

## Ammoniak-, metan- og lugtmålinger

Koncentrationerne af ammoniak, metan og kuldioxid blev målt med Cavity Ring Down Spectroscopy (PICARRO 2508). Ved hvert teknikerbesøg blev der foretaget kontrolmålinger af Picarro. I nogle måleperioder blev koncentrationen af ammoniak og kuldioxid målt i de samme målepunkter med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF) som kontrolmåling. I andre måleperioder blev kontrolmålingerne udført med en kontrolgas med en kendt sammensætning af metan og CO<sub>2</sub>. Målepunkterne var følgende for gasmålinger pr. sektion: et punkt i hver af de trinløst regulerede loftudsug. Desuden blev der målt i et punkt uden for staldbygningen, dette blev brugt til korrektion for baggrundskoncentrationen.

Lugtmålingerne blev udført med PTR-TOF-MS (Proton Transfer Reaction – Time of Flight - Mass Spectrometry) med et PTR-TOF-1000 instrument (IONICON Analytik G.m.b.H) og med samme målepunkter som for ammoniak og metan.

Lugtemissionerne blev bestemt med metoden OAV (Odor Activity Values). Her antages, at lugtbidragene fra de enkelte lugtstoffer er additive, og et samlet lugttal (SOAV) kan angives ved summen af OAV for hvert enkelt stof [12]. Metoden er godkendt af Miljøstyrelsen [13] til dokumentation af lugtreducerende miljøteknologier til Teknologilisten [14] (dvs. dokumentation af relative forskelle i lugt).

Som følge af overgang fra produktionsbaseret til arealbaseret emissionsberegning [15] beregnes emissioner både som g/gris/time, g/m<sup>2</sup> produktionsareal/time, SOAV/gris/time og SOAV/m<sup>2</sup> produktionsareal/sek. Tilgængeligt produktionsareal udgør 12,36 m<sup>2</sup>/sti (13,8 m<sup>2</sup>/sti fratrukket krybbens areal på 1,44 m<sup>2</sup>/sti) svarende til 296,64 m<sup>2</sup>/sektion.

## Temperatur, luftfugtighed og luftmængde

Temperatur og relativ luftfugtighed blev målt udendørs og i ventilationsafkastet. Temperaturen i gyllen blev målt i bunden af gyllekummerne i højre og venstre række af sektionen. Data blev logget hvert 5. minut via PC-log (VengSystem A/S). Gylleoverfladetemperatur blev målt med infrarødt termometer ved teknikerbesøg. Ventilationsydelsen i loftudsugningen blev målt via Dynamic Air og logget med FarmOnline. Luftydelsen blev kontrolmålt med målevinger af fabrikatet Fancom AM-63 inden afprøvningens start.

## Supplerende registreringer

Derudover blev antal grise og grisenes vægt registreret samt antal stier, hvor der blev observeret svineri på det faste gulv (optælling af stier med svineri (ja/nej) på det faste gulv).

Effektforbruget til gyllekølingen blev løbende manuelt registreret vha. en MULTICAL® 603 fra Kamstrup tilkoblet gyllekølingssystemet. Energimålerens registrering blev noteret med dato og MWh forbrugt ved teknikerbesøg. Et gennemsnitligt forbrug pr. m<sup>2</sup> gyllekumme blev beregnet ud fra forbruget i perioderne imellem aflæsning af energimåleren og det kendte areal af gyllekummerne.

## Statistik

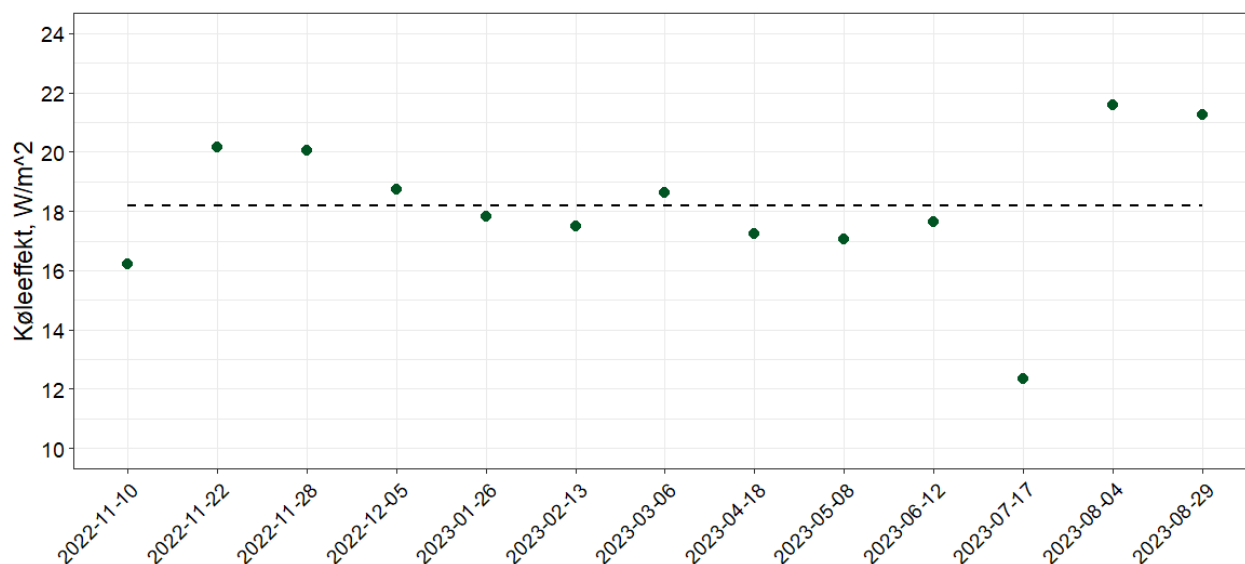
Ammoniak- og metanemissioner blev beregnet ud fra de målte koncentrationer, ventilationsydelsen og antallet af grise i sektionerne. Lugtemissioner blev beregnet ud fra lugtkoncentrationer med SOAV-metoden. Formel for beregning af emissioner findes i Appendiks 1.

Udstyret var indstillet til at måle fra hvert målepunkt i syv minutter for Picarro og i ti minutter for PTR-MS. For hver måling blev de sidste tre minutter (undtaget de sidste 10 sekunder inden kanalskifte) udvalgt, hvorefter der blev beregnet en middelværdi, som indgik i timemiddelberegningen. Der blev ud fra timemiddelværdierne beregnet en døgnmiddelværdi, som blev anvendt i de statistiske beregninger. Efterfølgende blev der udregnet et døgnmiddel af emissionerne. Emissionerne er analyseret i en lineær model (med t-fordeling for NH<sub>3</sub> og normalfordeling for de øvrige parametre), hvor gruppe, sektion og temperatur indgik som systematiske variable og sektion indenfor målerunde indenfor hold indgik som tilfældig effekt.

