

# SAMSPILSEFFEKT VED KOMBINATION AF PUNKTUDSUGNING OG GYLLEKØLING

Anne Lindstrøm Hansen, Stine Grønborg og Mai Britt Friis Nielsen

SEGES Innovation P/S, Den rullende Afprøvning

STØTTET AF

**Svine**afgiftsfonden

---

## Hovedkonklusion

Kombinationen af gyllekøling med 20 Watt pr. m<sup>2</sup> og 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning sammenlignet med kun 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning viste ikke nogen forskel på den procentmæssige opsamling af ammoniak-, metan- eller lugtemissioner i punktudsugning.

---

## Sammendrag

Der blev ikke fundet nogen forskel på den procentuelle mængde af ammoniak (NH<sub>3</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) eller lugt, der opsamles i punktudsugning ved kombinationen af gyllekøling med 20 Watt pr. m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>) og 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning sammenlignet med brug af kun 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning.

I kontrolsektionen med kun punktudsugning, lå NH<sub>3</sub>-emissionen i gennemsnit på 0,212 g/gris/time for hele sektionen, 0,093 g/gris/time i punktudsugning og 0,115 g/gris/time i loftudsugget. Dermed udgjorde punktudsugning 49 % af opsamlingen af NH<sub>3</sub> i sektionen. I forsøgssektionen med samspil mellem gyllekøling og punktudsugning, lå NH<sub>3</sub>-emissionen på 0,187 g/gris/time for hele sektionen, 0,087 g/gris/time for punktudsugning og 0,096 g/gris/time for loftudsugget. Den procentuelle opsamling var derfor 51 %. Dermed var der ingen forskel på den procentuelle opsamling af NH<sub>3</sub>, uanset om der var kombination af gyllekøling og punktudsugning eller kun punktudsugning. Der var ikke nogen statistisk signifikant forskel på den samlede ammoniakemission imellem kontrol og forsøg, men der var en statistisk forskel i loftudsugget.

For metanemissionerne i hele sektionen lå punktudsugning, loftudsug og hele sektionen på henholdsvis 0,320, 0,144 og 0,168 g/gris/time i kontrolsektionen og 0,266, 0,121 og 0,141 g/gris/time i forsøgssektionen. Den procentmæssige opsamling i punktudsugning udgjorde 48 % i både kontrol og forsøg. Der var ikke nogen statistisk signifikant forskel i den samlede metanemission imellem kontrol og forsøg.

Lugtemissionerne for kontrolsektionen lå på 8823, 2405 og 6418 sek<sup>-1</sup> for hele sektionen, punktudsugning og loftudsug. I forsøgssektionen lå det på 4968, 2094 og 7061 sek<sup>-1</sup> for loftudsug, punktudsugning og total. Samtidig kunne det måles, at 27 % af lugten blev opsamlet i punktudsugning i kontrolsektionen, mens 30 % blev opsamlet i punktudsugning i sektionen med kombination af gyllekøling og punktudsugning. Der var statistisk signifikant reduktion af den samlede lugtemission ved at anvende gyllekøling med 20 Watt pr. m<sup>2</sup>.

Emissionerne blev målt i to sektioner med slagtegrise med i gennemsnit henholdsvis 385 og 364 grise i kontrol- og forsøgssektion. Begge sektioner havde henholdsvis 9 m<sup>3</sup>/gris/time punktudsugning samt gyllekøling på skift pr. hold. Der blev i alt målt i 85 dage, fordelt på 8 måleperioder af 10 dages varighed hen over et kalenderår, fra juli 2021 til juli 2022.

Det kunne konkluderes, at kombinationen af gyllekøling og punktudsugning ikke påvirkede den procentuelle opsamling af ammoniak-, metan- og lugtemission i punktudsugget negativt. Der var ved kombinationen af gyllekøling og 9 m<sup>3</sup>/gris/time punktudsug også signifikant lavere emission af ammoniak i loftudsugget, men ikke for hele sektionen. Hele sektionen fik en samlet signifikant lavere lugtemission ved kombinationen.

## Baggrund

### Problematik omkring manglende dokumentation på samspilseffekter af forskellige miljøteknologier

For at få godkendt husdyrbrug i Danmark, er det typisk nødvendigt at implementere teknologier til reduktion af lugt- og ammoniakemissioner på bedriften for at overholde lovfastsatte krav om emissioner fra bedriften. For at reduktionsteknologierne kan tages i brug, skal disse godkendes til Miljøstyrelsens Teknologiliste. Det er imidlertid en begrænsning, at teknologiernes effekt kun er dokumenteret enkeltvis og ikke i samspil. Det betyder i praksis, at ved ansøgning om miljøgodkendelse skal reduktionen beregnes og fratrækkes trin for trin. Det vil sige, at ansøgeren først fratrækker reduktionen i fx ammoniak for teknologi nr. 1, for bagefter at fratække reduktionen fra teknologi nr. 2. Denne "trin for trin" fremgang kan resultere i en beregnet emission fra bedriften, der er lavere end den faktiske emission. Denne potentielle metodefejl vil kunne opstå på flere sammensætninger af miljøteknologier. For at mindske denne underestimering af emissioner fra bedrifterne, bruges i de fleste tilfælde den teknologi med højest bidrag til at udregne reduktionspotentialet [1].

### Udregning af reduktionsteknologier med vekselvirkende effekter

Miljøteknologier godkendt på Teknologilisten er alle angivet med en reduktionseffekt ( $R_t$ ). Disse reduktionseffekter bruges til at udregne den afledte emissionsfaktor for en given bedrift. Udregningen foretages med ligningen [1]:

$$E_{s,t} = E_s * (1 - R_t)$$

$E_{s,t}$ : den afledte emissionsfaktor (kg NH<sub>3</sub>-N m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>)

$E_s$ : stald- og dyrespecifik emissionsfaktor for en given stald (kg NH<sub>3</sub>-N m<sup>-2</sup> år<sup>-1</sup>)

$R_t$ : reduktionseffekten af en given teknologi

Lidt anderledes er det, når flere reduktionsteknologier kombineres på samme bedrift. Kombinationen af miljøteknologier kan kategoriseres i tre forskellige grupper, baseret på teknologiernes indvirkning på hinanden: additiv, kædeeffekt eller vekselvirke (i appendiks 1 er de forskellige kombinationer yderligere beskrevet).

Sværest står det til med miljøteknologier, der vekselvirker. Datagrundlaget for disse kombinationer er begrænset og derfor bliver reduktionseffekten for bedriften udregnet ved kun at benytte reduktionseffekten fra den teknologi med højest effekt [1]. Denne procedure kan lede til potentielle underestimeringer af reduktionseffekten, afhængig af, hvilke typer miljøteknologier, der kombineres.

## Gyllekøling

Gyllekøling er et system, hvor gyllen nedkøles ved hjælp af køleslanger. Disse køleslanger kan være placeret og monteret forskelligt i gyllekummerne, men i Danmark er det mest almindelige, at de er støbt ned i bunden af gyllekummerne, ligesom man kender fra gulvvarme. Vandet i køleslangerne køles med enten jordvarmesystem eller - mest gængs - en varmepumpe. Varmen fra gyllen kan også tilkobles en varmepumpe og bruges til at opvarme andre bygninger på bedriften.

Når gyllen nedkøles, hæmmes dannelsen af ammoniak, der fordamper fra gyllen, samtidig med, at det hæmmer bakterieaktiviteten i gyllen (se appendiks 2 for uddybende forklaring). Ved at køle gyllen kan man dermed hæmme både ammoniak-, lugt- og metanemissioner. Effekten er derudover dokumenteret ved tidligere undersøgelser foretaget af SEGES Innovation [2].

## Punktudsugning

Punktudsugning er et ventilationsprincip, hvor en del af staldens luft trækkes ud i en ventilationskanal, der er placeret under spalten, tæt på dyrenes lejeareal.

Punktudsugning er godkendt på Miljøstyrelsens Teknologiliste under betingelse af, at der er tilkoblet en godkendt luftrensner. Ammoniak og lugt renses dermed ud af luften og reduceres. Reduktionen er afhængig af den tilkoblede luftrensners effektivitet.

En mindre ulempe ved punktudsugning er dog, at det kan hæve mængden af ammoniak, der fordamper fra gyllen grundet det øgede luftflow hen over gyllen. Dette er indregnet, når der fastsættes luftmængder, der føres igennem punktudsugningen og til luftrensning.

Når gyllekølingen sænker emissionerne fra gyllen, vil det kunne påvirke opsamlings effektiviteten af punktudsugningen, men dette er ikke undersøgt før nu. Derfor var formålet med denne afprøvning at klarlægge, hvordan de to teknologier påvirker hinanden og om samspillet mellem dem påvirker den samlede emission, der opsamles i punktudsugning.

Formålet med afprøvningen var primært at dokumentere samspilseffekten mellem gyllekøling og punktudsugning til reduktion af emissioner. På nuværende tidspunkt udregnes den samlede reduktionseffekt fra teknologierne enkeltvis og der tages ikke højde for samspilseffekter ved teknologier, der reducerer på samme emissionskilde.

## Materialer og metoder

### Besætningen

Dataindsamlingen blev gennemført i to sektioner i en slagtegrisebesætning, som bestod af 11 sektioner á 408 stipladser og 2 sektioner á 374 stipladser. De 11 sektioner havde målene 13,0 m i bredden og 27,6 m i længden, og afprøvningen blev udført i 2 af sektionerne.

Stierne målte 2,30 m i bredden og 6,0 m i længden, og havde delvist spaltegulv med 27 % fast gulv i lejearealet (se billede 2).



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



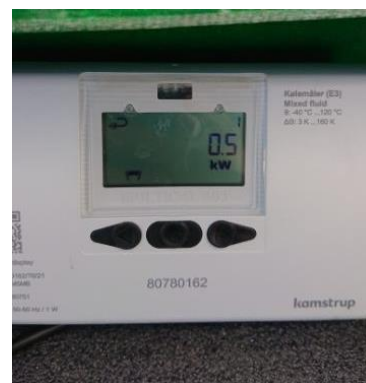
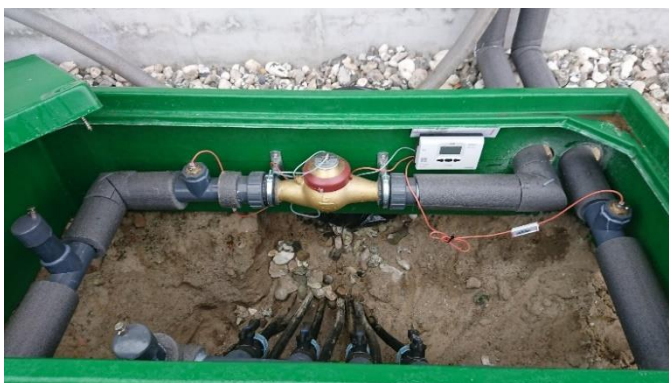
**Billede 2.** Billede af stindretningen, hvor der er etableret 27 % fast gulv i stierne.

Der var etableret overbrusningsanlæg over gødearealet, og træpinde i holder udgjorde rode- og beskæftigelsesmateriale.

Der var etableret gyllekøling og punktudsugning i alle sektioner, som også blev anvendt under testen. For at kunne kontrollere effekten af gyllekølingen til forsøgssektionerne, blev der opstillet en buffertank fra Klimadan (mere om dette i afsnittet Gyllekøling).

## Gyllekøling

Gyllekølingen var fra Klimadan, model Thermia Mega, HP-6209-120 og køleslangerne var placeret 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. Buffertanken ville kunne nedkøle fremløbsvandet, uagtet varmebehovet i andre afdelinger af bedriften. Gyllekølingen var tændt i forsøgssektionen og blev slukket, når sektionerne roterede mellem hold og sektionen skulle agere kontrolsektion. Gyllekølingen blev styret manuelt uden for stalden, i den tilhørende brønd, der fungerer som tilgang til installationen (se billede 3).



**Billede 3.** Etablering af effektmåler på gyllekøling og brønd med tilgang til installationen.

## Ventilation og punktudsugning

Ventilationsprincippet var combi-diffus ventilation med diffust luftindtag gennem loftet samt loftventiler placeret over lejet. Ventilationsanlægget var fra SKOV A/S.

Loftventilationen bestod af tre ventilatorer, én on/off ventilator og to trinløse. Ventilationen blev styret med en DOL 634-2 klimastyring. Loftventilerne var af typen DA 1800 loftventil og var placeret i hver sti mellem 30 og 70 cm fra bagvæggen (varierede pga. placering af spær på loftet).

Punktudsugningskanalen var i hver stirække placeret under det faste gulv og sugepunkterne var derfor placeret i overgangen mellem spalter og lejeareal. I punktudsugningskanalen (ved overgangen til hovedkanal) blev luften reguleret med en flangeventil af typen DA 1911. Flangeventilerne var reguleret med en DA 74B motor. Hovedkanalen, hvor al punktudsugningsluft blev samlet, var etableret under den fælles forbindelsesgang. 9 % af maksimumventilationen (svarende til 9 m<sup>3</sup>/time/gris) blev ledt ud via punktudsugningsanlægget, svarende til 51.000 m<sup>3</sup>/time. En Bio Flex luftrenser fra SKOV A/S var tilkoblet punktudsugningen.

## Gennemførelse og registreringer

### Måleperioder

Dataindsamlingen blev foretaget over 8 målekampanjer igennem et kalenderår, fra juli 2021 til juli 2022, svarende til 2 målekampanjer pr. hold grise. Målekampanjerne blev planlagt i perioder, hvor grisene vejede omkring hhv. 50 og 90 kg. Én gang om ugen var en tekniker fra SEGES Innovation i besætningen for at foretage kontrolmålinger og registreringer.

### Gas- og lugtmålinger

Koncentrationerne af ammoniak, metan og kuldioxid blev målt med Cavity Ring Down Spectrometry (PICARRO 2508). Hvert målepunkt blev målt i 7 minutter. Ved hvert teknikerbesøg blev koncentrationen af ammoniak og kuldioxid desuden målt i de samme målepunkter med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF) som kontrolmåling af PICARRO. Målepunkterne var følgende for gasmålinger pr. sektion: et punkt i loftudsugget, kombineret af de to trinløst regulerede luftudsugninger; et punkt, kombineret af begge stirækker pr. sektion i punktudsugningen; og et punkt uden for staldbygningen.

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

### Temperatur, luftfugtighed og luftmængde (loft- og punktudsugning)

Ventilationsydelsen i punktudsugningen blev målt kontinuerligt med en målevinge (Fancor AT (M) unit 35), som blev påsat med en specialkonstrueret kasse, påsat udgangen fra punktudsugningsluften fra sektionen til hovedkanalen, under sektionerne (billede 4). Data blev logget hvert 5. minut via PC-log (VengSystem A/S). Ventilationsydelsen i loftudsugningen blev målt via Dynamic Air og logget med FarmOnline.



**Billede 4.** Montering af målevinger på luftstrøm fra punktudsug.

Temperatur og luftfugtighed blev målt i målepunkterne ved luftudtag, data blev logget hvert 5. minut via PC-log (VengSystem A/S). Ved hvert teknikerbesøg blev der foretaget en kontrolmåling af temperatur og relativ luftfugtighed i målepunkterne med et multimeter (Testo 435).

Temperaturen på gyllen blev målt i bunden af gyllekummerne via Vengsystem.

### Manuelle registreringer

Effektforbruget til gyllekølingen blev løbende manuelt registreret vha. en MULTICAL® 603 fra Kamstrup (billede 3) tilkoblet gyllekølingssystemet. Energimålerens registrering blev noteret med dato og MWh forbrugt ved teknikerbesøg. Et gennemsnitligt forbrug pr. m<sup>2</sup> gyllekumme kunne beregnes ud fra intervaller imellem aflæsning af energimåler og det kendte areal af gyllekummerne (se udregning i appendiks 3).

Gyllehøjder, antal grise, svineri og skønnet vægt på grise blev registreret manuelt på besøgsdage, cirka 2 gang om måneden. Skønnet vægt blev brugt til at sikre, at forsøgs- og kontrolsektion var sammenlignelige.

Andre hændelser i besætningen blev registreret i en afprøvningslogbog.

### 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.

Koncentrationsmålinger på ammoniak og metan blev først udtaget, således at ingen målinger i indstillingsperioden imellem hvert målepunkt blev medtaget af de 7 minutters varighed pr. målepunkt.

Efterfølgende blev der udregnet et døgnmiddel af emissionerne. Formel for beregning af emissioner kan findes i appendiks 4. Emissionerne er analyseret i en generaliseret lineær REML model, hvor gruppe, sektion og målerunde indgår som systematiske variable og hold som tilfældige, samtidig med, at der korrigeres for udetemperatur og grisenes vægt.

## Resultater og diskussion

### Kølingseffekt og gylletemperatur

Der blev registreret energiforbrug på gyllekølingen 25 gange i løbet af afprøvningen. Gyllekølingen kørte med en effekt på gennemsnitlig 20,0 W/m<sup>2</sup> (std: 4,0 W/m<sup>2</sup>). Dette er under det ønskede på 26 W/m<sup>2</sup>, men udfordringer med køleanlægget bevirkede desværre, at kølingen ikke har kørt med højere effekt.