## Resultater og diskussion

### Køleeffekt

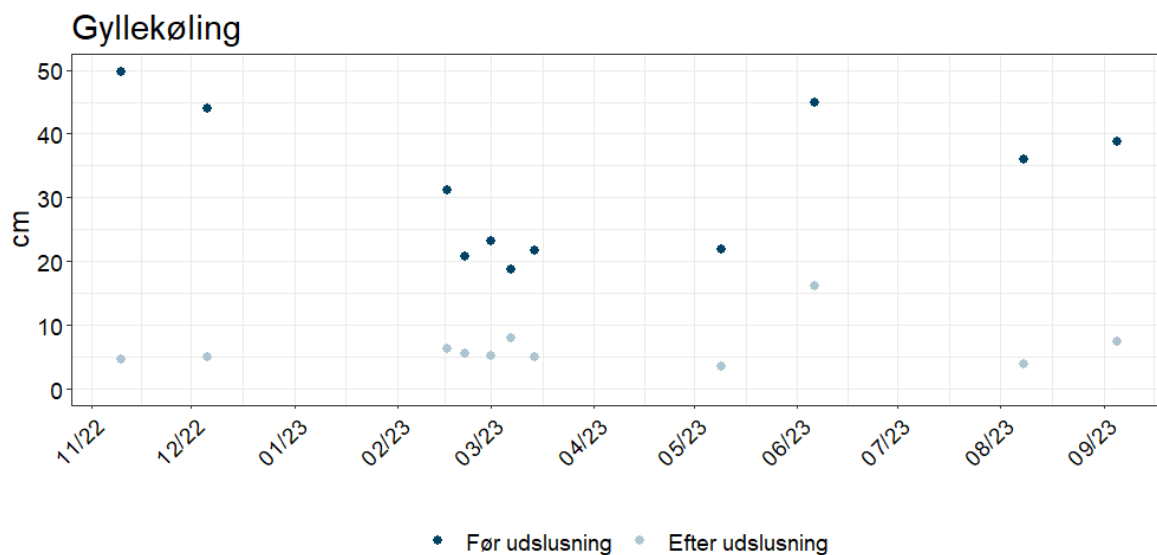
Energiforbruget til gyllekølingen blev registreret 13 gange i løbet af afprøvningsperioden. Køleeffekten var i gennemsnit 18,2 W/m<sup>2</sup> og varierede fra 12,4 til 21,6 W/m<sup>2</sup> (Figur 1). Registreringsperioderne var i gennemsnit 23,5 dage og varierede fra 6 til 52 dage. Gennemsnitskøleeffekten var således lavere end de ønskede 26 W/m<sup>2</sup> gyllekumme. Særligt i juni/juli måned var køleeffekten væsentlig lavere end ønsket (Figur 1).

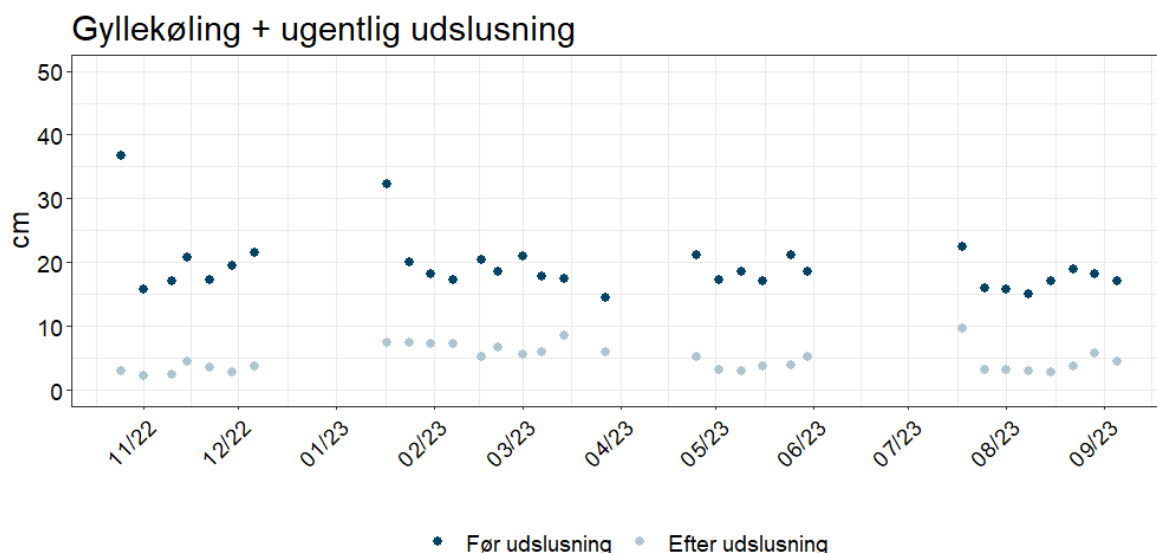


**Figur 1.** Køleeffekt igennem afprøvningsperioden. Punkterne afspejler gennemsnittet for den forudgående periode og den stiplede linje angiver det opnåede gennemsnit for hele afprøvningsperioden.

## Gyllehøjde og gylletemperatur

Gyllehøjder blev målt før og efter udslusning (Figur 2). Under Hold 2 blev der ved en fejl sluset ud ugentlig under måleperiode 2 og 3 i begge grupper og under Hold 3 for måleperiode 3 blev der ikke sluset ud ugentlig. Disse tre måleperioder blev derfor taget ud inden dataanalysen. Derudover blev der fjernet fire måledage pga. udfald på måleudstyret.





**Figur 2.** Gyllehøjde før og efter udslusning i gruppen med gyllekøling (øverst) og gruppen med gyllekøling + ugentlig udslusning (nederst), hvert punkt er et gennemsnit af fire propper i sektionen. Data for Hold 2 – målerunde 2 og 3 samt Hold 3 – målerunde 3 blev taget ud inden dataanalysen pga. fejl i udslusningsfrekvens.

Gylletemperaturen i bunden af gyllekummen blev logget under afprøvningen, mens gylleoverfladetemperaturen blev målt ved teknikerbesøg (Tabel 1). Gennemsnitstemperaturen var ca. 3 °C højere i gylleoverfladen sammenlignet med bunden af kummen. Gylletemperaturene lå i gennemsnit 0,7-0,9 °C højere ved ugentlig udslusning sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge, hvilket var mod forventning, idet køling af en mindre mængde gylle teoretisk ville medføre en større effekt (lavere temperatur) ved samme køling. Flere detaljerede gylletemperaturmålinger kan findes i Appendiks 2.

**Tabel 1.** Gennemsnitlig gylletemperatur (grader, celsius), for overfladetemperaturer (manuelle målinger) og temperatur i bunden af gyllekanalen (loggede målinger) samt gennemsnit for afprøvningsperioden (standardafvigelse i parentes for loggede temperaturer).

| Gruppe                                  | Placering              | Hold 1<br>(efterår) | Hold 2<br>(vinter) | Hold 3<br>(forår) | Hold 4<br>(sommer) | Gennemsnit |
|-----------------------------------------|------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------|
| Gyllekøling                             | Overflade,<br>Manuelle | 14,7                | 14,8               | 15,2              | 17,1               | 15,5       |
|                                         | Bund,<br>Logget        | 12,3 (1,0)          | 12,4 (0,8)         | 11,7 (0,8)        | 12,9 (0,6)         | 12,4 (0,9) |
| Gyllekøling +<br>ugentlig<br>udslusning | Overflade,<br>manuelle | 15,7                | 15,0               | 16,1              | 17,8               | 16,2       |
|                                         | Bund,<br>Logget        | 13,2 (1,4)          | 12,1 (0,9)         | 12,3 (1,2)        | 14,4 (0,8)         | 13,3 (1,4) |

## Antal grise, ventilationsydelse og svineri

Antal grise i sektion med gyllekøling og sektion med gyllekøling + ugentlig udslusning er vist i Tabel 2.

**Tabel 2.** Gennemsnit, antal grise i sektion med gyllekøling og sektion med gyllekøling + ugentlig udslusning (stk.)

| Antal grise                       | Hold 1<br>(efterår) | Hold 2<br>(vinter) | Hold 3<br>(forår) | Hold 4<br>(sommer) | Gennemsnit |
|-----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------|
| Gyllekøling                       | 396                 | 369                | 400               | 381                | 390        |
| Gyllekøling + ugentlig udslusning | 389                 | 393                | 393               | 386                | 389        |

Der var ikke forskel på ventilationsydelsen mellem grupperne (Tabel 3).

**Tabel 3.** Årgennemsnit for ventilationsydelse, m<sup>3</sup>/time [konfidensintervaller].

|                                    | Gyllekøling                 | Gyllekøling + ugentlig udslusning |    |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----|
| Antal måledage                     | 49                          | 49                                |    |
| Ventilation (m <sup>3</sup> /time) | 24.950<br>[10.532 – 39.369] | 24.784<br>[10.365 – 39.203]       | NS |

I sommermånederne (juni-august, særligt måleperiode 3 for Hold 3 og Hold 4) blev der registreret svineri på det faste gulv i 8-21 stier (ud af 24 stier). Fælles for perioder med  $\geq 33$  % stier observeret med svineri på det faste gulv var, at grisene i disse perioder vejede mere end 55 kg. I årets øvrige måneder blev der registreret 0-1 sti med svineri på det faste gulv (Tabel 4).

**Tabel 4.** Procent stier hvor der blev observeret svineri på det faste gulv.

| Svineri (%)                       | Hold 1<br>(efterår) |   |   | Hold 2<br>(vinter) |   |   | Hold 3<br>(forår) |   |    | Hold 4<br>(sommer) |    |    |
|-----------------------------------|---------------------|---|---|--------------------|---|---|-------------------|---|----|--------------------|----|----|
| Måleperiode                       | 1                   | 2 | 3 | 1                  | 2 | 3 | 1                 | 2 | 3  | 1                  | 2  | 3  |
| Gyllekøling                       | 0                   | 4 | 0 | 0                  | 0 | 0 | 0                 | 0 | 33 | 0                  | 13 | 88 |
| Gyllekøling + ugentlig udslusning | 0                   | 0 | 0 | 0                  | 4 | 0 | 0                 | 0 | 50 | 13                 | 33 | 83 |

## Emissioner

### Ammoniak

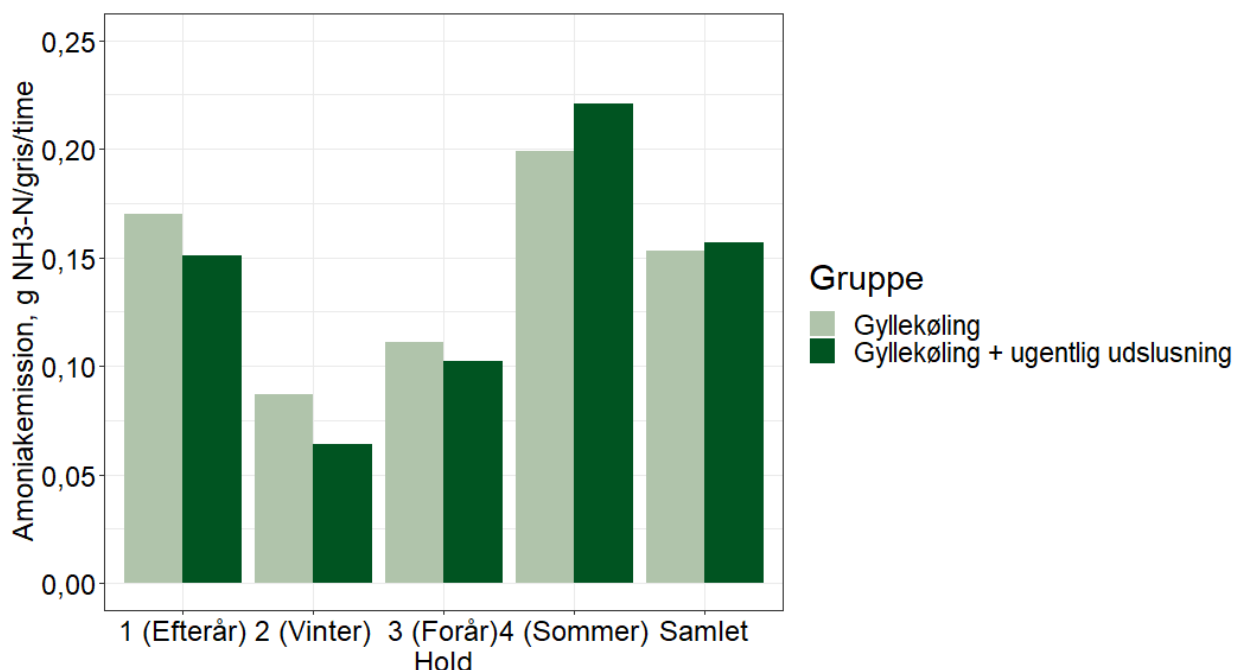
Der var ingen forskel på emissionen af NH<sub>3</sub> ved sammenligning af ugentlig udslusning kombineret med gyllekøling og udslusning hver 4.-5. uge kombineret med gyllekøling (Tabel 5). Den teoretiske reduktion af ammoniakemissionen for gyllekøling baseret på den faktiske gennemsnitlige køleeffekt på 18,2 W/m<sup>2</sup> var 14 % ( $0,85 \cdot 18,2 - 0,004 \cdot 18,2^2$ ). Kombination af gyllekøling med ugentlig udslusning var forventet at give en yderligere reduktion af ammoniakemissionen som følge af reduceret gyllestand og dermed gylletemperatur. Dette var dog ikke tilfældet i denne afprøvning, hvor gylleoverfladetemperaturen mod forventning var 0,7 °C højere i gennemsnit ved ugentlig udslusning end ved udslusning hver 4.-5. uge.