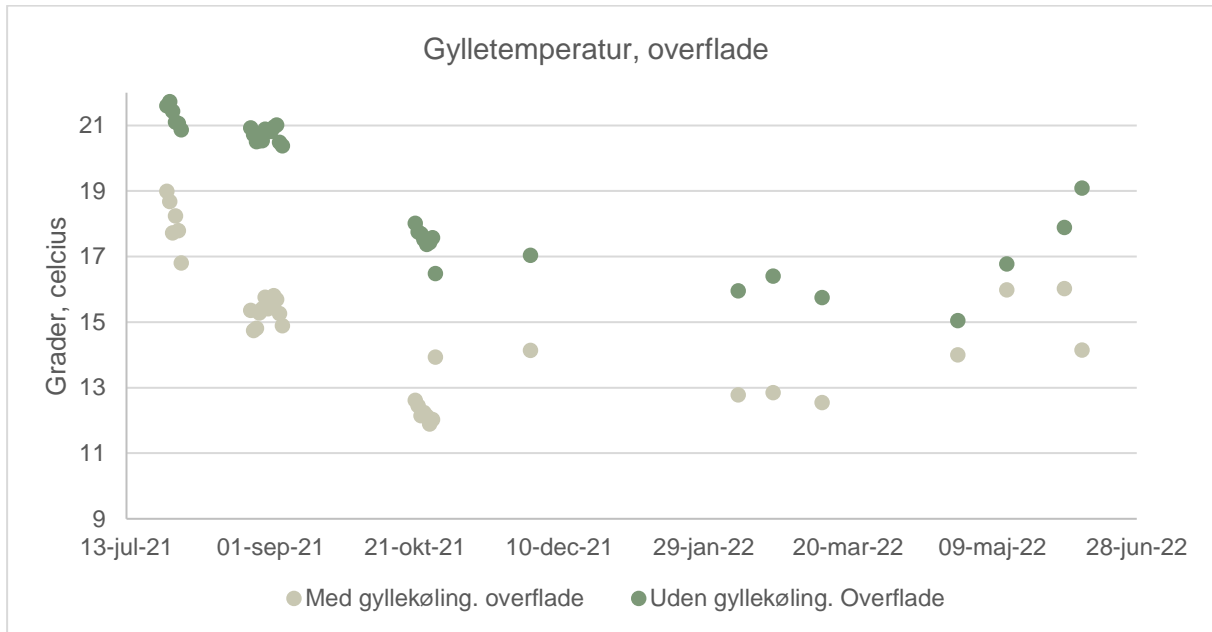
Temperaturen i gyllen var i gennemsnit 4,6°C lavere i forsøgssektionen med gyllekøling end i kontrolsektionen uden gyllekøling. Temperaturmålinger på gyllen ses nedenfor i tabel 1.

**Tabel 1.** Gennemsnitlig gylletemperatur, i bunden af gyllekummen samt gennemsnit for kontrol og forsøgssektion (standardafvigelse for hold angivet i parentes).

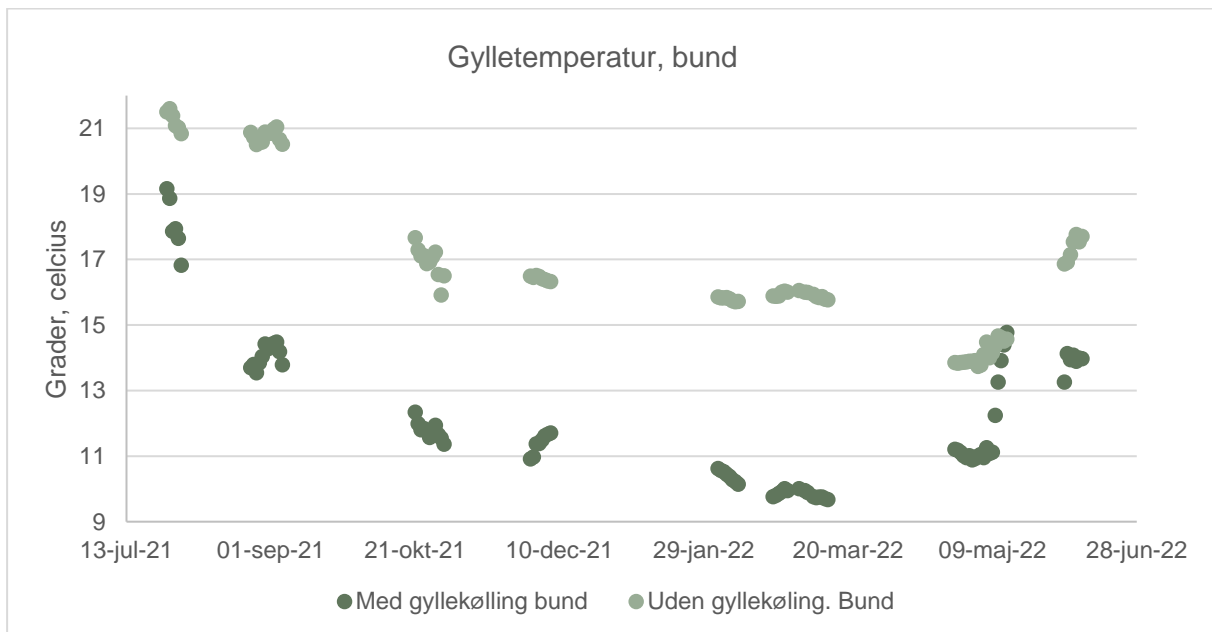
Gruppe	Placering	Hold 1	Hold 2	Hold 3	Hold 4	Gennemsnit
Gylletemperatur (grader, celsius). Kontrolgruppe u. gyllekøling	Bund	20,9 (0,3)	16,7 (0,4)	15,9 (0,1)	15,0 (1,5)	16,8 (2,4)
Overflade temperatur, gylle (grader, celsius). m. gyllekøling	Bund	15,4 (0,2)	11,6 (0,3)	10,0 (0,3)	12,3 (1,5)	12,2 (2,2)

Gylletemperaturen for henholdsvis forsøgs- og kontrolsektion lå forholdsvis stabilt over afprøvningens periode, men enkelte problemer opstod i foråret 2022, hvor gyllekølingen momentært var ude af drift i forsøgssektionen (graf 1). Denne periode er af samme grund ikke medtaget i den endelige emissionsopgørelse.

**Graf 1.** Gylletemperatur i overfladen over afprøvningsperiode for hhv. kontrol- og forsøgssektion.



**Graf 2.** Gylletemperatur i bunden over afprøvningsperiode for hhv. kontrol- og forsøgssektion.



Mindre udsving i gyllens temperatur i forsøgssektionen skyldes delvis det svingende varmebehov i resten af stalden og buffertankens kapacitet.



## Staldregistreringer

### Antal grise

Antal grise i forsøg og kontrolsektion igennem de 4 hold med målinger, ses nedenfor.

**Tabel 2.** Gennemsnit, antal grise i henholdsvis kontrol- og forsøgssektion (stk.).

	Hold 1	Hold 2	Hold 3	Hold 4
Kontrol	372	412	371	384
Forsøg	369	359	358	370

### Ventilationsydelse

Ventilationen i sektionerne var opdelt imellem punktudsugning og loftudsug. De gennemsnitlige ydelser over forsøgsperioden ses nedenfor.

**Tabel 3.** Årgennemsnit for ventilationsydelse, m<sup>3</sup>/time. (standardafvigelse i parentes).

	Kontrol (u. gyllekøling)	Forsøg (m. gyllekøling)
Ventilation punktudsugning (m <sup>3</sup> /time)	3334 (154)	3345 (183)
Ventilation loftudsug (m <sup>3</sup> /time)	23014 (15176)	22947 (16034)

Ventilationsydelsen i punktudsugget lå i gennemsnit på 9 m<sup>3</sup>/gris/time, hvor det var ønsket med 10 m<sup>3</sup>/gris/time. Dette kan skyldes indbygningen af målevinger omkring kanalen i punktudsugget, som resulterede i et højere modtryk og derved lavere ventilationsydelse.

### Gyllehøjder

Gyllehøjderne målt igennem de 8 måleperioder ses i tabel 4. Uddybende datagrundlag forefindes i appendiks 5.

**Tabel 4.** Gyllehøjder i gyllekummer, registreret i måleperioder (standardafvigelse i parentes).

Måleperiode	Hold 1		Hold 2		Hold 3		Hold 4	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Gyllehøjde (cm) kontrolgruppe u. gyllekøling	33 (1,4)	17,6 (1,7)	30 (4,9)	32,2 (0,5)	36,8 (3,8)	29,2 (4,2)	31,8 (6,2)	24,8 (3,8)
Gyllehøjde (cm) forsøgsgruppe m. gyllekøling	15 (0,8)	27,6 (0,47)	28 (7,3)	33,2 (6,8)	34,2 (3,2)	43 (4)	30,2 (8,2)	28,3 (3,3)

Gennemsnit ligger på henholdsvis 29,4 cm for kontrol og 29,9 cm for forsøgssektion, for hele afprøvningsperioden på 4 hold.

Gyllehøjderne lå derved inden for normalområdet ved, at gyllekummerne hverken har været helt tomme eller helt fulde, da kummerne er 60 cm dybe.

### Ammoniakemissioner

I tabel 5 er vist de beregnede middelværdier af ammoniakemissioner fordelt på de forskellige grupper samt placeringen for luftudtaget. Kontrolsektion: 9 m<sup>3</sup>/gris/time punktudsugning, forsøgssektion: 9 m<sup>3</sup>/gris/time punktudsugning i samspil med 20 W/m<sup>2</sup> gyllekøling. I appendiks 6 er ammoniakemissionernes dagsgennemsnit for måledagene plottet over afprøvningsperioden for henholdsvis kontrol og forsøgsgruppe vist for punktudsugning, loftudsug og sektionens totale emission.

**Table 5.** Middelværdier (standardafvigelse) af ammoniakemissioner, for loftudsug, punktudsugning og samlet pr. sektion.