**Tabel 5.** Middelværdier af ammoniakemissioner i g/gris/time samt g/m<sup>2</sup> [konfidensintervaller].

|                                                                             | Gyllekøling              | Gyllekøling + ugentlig udslusning | p-værdi |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------|
| Antal måledage                                                              | 49                       | 49                                |         |
| Ammoniakemission, g NH <sub>3</sub> -N/gris/time                            | 0,153<br>[0,097 – 0,210] | 0,157<br>[0,100 – 0,213]          | NS      |
| Ammoniakemission, g NH <sub>3</sub> -N/m <sup>2</sup> produktionsareal/time | 0,205<br>[0,135– 0,275]  | 0,210<br>[0,140 – 0,280]          | NS      |

Figur 3 illustrerer ammoniakemissionen for hvert af de fire hold samt den samlede ammoniakemission over hele perioden. For Hold 1-3 var der numerisk højere NH<sub>3</sub>-emission i gruppen med gyllekøling, hvorimod i Hold 4 var ammoniakemissionen numerisk højere i gruppen med gyllekøling + ugentlig udslusning. Samlet set var der ingen effekt af ugentlig udslusning sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge på ammoniakemissionen. I Hold 4 blev der numerisk observeret lidt mere svineri på det faste gulv i gruppen med gyllekøling + ugentlig udslusning, samtidig med, at der i målerunde 2 og 3 var en forholdsvis stor forskel i gylleoverfladetemperatur målt ved lejet og i midten af stien (se Tabel 2A i Appendiks), hvilket kan have bidraget til øget ammoniakemission i denne gruppe i Hold 4.

I en tidligere undersøgelse af udslningsstrategi (ugentlig udslusning sammenlignet med udslusning på dag 44 og 77) blev der rapporteret en tendens til en stigning i ammoniakemission på 26 % (P=0.07) [3]. En anden undersøgelse har vist, at ændret udslningsstrategi ikke påvirkede ammoniakemissionen [2]. Reduktionen i ammoniakemissionen varierede fra 27 % (Hold 2) til -11 % (Hold 4). Ammoniakemissionen på de enkelte måledage er vist i Appendiks 3.



**Figur 3.** Ammoniakemission ved gyllekøling sammenlignet med gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning for hvert af de fire hold, samt den samlede ammoniakemission over hele perioden.

## Metan

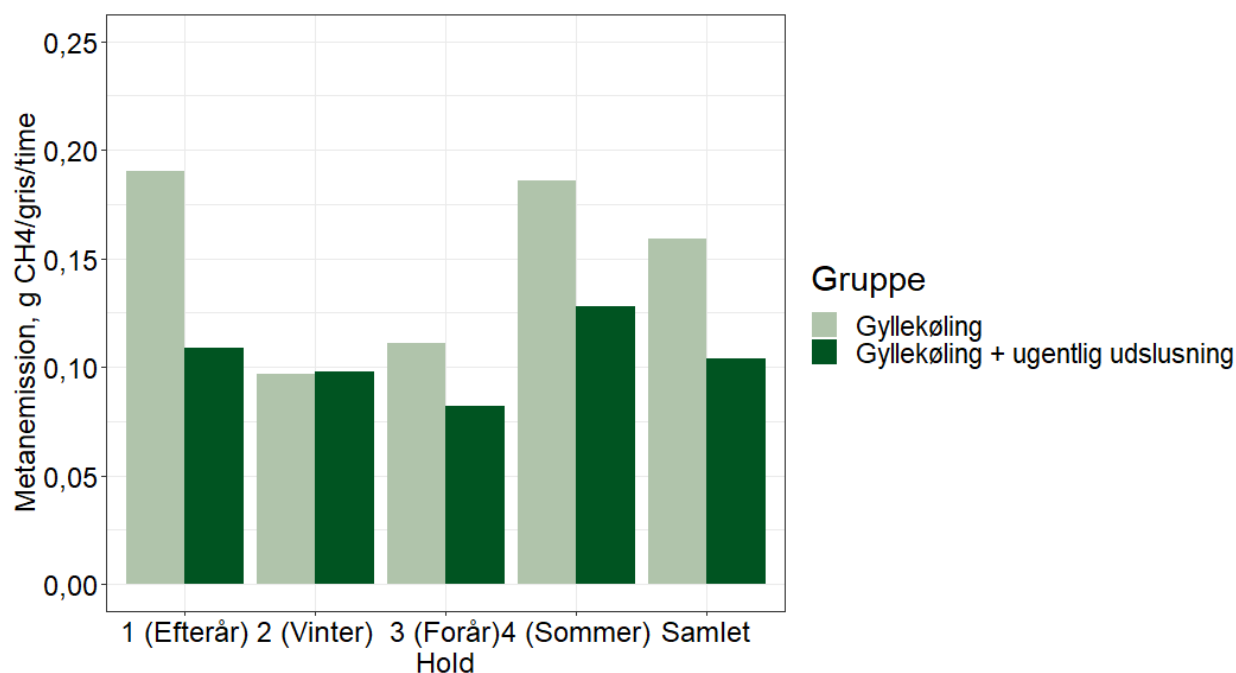
Emissionen af CH<sub>4</sub> var 35 % lavere (p<0,001) ved ugentlig udslusning kombineret med gyllekøling sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge kombineret med gyllekøling efter, at enterisk metan blev

trukket fra (Tabel 6). Enterisk metan udgør 0,24 % af bruttoenergien i foderet [3], og den beregnede (se Appendiks 4) enteriske metanemission steg fra 0,027 til 0,095 g CH<sub>4</sub>/gris/time i løbet af vækstperioden. Reduktionen varierede fra 31 % (Hold 4) til 43 % (Hold 1). Tidligere afprøvninger viste, at ugentlig gylleudslusning reducerede metanemissionen fra gyllen med henholdsvis 45 % [2] og 53 % [3]. Dog skal dette resultat ses i forhold til, at der i nærværende afprøvning var gyllekøling i kontrolsektionen og dermed et mindre reduktionspotentiale, samt at gyllekøling + ugentlig udslusning øgede gylletemperaturen i forhold til gyllekøling alene, hvilket har modvirket effekten af ugentlig udslusning. Metanemissionen på de enkelte måledage er vist i Appendiks 3.

**Tabel 6.** Middelværdier af metanemissioner i g/gris/time samt g/m<sup>2</sup> [konfidensintervaller].

|                                                                              | Gyllekøling              | Gyllekøling + ugentlig udslusning | p-værdi |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------|
| Antal måledage                                                               | 49                       | 49                                |         |
| Metanemission,<br>g CH <sub>4</sub> /gris/time                               | 0,159<br>[0,096 – 0,223] | 0,104<br>[0,041 – 0,168]          | <0,001  |
| Metanemission,<br>g CH <sub>4</sub> /m <sup>2</sup><br>produktionsareal/time | 0,217<br>[0,138 – 0,295] | 0,143<br>[0,065 – 0,221]          | <0,001  |

Figur 4 illustrerer metanemissionen for hvert af de fire hold samt den samlede metanemission over hele perioden.



**Figur 4.** Metanemission ved gyllekøling sammenlignet med gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning for hvert af de fire hold, samt den samlede metanemission over hele perioden.

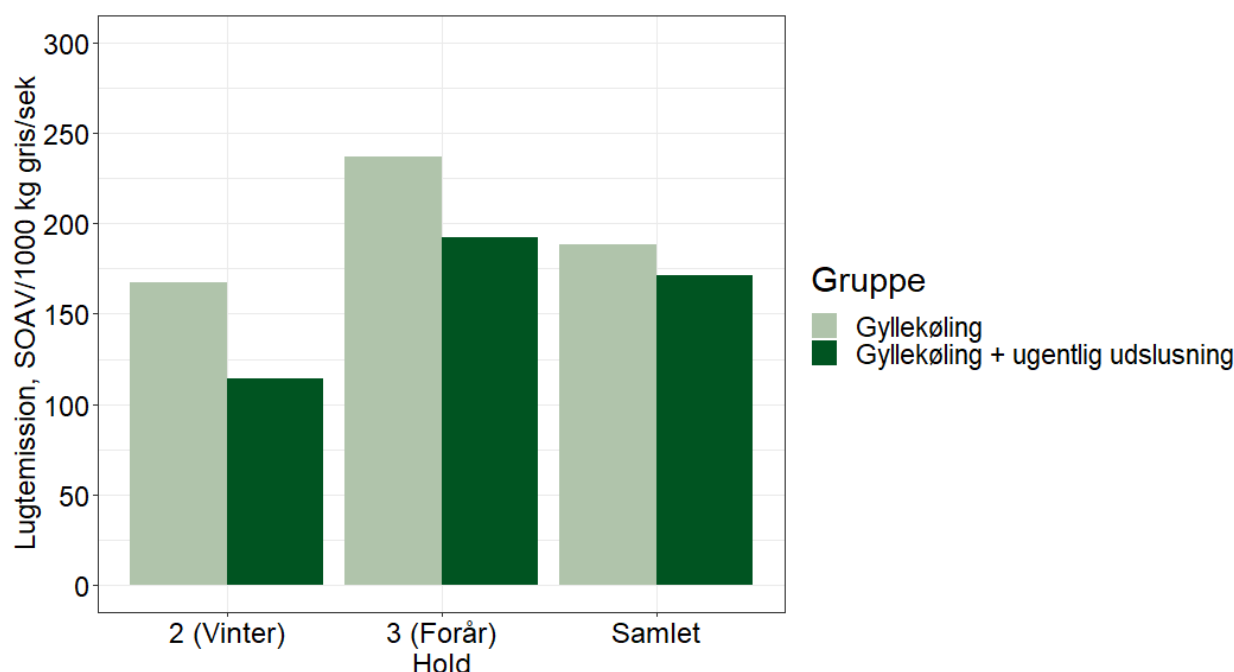
## Lugt

Lugtemissionen blev målt 9 % lavere ved gyllekøling + ugentlig udslusning sammenlignet med udslusning hver 4.-5. uge kombineret med gyllekøling, dog uden statistisk signifikans (Tabel 7).

**Tabel 7.** Lugtemissioner, SOAV-emission pr. 1.000 kg gris pr. sekund samt SOAV-emission pr. m<sup>2</sup> produktionsareal pr. sekund [konfidensintervaller].

|                                                        | Gyllekøling           | Gyllekøling + ugentlig udslusning | p-værdi |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------|
| Antal måledage                                         | 16                    | 16                                |         |
| SOAV-emission pr. 1.000 kg gris/sek.                   | 188<br>[-73 - 448]    | 171<br>[-90 - 432]                | NS      |
| SOAV-emission pr. m <sup>2</sup> produktionsareal/sek. | 13,0<br>[-0,8 – 26,9] | 12,6<br>[-1,3 – 26,5]             | NS      |

Figur 5 illustrerer lugtemissionen for hvert af de to hold, hvor lugt blev målt, samt den samlede lugtemission over perioden. Lugtemissionen blev reduceret med henholdsvis 32 % (Hold 2) og 19 % (Hold 3) i gruppen med ugentlig udslusning sammenlignet med gruppen med gyllekøling alene. Figuren indikerer, at lugtemissionen som forventet var højere i forårs månederne end i vintermånederne. Lugtemissionen på de enkelte måledage er vist i Appendiks 3.



**Figur 5.** Lugtemission ved gyllekøling sammenlignet med gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning for hvert af de to hold (5 måledage for Hold 2; 11 måledage for Hold 3), samt den samlede lugtemission for de to hold.

## Konklusion

Ugentlig udslusning kombineret med gyllekøling reducerede metanemissionen signifikant. Effekten skal tilskrives ugentlig udslusning, da gyllekøling + ugentlig udslusning i denne undersøgelse gav højere gylletemperatur end kun gyllekøling, hvilket har reduceret effekten af ugentlig udslusning. Samlet for hele afprøvningsperioden blev metanemissionen reduceret med 35 %, når den enteriske metan var fratrasket metanudledningen fra stalden. Der var ingen effekt af gyllekøling + ugentlig udslusning på ammoniak- eller lugtemissionen i forhold til gyllekøling og udslusning hver 4.-5. uge.