		Kontrol	Forsøg
Antal måledage		85	85
Ammoniakemission, g NH <sub>3</sub> -N/gris pr. time	Loftudsug	0,122 <sup>a</sup> (0,005)	0,101 <sup>b</sup> (0,005)
	Punktudsugning	0,093 (0,005)	0,087 (0,005)
	Samlet	0,212 (0,010)	0,187 (0,010)
% ammoniakemission opsamlet i punktudsugning*		49 % (2)	51 % (2)

<sup>a,b</sup> Værdier med forskellige bogstaver er signifikant forskellige fra hinanden (P=0,02).

\* Den procentuelle opsamling af emissioner i punktudsug er udregnet som dagsgennemsnit over hele afprøvningsperioden.

Den totale ammoniakemission var numerisk lavere for sektionen med gyllekøling (11,7 %), men ikke med statistisk signifikant forskel (P=0,09).

Bruges formelen for forventede miljøeffekt fra Miljøstyrelsens Teknologiliste [4], med den ønskede tilstræbte gyllekølingseffekt på 20 W/m<sup>2</sup>, burde reduktionen være på 15 %. Den lavere effekt på gyllekølingen resulterede derved i mindre reduktion end forventet. Imod forventning blev der fundet en signifikant lavere ammoniakemission i loftudsug i gruppen med kombineret gyllekøling og punktudsug. Det er ikke muligt at konkludere hvorfor. Det var forventet, at reduktionen ville være ligelig fordelt imellem loft og punktudsug.

Kontrol- og forsøgsgruppe lå med procent opsamlet ammoniak i punktudsug på gennemsnitligt hhv. 49 % og 51 %. Dette viser, at gyllekøling ikke påvirker den procentuelle opsamling i punktudsug negativt. Det kunne godt have været tilfældet, når gyllekøling reducerer den totale ammoniakemission fra gyllen, så kunne den procentmæssige opsamling i punktudsug også påvirkes, men dette var ikke tilfældet. Den procentmæssige opsamling af ammoniak kan være blevet påvirket af den lavere end ønskede ventilation i punktudsug (9 m<sup>3</sup>/gris/time i stedet for de ønskede 10 m<sup>3</sup>/gris/time).

## Metanemissioner

I tabel 6 er vist de beregnede middelværdier af metanemissioner fordelt på de to grupper samt placeringen for luftudtaget. Kontrolsektion: 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning, forsøgssektion: 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsugning i samspil med 20 W/m<sup>2</sup> gyllekøling. Beregningerne er baseret på 85 måledage. I appendiks 7 er metanemissionernes dagsgennemsnit for måledagene plottet over afprøvningsperioden for henholdsvis kontrol- og forsøgsgruppe.

**Tabel 6.** Middelværdier af metanemissioner (standardafvigelse), for loftudsug, punktudsugning og samlet pr. sektion.

		Kontrol	Forsøg
Antal måledage		85	85
Metanemission, g CH <sub>4</sub> /gris pr. time	Loftudsug	0,176 (0,005)	0,146 (0,005)
	Punktudsugning	0,144 (0,005)	0,121 (0,005)
	Samlet	0,328 (0,010)	0,273 (0,010)
% metanemission opsamlet i punktudsugning		48 % (2)	48 % (2)

Den samlede metanemission var numerisk lavere for sektionen med gyllekøling, men ikke med en signifikant forskel. Forskellen i total metanemission mellem kontrol- og forsøgsgruppe er 16,8 % ( $p=0,17$ ). Inklusiv i denne emission er det enteriske bidrag fra grisene, der estimeres til at udgøre cirka 0,1 g CH<sub>4</sub>/gris/time [3]. Baseret på det observerede i sektionens samlede metanemission, kunne det være af stor interesse at udbygge det eksisterende datasæt med yderligere målinger. Dette for at afdække i hvor høj grad, gyllekøling kan bidrage til en reduktion i metanudledningen fra stalden.

## Lugtemissioner

I tabel 7 er resultaterne for de beregnede lugtemissioner vist. Uddybende data findes i appendiks 8.

**Tabel 7.** Lugtemissioner (standardafvigelse).

	Kontrol (u. gyllekøling)	Forsøg (m. gyllekøling)
Antal måledage	32	32
Loftudsug S <sup>-1</sup>	6418 (1593)	4968 (970)
Punktudsugning S <sup>-1</sup>	2405 (224)	2094 (241)
Total S <sup>-1</sup>	8823 (3674) <sup>c</sup>	7061 (2692) <sup>d</sup>
% lugtemission opsamlet i punktudsugning	27	30

<sup>c,d</sup> Værdier med forskellige bogstaver er signifikant forskellige fra hinanden ( $P=0,03$ ).

Kombinationen af gyllekøling og punktudsugning resulterede i en signifikant 20 % reduktion af lugtemissioner på hele sektionen. Dette overstiger den forventede reduktion på 14 %, som Miljøstyrelsens Teknologiliste angiver ved beregning ( $0,7 \times W/m^2$ ) [4]. Der var en tendens på reduktion på loftudsugget på 22 % ( $p: 0,05$ ).

Der var ikke nogen signifikant forskel på lugtemissionerne, som samles i punktudsugning, når de to grupper sammenlignes.

## Konklusion

Det kunne konkluderes, at kombinationen af gyllekøling og punktudsugning ikke påvirkede den procentuelle opsamling af ammoniak-, metan- og lugtemission i punktudsugget negativt.

Der var ved kombinationen af 20 W/m<sup>2</sup> gyllekøling og 9 m<sup>3</sup>/time/gris punktudsug signifikant lavere emission af ammoniak og metan i loftudsugget. Hele sektionen fik en samlet lavere lugtemission ved kombinationen.

## Referencer

[1] Ligning og udregningseksempel fra rapport: Samspil mellem miljøteknologier - Vurdering af mulighederne for at kombinere miljøteknologier på Miljøstyrelsens teknologiliste, november 2016

[2] "Ammoniak og lugtreduktion ved gyllekøling i slagtesvinestalde", SEGES Innovation, meddelelse nr. 1105.

[3] Christensen, K. & Thorbek G. 1987. "Methane excretion in the growing pig." Br. J. Nutr. 57, 355-361.

[4] Miljøstyrelsens teknologiliste. "Staldindretning" (besøgt d. 2/5-2023)  
(<http://mst.dk/erhverv/landbrug/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/>)

[5] Freney, J.R., J.R. Simpson & O.T. Denmead, 1983. Volatilization of ammonia. In: Gaseous loss of nitrogen from plant-soil systems. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, The Hague, pp. 1-31

[6] Bussink, D.W., J.F.M. Huijsmans & J.J.M.H. Ketelaars, 1994. Ammonia volatilization from nitric-acid-treated mcattle slurry, (surface) applied to grassland. Netherlands Journal of agricultural Science 42: 293-309.

[7] Starman, D.A.J. & K.W. van der Hoek, 2007. Ammonia, the case of The Netherlands, Wageningen Academic Publishers, 201 pp

## Deltagere

Tekniker: Thomas Lund Sørensen

Afprøvning nr. 1694

NAV nr.: 1375

//jahp//

Dyregruppe: Grise, slagtegrise

Fagområde: Miljøteknologi

Nøgleord: Gyllekøling, punktudsugning, emissioner, ammoniak, metan, lugt, teknologiliste, reduktionsteknologier

# Appendiks 1

## Samspilseffekter, teori

Additive miljøteknologier har oftest samme virkningsmekanisme, men intet overlap. Teknologien er ikke afhængig af koncentrationerne af stofferne, der reduceres, og effekten af reduktionen er dokumenteret på grundlag af staldens samlede emission. Hvis disse kriterier er opfyldt, kan reduktionen i emissioner udregnes således:

$$\text{Reduktions effekt for additive teknologier: } R_{t1,2} = R_{t1} + R_{t2}$$

$R_{t1,2}$ : den samlede reduktionseffekt

$R_{t1}$ : reduktionseffekt, teknologi 1

$R_{t2}$ : reduktionseffekt, teknologi 2

Majoriteten af teknologier med additiv reduktionseffekt er teknologier, der behandler emissionerne fra forskellige overflader i stalden, herunder flux (fordampning). Et eksempel kunne være gylleforsuring kombineret med spalteskrab i kvægstalde. Her reduceres emissionerne fra gylleoverfladen i gyllekummen, mens spalteskrab reducerer emissionerne fra spaltegulvet.