## Referencer

- [1] Bekendtgørelse om godkendelse og tilladelse m.v. af husdyrbrug BEK nr 1089 af 16/10/2024 [Husdyrgodkendelsesbekendtgørelsen](#) [online 14. november 2024]
- [2] Jørgensen, M., J. K. Bache, P. L. Kasper og S. W. Y. Granath (2022): Gylleudslusning ugentlig samt hver 14. dag i en slagtegrisestald med drænet gulv. Meddelelse nr. 1253. SEGES Innovation.
- [3] Dalby, F.R., Hansen, M.J., Guldberg, L.B., Hafner, S.D., Feilberg, A. 2023. Simple Management Changes Drastically Reduce Pig House Methane Emission in Combined Experimental and Modeling Study. [Vol 57/Issue 9Environmental Science & Technology](#)
- [4] Teknologilisten. Ugentlig udslusning af gylle i slagtesvinestalde med fulddrænede gulve [Staldindretning - Miljøstyrelsen](#). Optaget på Teknologilisten i 2015.
- [5] Nielsen, Ole-Kenneth et al., 2023. Denmark's National inventory report 2023. DCE report no. 541 2023, 945 pp.
- [6] Kasper, P. og Holm, M., 2024. Afp. 1820, Klimagylle. SEGES Innovation (endnu ikke publicerede resultater)
- [7] Miljøstyrelsens teknologiliste (2023) [Teknologilisten - Miljøstyrelsen \(mst.dk\)](#).
- [8] Forskellige gyllekølingssystemers effekt på ammoniakemissionen Erfaring (ikke publiceret)
- [9] Elsgaard, L., Olsen, A.B., Petersen, S.O., 2016. Temperature response of methane production in liquid manures and co-digestates. Science of the Total Environment, 539. 78–84
- [10] Kai, p., a. P. S. Adamsen og b. S. Bjerg (2016): samspil mellem miljøteknologier - vurdering af mulighederne for at kombinere miljøteknologier på miljøstyrelsens teknologiliste.
- [11] VERA protocol "Livestock Housing and Management Systems" version 3:2018-09 [https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA\\_Testprotocol\\_Housing\\_v3\\_2018.pdf](https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA_Testprotocol_Housing_v3_2018.pdf)
- [12] Hansen, M.J., et al., Additivity between Key Odorants in Pig House Air. Atmosphere, 2021. 12(8): p. 1008.
- [13] Hansen, M.J.F., A., A protocol for chemical measurement of odor in relation to abatement technologies for animal production – Version 2. Advisory report from DCA – National Center for Food and Agriculture. 2022: Aarhus Universitet - DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug
- [14] Miljøstyrelsens Teknologiliste: [Teknologilisten - Miljøstyrelsen](#).
- [15] Kai, P, Adamsen A. P. S. 2017. FRA PRODUKTIONSBASERET TIL AREALBASERET EMISSIONSBERGNING DEL 2: EMISSIONSFAKTORER Biological and Chemical Engineering Technical Report BCE-TR-1

## Deltagere

Tekniker: Thomas Lund Sørensen, Hans Peter Thomsen

Statistikker: Søren Kjærgaard Boldsen

## Øvrig information

Afprøvning nr. 1796

BC: 101368

//JAHP//

# Appendiks 1

## Beregning af emissioner

Metan- og ammoniakemissioner blev beregnet ud fra koncentrationer, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionen, ved følgende formel:

$$g / \text{gris} / \text{time} : \frac{M * C * V * P}{R * T * N * 1.000}$$

Hvor:

M: Molvægtens af N-NH<sub>3</sub> eller C i CH<sub>4</sub> (14,01 g/mol eller 16,04 g/mol)

C: Koncentration, ppm

V: Ventilationsydelsen, m<sup>3</sup>/time

P: Tryk, 1 atm

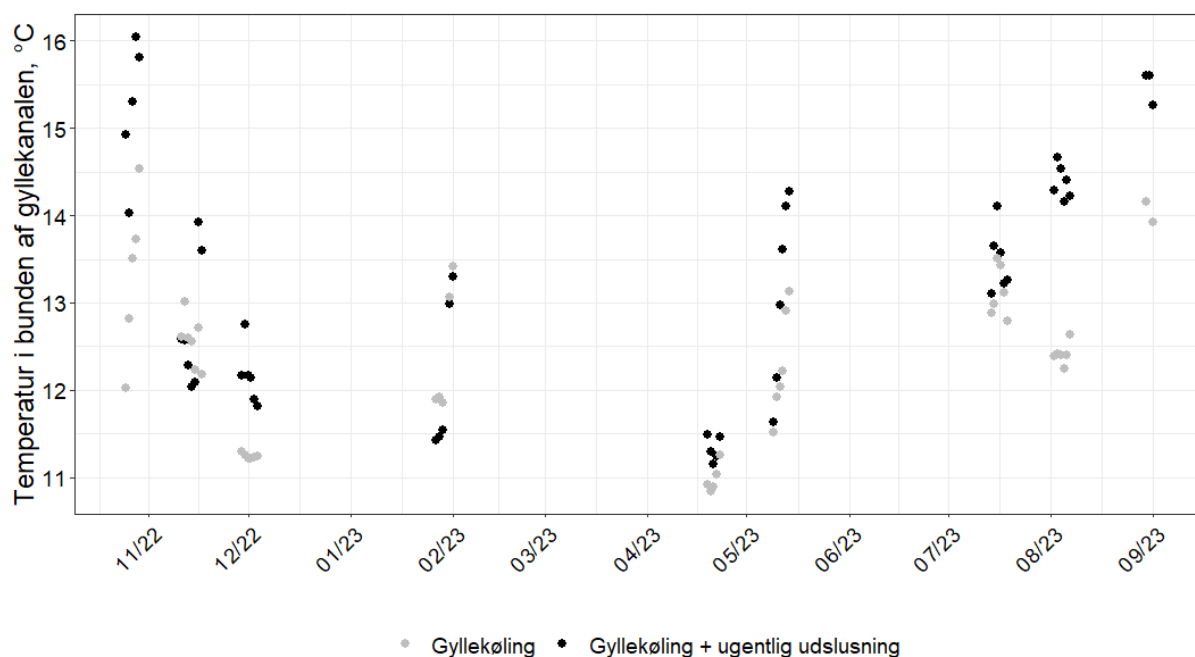
R: Gaskonstanten, 0,0821 L atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>