Miljøteknologier med kædeeffekt skal udregnes efter saldoprincippet (forklaring nedenfor), men modsat additive teknologier er virkningsmekanismerne forskellige. Et eksempel ville være gyllekøling i kombination med en luftrenser. Her angriber man først fordampningen fra gyllen og bagefter renses lugt ud af afgangsluften. Ligesom additive teknologier, skal miljøteknologier med kædeeffekt ikke afhænge af koncentrationerne af stofferne, der reduceres, og effekten af reduktionen skal være dokumenteret på grundlag af staldens samlede emission. Er disse kriterier opfyldt, kan reduktionseffekten udregnes ved følgende formel:

$$\begin{aligned} &\text{Reduktions effekt for kædeeffekt teknologier:} \\ R_{t1,2} &= 1 - (1 - R_{t1}) * (1 - R_{t2}) \Rightarrow R_{t1} + R_{t2} - R_{t1} * R_{t2} \end{aligned}$$

$R_{t1,2}$ : den samlede reduktionseffekt

$R_{t1}$ : reduktionseffekt, teknologi 1

$R_{t2}$ : reduktionseffekt, teknologi 2

Miljøteknologier med vekselvirkning har nogle gange samme virkningsmiddel og har overlap. Et eksempel vil være ligesom denne rapport, der omhandler gyllekøling kombineret med punktudsugning. Gyllekølingen reducerer ammoniakemissionen fra gyllen, punktudsugning reducerer ligeledes ammoniakemissionen, dog via den tilknyttede luftrenser. Reduktionseffekten af miljøteknologier med vekselvirkning kan derfor både være højere end hvis de to teknologier var additive (synergetiske), men de kan også fungere modsatrettede og modarbejde hinanden (antagonistisk).

$$\text{Reduktions effekt for vekselvirkende teknologier: } R_{t1,2} = f(t_1) + f(t_2) + f(t_1, t_2)$$

$R_{t1,2}$ : den samlede reduktionseffekt

$t_1$ : teknologi 1

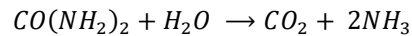
$t_2$ : teknologi 2

f: funktion, der vil skulle redegøres for ved hver kombination af vekselvirkende reduktionsteknologier

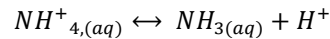
## Appendiks 2

### Gyllekølings effekt på emissioner

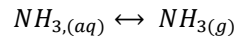
Ammoniakfordampning ( $\text{NH}_3$ ) fra gyllen opstår, når urinstoffet urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) omdannes via en proces kaldet hydrolyse. Reaktionsmekanismen ser således ud [5]:



Derudover er der i gylleoverfladen to forskellige kemiske ligevægt. En mellem ammoniak og ammonium [6]:



Og en mellem ammoniak som vandig opløsning og på gasform:



Disse kemiske ligevægte bliver påvirket af forskellige faktorer, herunder koncentrationen af ammonium, pH og temperaturen af gyllen [7]. Ved at køle gyllen, sænkes reaktionsraten, hvormed ammonium omdannes til ammoniak samtidig med, at ammoniaks omdannelse fra vandig opløsning til gasform og ammoniakens diffundering fra gyllen til den overliggende luft [7] undertrykkes.

#### *Hvordan påvirker det lugten*

Når gyllen nedkøles, vil det nedsætte den mikrobielle omsætning af organiske stoffer i gyllen. De stoffer, der blandt andet dannes ved denne proces, er de stoffer, der er reguleret i forhold til lugtemissioner. Derfor kan man ved at køle gyllen også reducere lugtemissionerne.

## Appendiks 3

### Udregning af køleeffekt, gyllekøling

Kølingseffekten i  $\text{W}/\text{m}^2$ , blev ud fra registrerede målinger i MWh udregnet, gennem to trin, således:

$$\frac{\left(\frac{\text{MWh}(2) - \text{MWh}(1)}{I} * 1000\right)}{24 \text{ timer}} = \text{KWh}$$

MWh(2): registrering i MWh, seneste dato

MWh(1): registrering i MWh, foregående dato

I: Interval mellem registreringer (dage)

$$\frac{\text{KWh} * 1000\text{w}}{A} = \text{Effekt } \text{W}/\text{m}^2$$

A: areal af gyllekumme ( $\text{m}^2$ )

## Appendiks 4

### Beregning af emissioner

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

$$g /gris/time : \frac{M * C * V * P}{R * T * N * 1000}$$

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 5

### Gyllehøjder skema over måleperioder

**Tablet 8.** Skema over registrerede gyllehøjder i måleperioder.

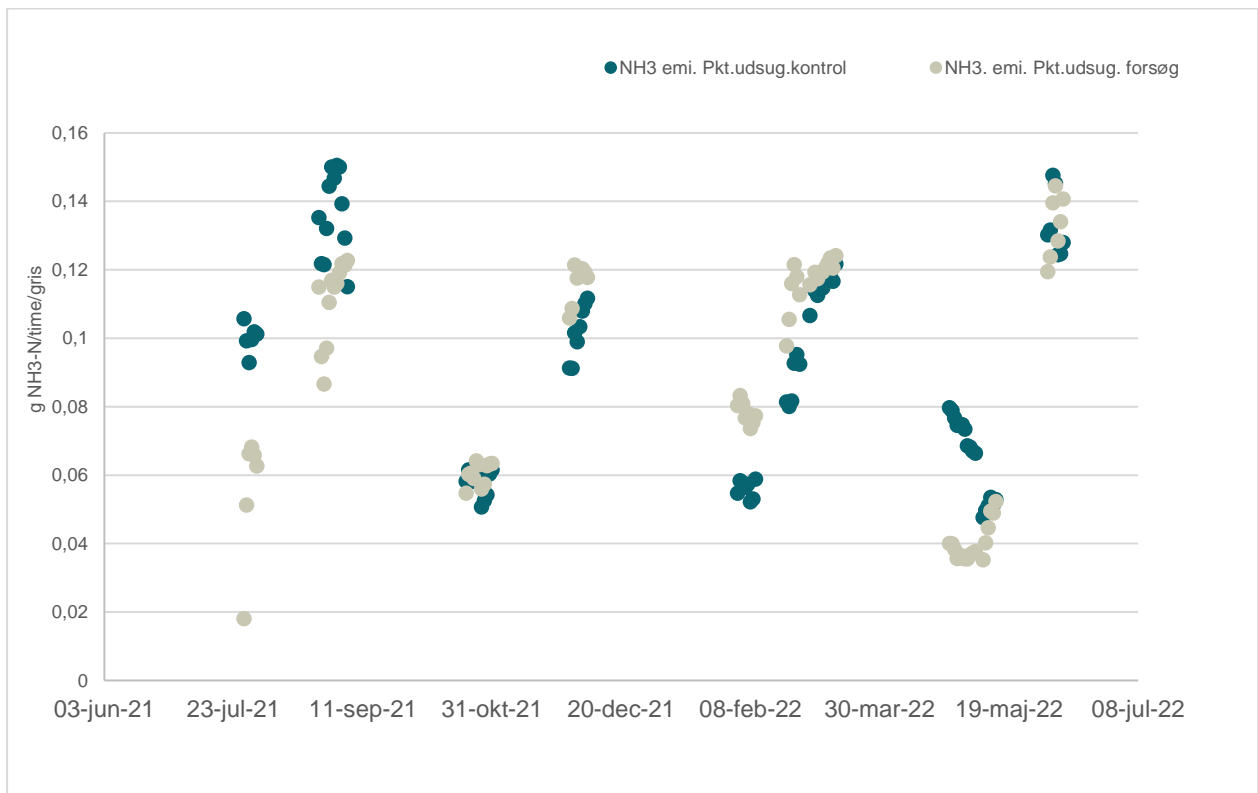
Hold nr	gruppe	Måleperiode	Dato for måleperiode	dato for højde reg.	N (antal målinger)	Gyllehøjde
1	Kontrol	1	26-07-2021 - 02-08-2021	02-08-2021	1	33
1	Forsøg	1	26-07-2021 - 02-08-2021	02-08-2021	1	15
1	Kontrol	2	24-08-2021 - 06-09-2021	31-08-2021	1	17,6
1	Forsøg	2	24-08-2021 - 06-09-2021	31-08-2021	1	27,6
2	Kontrol	3	19-10-2021 - 01-11-2021	25-10-2021	1	30
2	Forsøg	3	19-10-2021 - 01-11-2021	25-10-2021	1	28,3
2	Kontrol	4	29-11-2021 - 08-12-2021	30-11-2021	1	32,6
2	Forsøg	4	29-11-2021 - 08-12-2021	30-11-2021	1	40
3	Kontrol	5	02-02-2022 - 11-02-2022	02-02-2022	2	33
				11-02-2022		40,6
3	Forsøg	5	02-02-2022 - 11-02-2022	02-02-2022	2	31
				11-02-2022		37,3
3	Kontrol	6	21-02-2022 - 14-03-2022	21-02-2022	2	25
				11-02-2022		33,3
3	Forsøg	6	21-02-2022 - 14-03-2022	21-02-2022	2	47
				11-02-2022		39
4	Kontrol	7	25-04-2022 - 15-05-2022	27-04-2022	1	38
4	Forsøg	7	25-04-2022 - 15-05-2022	27-04-2022	1	22
4	Kontrol	8	02-06-2022 - 20-06-2022	02-06-2022	2	21
				17-06-2022		28,6
4	Forsøg	8	02-06-2022 - 20-06-2022	02-06-2022	2	31,6
				17-06-2022		25



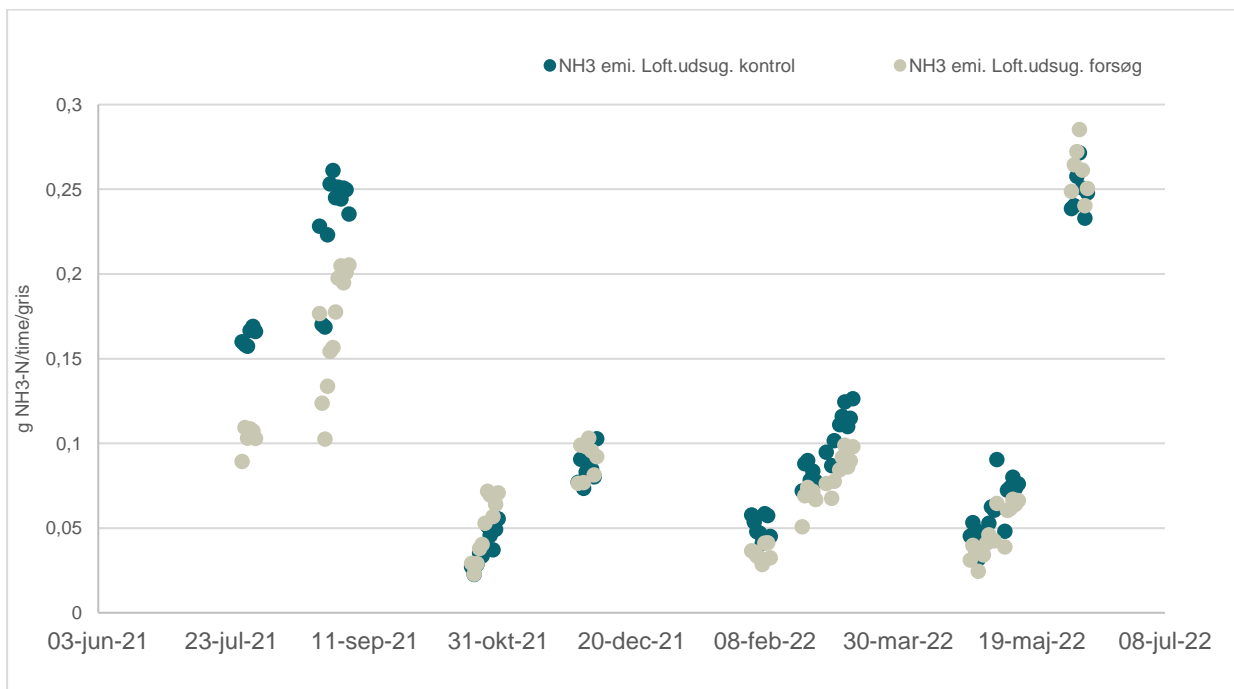
# Appendiks 6

## Ammoniakemissioner, dagsgennemsnit, grafer

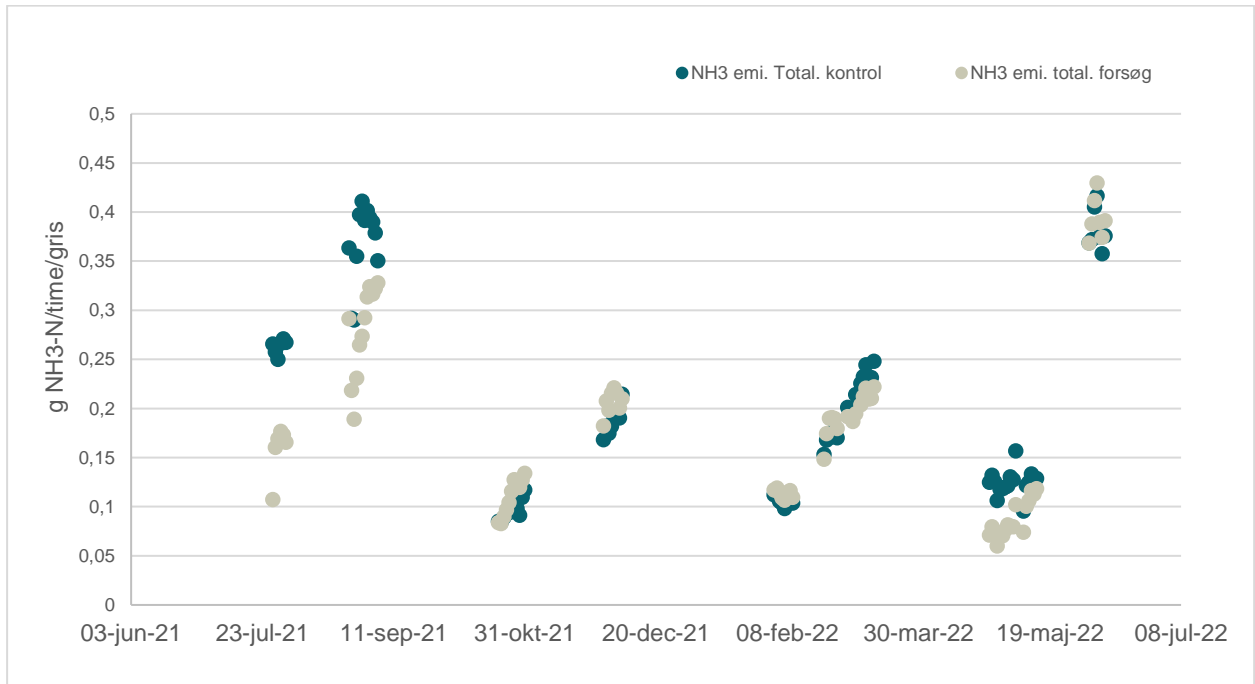
**Graf 3.** Ammoniakemission, dagsgennemsnit, punktudsugning.



**Graf 4.** Ammoniakemission, dagsgennemsnit, loftudsug.



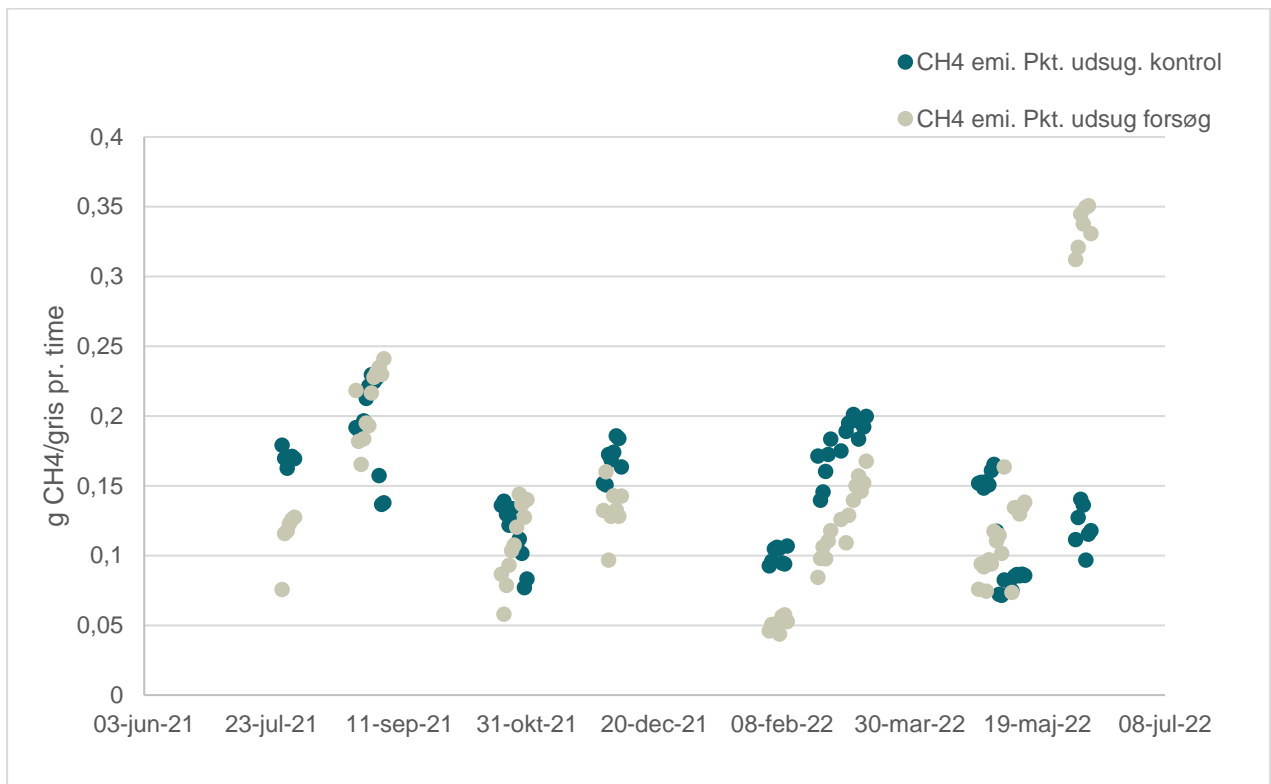
**Graf 5.** Ammoniakemission, dagsgennemsnit, total.