T: Temperatur i Kelvin

N: Antal dyr i sektionen

## Appendiks 2

### Gylletemperatur



**Figur 2A.** Gylletemperaturer logget i bunden af gyllekanalen.

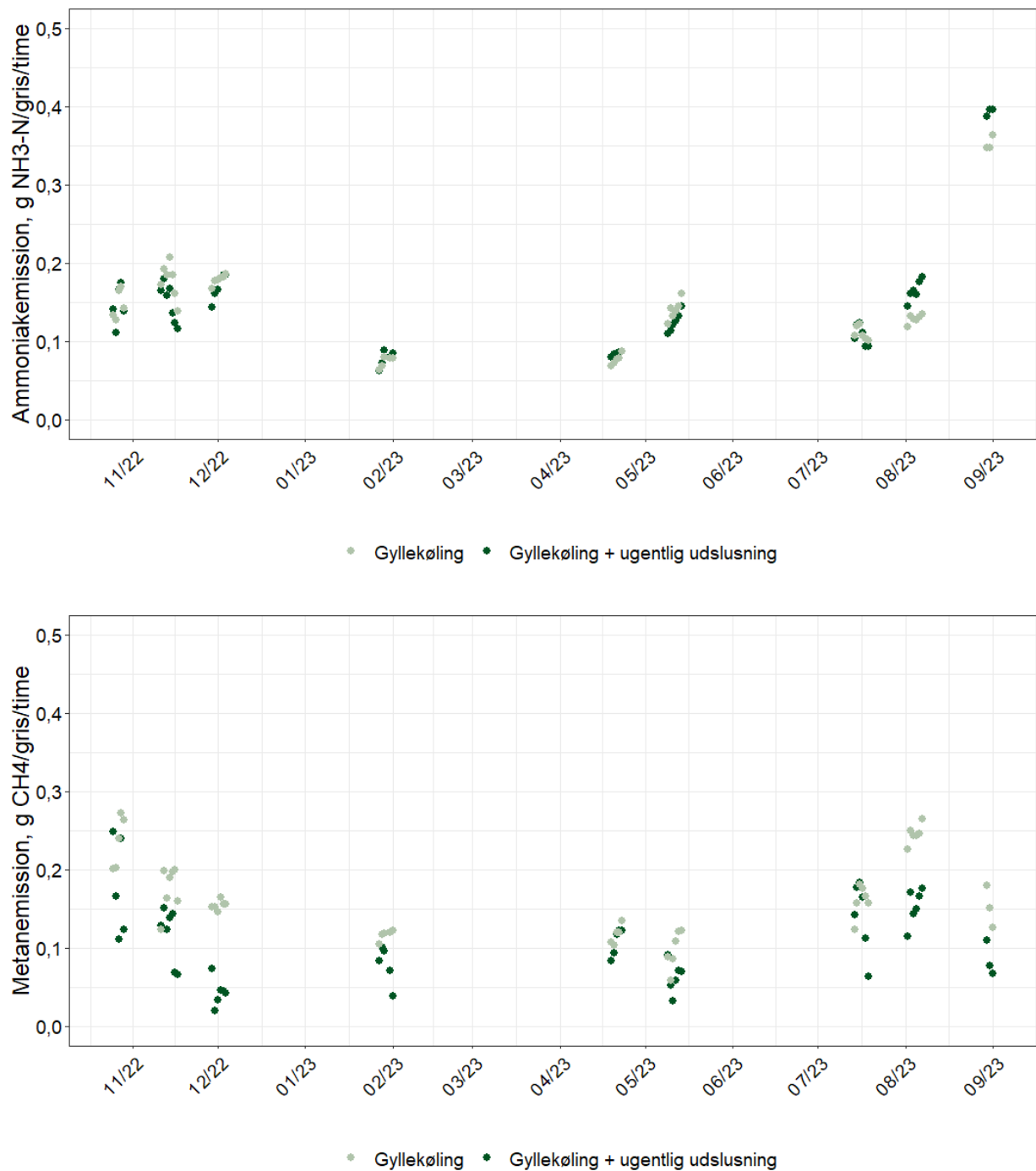
**Tabel 2A.** Gennemsnitlig gylletemperatur målt manuelt på gylleoverfladen ved lejet, ved midten og ved gangen fordelt på hold og måleperiode indenfor hold.

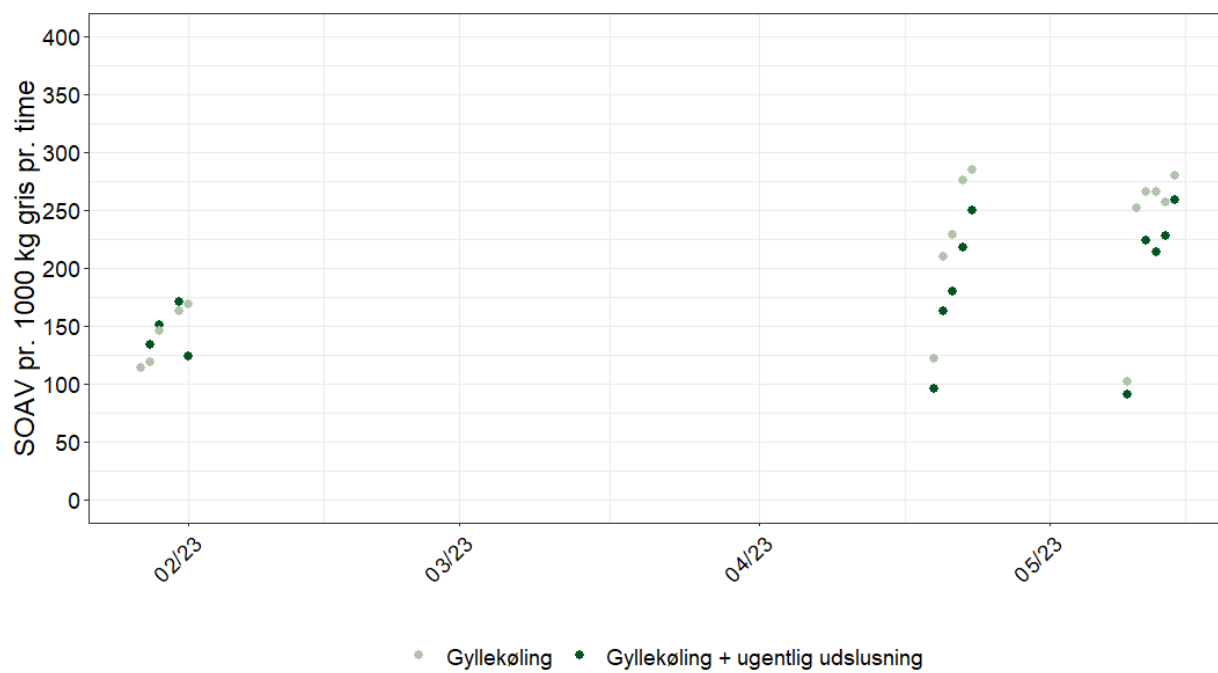
| Gylletemperatur (grader, celsius) | Hold 1 |      |      | Hold 2 |      |      | Hold 3 |      |      | Hold 4 |      |      |
|-----------------------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|
| Måleperiode 1                     | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang |
| Gyllekøling                       | 15,4   | 15,2 | 16,1 | 15,9   | 13,6 | 18,0 | 14,1   | 12,9 | 13,8 | 17,0   | 16,0 | 18,6 |
| Gyllekøling + ugentlig udslusning | 16,9   | 15,0 | 17,1 | 17,0   | 14,1 | 17,2 | 15,2   | 13,5 | 17,1 | 18,1   | 15,0 | 17,0 |
| Måleperiode 2                     | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang |
| Gyllekøling                       | 15,2   | 13,5 | 15,4 | 13,7   | 12,6 | 15,8 | 15,6   | 12,6 | 14,8 | 16,2   | 14,9 | 18,2 |
| Gyllekøling + ugentlig udslusning | 15,9   | 14,1 | 16,5 | 15,7   | 13,3 | 15,0 | 15,3   | 13,4 | 17,6 | 19,2   | 17,7 | 18,8 |
| Måleperiode 3                     | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang | Leje   | Midt | Gang |
| Gyllekøling                       | 14,5   | 13,1 | 14,3 | 14,5   | 13,4 | 15,6 | 18,8   | 17,0 | 17,2 | 18,1   | 16,7 | 18,2 |
| Gyllekøling + ugentlig udslusning | 15,5   | 13,9 | 16,9 | 15,8   | 13,4 | 13,8 | 17,6   | 16,7 | 18,3 | 19,4   | 17,5 | 17,6 |