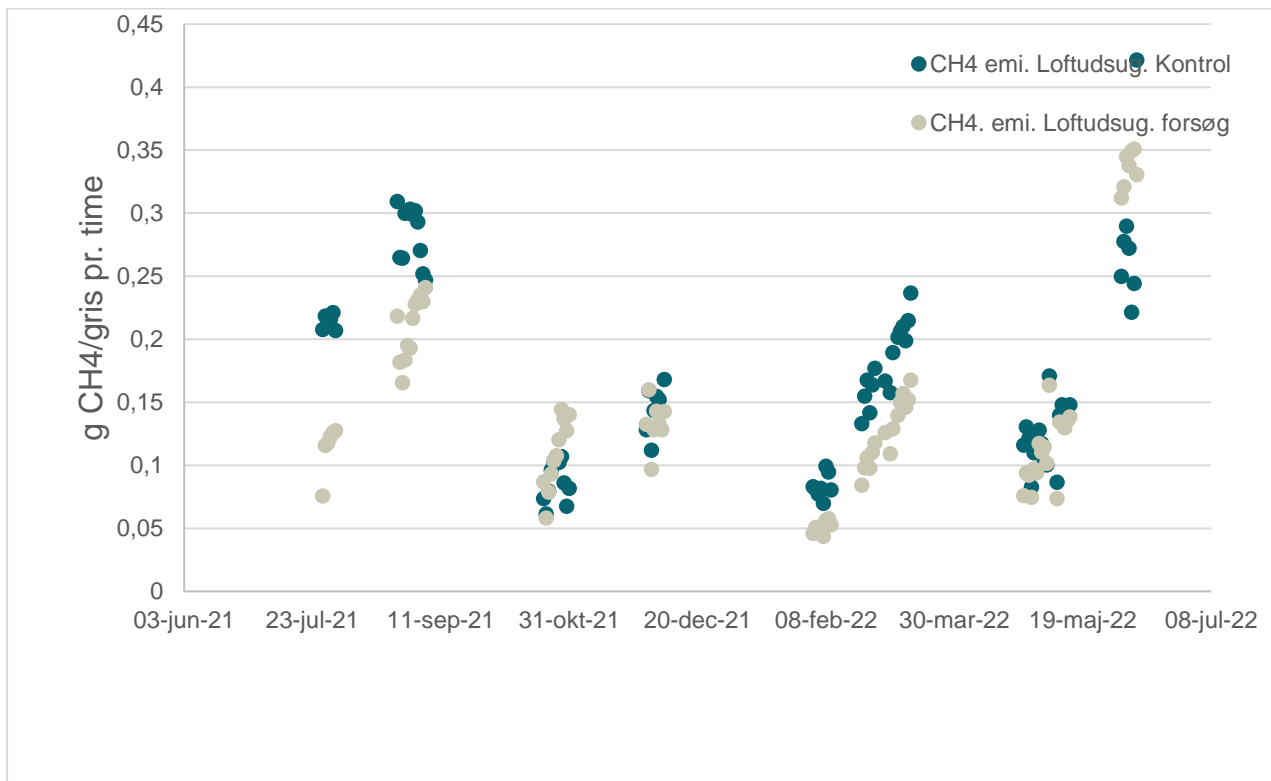
# Appendiks 7

## Metanemissioner, dagsgennemsnit, grafer

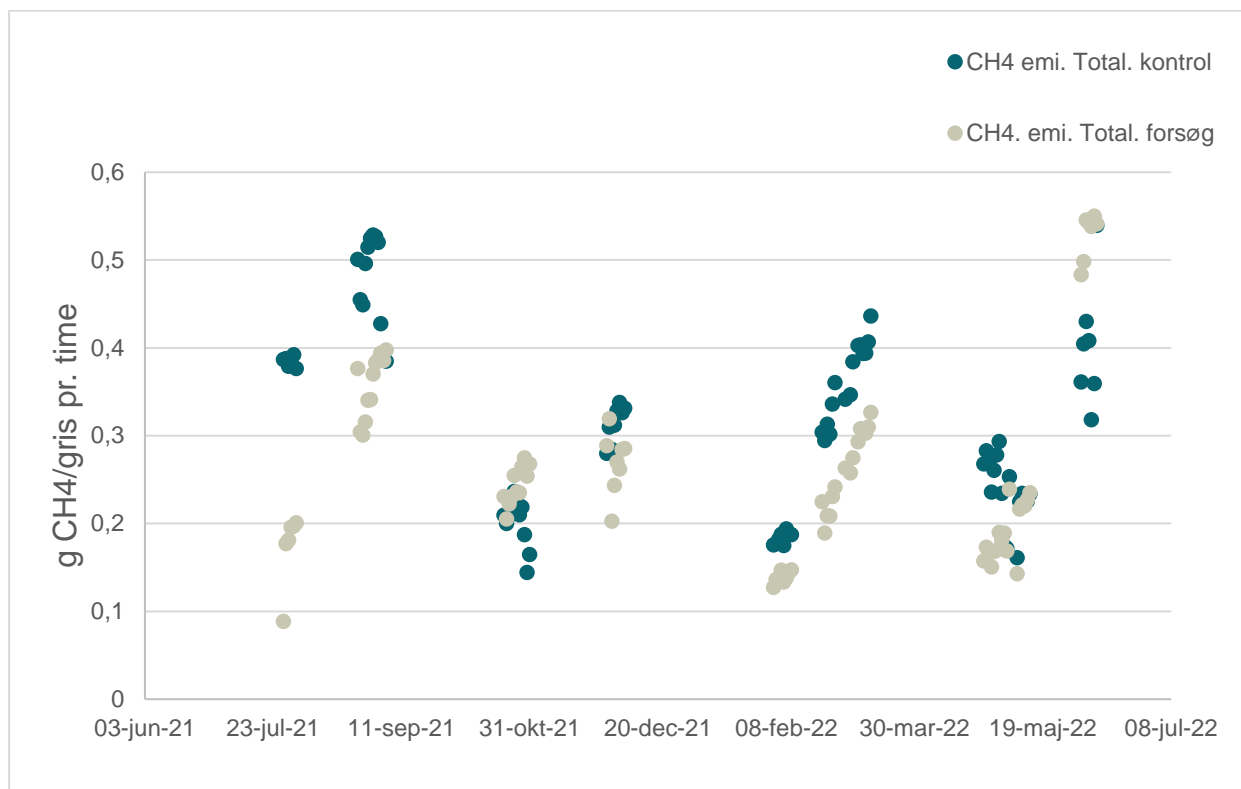
**Graf 6.** Metanemission, dagsgennemsnit, punktudsugning.



**Graf 7.** Metanemission, dagsgennemsnit, loftudsug.



Graf 8. Metanemission, dagsgennemsnit, total.



## Appendiks 8 Lugtemissioner

Tabel 9. Lugtemissioner. Kontrol. Loftudsug.

Hold	Måle- runde	n		Svovl- brinte	Eddike- syre	Metan- thiol	Propan- syre	Trimethylamin	Smør- syre	Pentan- syre	P_cresol	Skatol	SOAV
1	1	5	Emission [s-1]:	2112,2	628,6	1347,68	167,7	988,62	3136,1	627,88	3658,92	1365,7	14033,46
			STD:	236,2	50,0	151,136	16,57	36,455	331,01	71,150	277,758	215,690	997,5523
			95% conf:	92,57	19,61	59,245	6,50	14,2902	129,76	27,891	108,881	84,550	391,0405
1	2	6	Emission [s-1]:	3379,6	283,1	1009,919	63,7	791,22	1075,4	196,89	1236,69	740,139	8776,707
			STD:	2814,1	186,5	547,119	44,8	347,710	769,12	127,409	619,720	117,904	5387,949
			95% conf:	919,3	60,9	178,7255	14,63	113,585	251,25	41,620	202,442	38,515	1760,063
2	1	11	Emission [s-1]:	729,6	165,0	498,1	50,3	416,6	771,1	150,6	711,3	379,2	3871,7
			STD:	196,4	75,9	194,8	25,7	184,3	397,2	76,7	236,6	151,0	1467,1
			95% conf:	77,0	29,8	76,4	10,1	72,2	155,7	30,1	92,7	59,2	575,1
2	2	1	Emission [s-1]:	1477,5	75,5	793,5	17,3	376,6	308,1	59,5	603,4	356,5	4067,9
			STD:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			95% conf:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	1	2	Emission [s-1]:	567,0	79,6	322,06	24,04	164,48	394,2	72,74	565,35	333,41	2522,859
			STD:	91,886	13,260	77,923	4,324	31,4298	83,3506	16,13184	150,29863	73,926	542,5295
			95% conf:	90,049	12,995	76,365	4,237	30,8012	81,6836	15,80920	147,29266	72,447	531,6789
3	2	8	Emission [s-1]:	891,6	96,4	344,85	27,8	292,45	501,61	97,27	949,80	360,46	3562,285
			STD:	237,6	14,01	50,654	4,273	45,086	83,074	17,421	187,917	94,342	706,1351
			95% conf:	58,21	3,432	12,4102	1,047	11,0461	20,353	4,2681	46,0398	23,114	173,0031
4	1	2	Emission [s-1]:	542,8	119,3	292,6	38,5	253,0	611,2	116,6	524,7	230,1	2728,9
			STD:	161,3	27,6	75,9	10,1	27,3	165,7	33,4	67,9	50,7	619,9
			95% conf:	63,2	10,8	29,8	4,0	10,7	64,9	13,1	26,6	19,9	243,0
4	2	7	Emission [s-1]:	3206,1	437,1	1725,6	101,1	1286,8	1769,8	315,3	2620,6	316,3	11778,7
			STD:	515,8	37,1	199,8	9,4	141,4	168,1	29,7	368,8	85,2	1426,3
			95% conf:	202,2	14,6	78,3	3,7	55,4	65,9	11,6	144,6	33,4	559,1

**Tabel 10.** Lugtemissioner. Kontrol. Punktdugning.

Hold	Måle-runde	n		Svovlbrinte	Eddikesyre	Metan-thiol	Propan-syre	Trimethylamin	Smørsyre	Pentan-syre	P_cresol	Skatol	SOAV
1	1	5	Emission [s-1]:	1725,8	34,7	505,45	10,7	225,09	196,1	43,10	1071,27	355,4	4167,618
			STD:	101,1	5,2	73,846	1,49	10,925	31,36	7,726	51,630	44,119	284,4088
			95% conf:	39,64	2,05	28,948	0,59	4,2827	12,29	3,029	20,239	17,295	111,4883
1	2	6	Emission [s-1]:	183,7	19,7	65,283	4,1	48,87	69,7	12,63	88,32	53,444	545,7766
			STD:	147,1	12,1	40,054	2,8	17,642	53,14	8,550	47,351	4,381	329,68609
			95% conf:	48,1	3,9	13,0842	0,93	5,763	17,36	2,793	15,468	1,431	107,69746
2	1	11	Emission [s-1]:	1325,0	33,2	389,1	10,6	267,2	165,7	33,9	650,9	223,8	3099,5
			STD:	259,4	4,0	30,2	1,4	26,9	23,9	4,5	71,2	19,1	330,3
			95% conf:	101,7	1,6	11,8	0,6	10,5	9,4	1,8	27,9	7,5	129,5
2	2	1	Emission [s-1]:	809,9	47,8	430,6	11,6	248,2	199,0	39,6	345,9	210,6	2343,3
			STD:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			95% conf:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	1	2	Emission [s-1]:	872,7	11,8	218,71	3,74	75,43	65,5	14,64	514,62	191,01	1968,146
			STD:	5,788	0,351	16,228	0,083	2,1849	0,0985	0,02401	8,01050	3,988	19,74559
			95% conf:	5,672	0,344	15,903	0,082	2,1412	0,0965	0,02353	7,85029	3,909	19,35067
3	2	8	Emission [s-1]:	1210,7	16,9	273,53	5,3	173,72	95,80	20,71	815,19	166,09	2777,943
			STD:	133,0	0,52	16,775	0,244	5,263	4,652	1,164	82,440	27,122	227,6852
			95% conf:	32,59	0,127	4,1098	0,060	1,2893	1,140	0,2852	20,1978	6,645	55,7829
4	1	2	Emission [s-1]:	1677,4	31,4	329,4	10,8	226,5	170,2	33,2	742,0	145,4	3366,3
			STD:	69,0	6,7	4,2	2,7	26,0	46,9	9,7	52,7	42,6	260,5
			95% conf:	27,0	2,6	1,6	1,1	10,2	18,4	3,8	20,6	16,7	102,1
4	2	7	Emission [s-1]:	246,9	43,2	154,2	10,2	83,5	184,1	31,8	197,9	19,6	971,5
			STD:	44,7	3,7	24,6	0,6	6,8	14,0	2,2	25,2	4,6	117,8
			95% conf:	17,5	1,4	9,6	0,2	2,7	5,5	0,8	9,9	1,8	46,2

**Tabel 11.** Lugtemissioner. Forsøg. Loftdug.

Hold	Måle-runde	n		Svovlbrinte	Eddikesyre	Metan-thiol	Propan-syre	Trimethylamin	Smørsyre	Pentan-syre	P_cresol	Skatol	SOAV
1	1	4	Emission [s-1]:	285,9	24,5	394,8	7,6	223,0	137,0	29,1	271,7	147,7	1521,1
			STD:	117,9	6,5	180,4	2,2	76,2	41,0	7,9	82,6	38,2	544,3
			95% conf:	46,2	2,6	70,7	0,9	29,9	16,1	3,1	32,4	15,0	213,4
1	2	5	Emission [s-1]:	335,3	34,7	122,0	7,7	76,4	133,8	23,4	142,2	66,2	941,7
			STD:	96,0	10,8	21,1	2,3	13,9	43,4	7,1	32,4	5,5	206,8
			95% conf:	37,6	4,3	8,3	0,9	5,5	17,0	2,8	12,7	2,1	81,1
2	1	5	Emission [s-1]:	1568,2	33,1	388,35	11,7	203,00	186,2	35,68	403,92	162,59	2992,766
			STD:	95,29	4,0	29,484	1,72	16,860	25,35	4,807	31,650	19,969	156,9900
			95% conf:	37,35	1,56	11,5578	0,67	6,609	9,936	1,884	12,407	7,828	61,5401
2	2	1	Emission [s-1]:	798,5	27,3	447,59	7,9	174,16	128,7	24,44	314,60	179,48	2102,632
			STD:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			95% conf:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	1	2	Emission [s-1]:	1345,6	30,6	472,8	9,7	158,1	162,5	31,9	433,6	341,4	2986,1
			STD:	57,7	2,4	57,7	0,4	1,5	1,5	0,2	32,7	8,4	151,0
			95% conf:	22,6	0,9	22,6	0,1	0,6	0,6	0,1	12,8	3,3	59,2
3	2	3	Emission [s-1]:	1233,9	25,1	416,4	8,0	244,2	138,9	28,8	590,0	234,1	2919,4
			STD:	189,3	2,9	15,2	1,0	4,4	16,4	3,2	62,8	9,2	294,2
			95% conf:	74,2	1,1	6,0	0,4	1,7	6,4	1,3	24,6	3,6	115,3
4	1	2	Emission [s-1]:	976,0	33,4	639,59	11,6	129,55	189,7	37,02	374,26	84,20	2475,213
			STD:	79,70	7,4	80,087	2,81	14,824	50,37	10,266	38,544	30,379	314,3520
			95% conf:	78,11	7,2	78,485	2,75	14,528	49,36	10,060	37,773	29,771	308,0650
4	2	3	Emission [s-1]:	237,6	30,8	116,567	7,3	84,27	129,1	23,38	161,93	17,70	808,7324
			STD:	6,223	1,46	1,2451	0,47	7,798	8,97	1,266	9,081	2,6020	17,66534
			95% conf:	4,066	0,96	0,81346	0,310	5,094	5,863	0,827	5,933	1,7000	11,54136

**Tabel 12.** Lugtemission. Forsøg. Punktudsugning.

Hold	Måle- runde	n		Svovl- brinte	Eddike- syre	Metan- thiol	Propan- syre	Trimethylamin	Smør- syre	Pentan- syre	P. cre- sol	Skatol	SOAV
1	1	4	Emission [s-1]:	702,4	502,4	1145,2	146,5	1042,3	2639,9	522,4	1789,3	932,2	9422,5
			STD:	66,7	40,1	51,7	8,1	55,2	137,5	38,0	142,5	74,1	398,1
			95% <u>conf.</u>	26,1	15,7	20,3	3,2	21,6	53,9	14,9	55,9	29,0	156,1
1	2	5	Emission [s-1]:	1110,3	157,0	709,3	32,2	647,3	533,4	109,4	937,2	640,2	4876,3
			STD:	864,2	105,5	410,1	22,9	292,1	393,3	69,7	565,3	72,4	2755,6
			95% <u>conf.</u>	338,8	41,4	160,8	9,0	114,5	154,2	27,3	221,6	28,4	1080,2
2	1	5	Emission [s-1]:	511,0	118,5	324,38	38,1	245,75	575,1	105,50	353,35	190,07	2461,786
			STD:	113,02	26,3	83,172	9,85	60,418	142,05	26,683	81,275	64,218	597,7872
			95% <u>conf.</u>	44,30	10,32	32,6036	3,86	23,684	55,682	10,460	31,860	25,174	234,3326
2	2	1	Emission [s-1]:	3054,6	84,9	1118,26	21,4	542,83	365,1	72,36	781,94	570,00	6611,375
			STD:	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
			95% <u>conf.</u>	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
3	1	2	Emission [s-1]:	418,7	72,4	258,0	22,1	128,1	372,3	69,5	347,2	296,4	1984,7
			STD:	75,5	2,4	53,7	0,8	16,7	23,4	6,2	75,9	42,5	297,2
			95% <u>conf.</u>	29,6	0,9	21,0	0,3	6,6	9,2	2,4	29,7	16,7	116,5
3	2	3	Emission [s-1]:	276,0	57,3	177,0	16,5	144,9	283,4	53,5	335,0	171,5	1515,2
			STD:	239,0	49,8	155,7	14,3	126,2	245,7	46,3	290,4	150,9	1313,8
			95% <u>conf.</u>	93,7	19,5	61,0	5,6	49,5	96,3	18,2	113,8	59,2	515,0
4	1	2	Emission [s-1]:	531,0	134,9	614,48	42,1	256,13	686,8	127,52	450,31	182,60	3025,832
			STD:	118,19	20,9	143,598	7,67	12,075	132,10	25,093	30,717	19,350	509,6913
			95% <u>conf.</u>	115,82	20,5	140,726	7,51	11,833	129,46	24,591	30,102	18,963	499,4975
4	2	3	Emission [s-1]:	3025,3	339,2	1651,996	72,9	1026,91	1299,7	243,38	1942,04	242,20	9843,69
			STD:	185,888	41,82	142,9592	8,15	208,913	155,79	27,448	193,580	42,5592	917,5812
			95% <u>conf.</u>	121,447	27,32	93,40001	5,322	136,490	101,784	17,933	126,472	27,8054	599,4864