## Appendiks 3

### Ammoniak-, metan og lugtemissionen på de enkelte måledage

**Figur 3A.** Ammoniak-, metan og lugtemission ved gyllekøling sammenlignet med gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning på enkelte måledage.

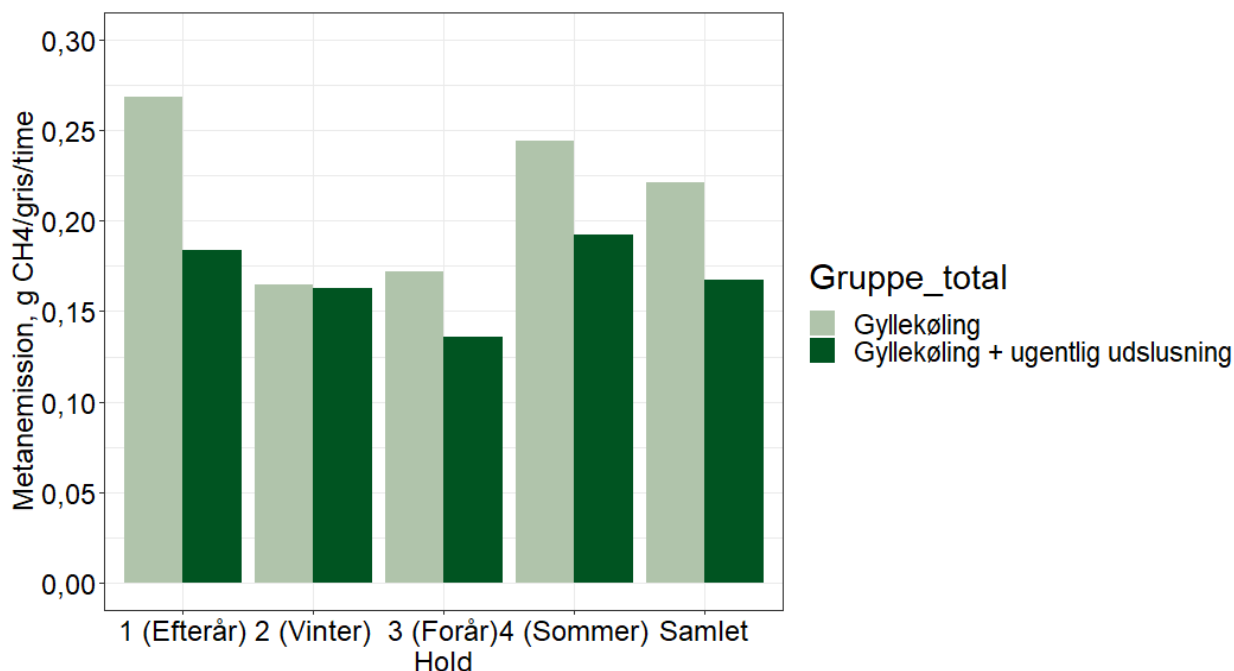




## Appendiks 4

### Metanemission før enterisk metan trækkes fra

Idet beregningen af enterisk metan er forbundet med nogen usikkerhed, angives resultaterne for metanemissionen også før enterisk metan trækkes fra. Metanemissionen var 25 % lavere ved kombination af gyllekøling og ugentlig udslusning sammenlignet med gyllekøling kombineret med udslusning hver 4.-5. uge ( $P < 0,001$ ). Reduktionen varierede fra 1 % (Hold 2) til 31 % (Hold 1). For Hold 4 sås en reduktion af metanemission på 21 % til trods for lavere køleeffekt i noget af denne periode. I et tidligere forsøg var reduktionen 38 % ved sammenligning af ugentlig udslusning med udslusning på dag 44 og 77 før enterisk metan trækkes fra [3].



**Figur 4A.** Metanemission ved gyllekøling sammenlignet med gyllekøling kombineret med ugentlig udslusning for hvert af de fire hold, samt den samlede metanemission over hele perioden.

## Beregning af enterisk metan

Beregningen er foretaget på baggrund af

- Et antaget energiindhold i de anvendte foderblandinger på 15,5 MJ/FESv
- En forudsætning om at 0,24 % af bruttoenergien i foderet omsættes til metan [3]
- Metans energiniveau er 55,65 MJ/kg
- En teoretisk foderkurve lidt over landsgennemsnittet (2022):

| Dag | Foder (FE/dyr/dag) | Gns. vægt |
|-----|--------------------|-----------|
| 0   | 0,97               | 31,0      |
| 7   | 1,70               | 35,6      |
| 14  | 2,00               | 41,7      |
| 21  | 2,27               | 48,6      |
| 28  | 2,53               | 56,0      |
| 35  | 2,80               | 63,9      |
| 42  | 3,06               | 72,1      |
| 49  | 3,30               | 80,7      |
| 56  | 3,40               | 89,2      |
| 63  | 3,40               | 97,4      |

Grisenes vægt ved starten af første måleperiode varierede fra 30-51 kg. Den enteriske metanemission steg fra 0,027 til 0,095 g/gris/time i løbet af vækstperioden.

