

FCSI ApS

To svinestalde i Hammerum

Måling af emissioner til luften

Måling af effektivitet af Active NS

Rapport 116-20216
Målinger udført i juni 2016
Projektleder: Arne Oxbøl

Kvalitetssikring

Prøvningsrapporten er kun gyldig med signatur fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed. Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag med tilladelse fra FORCE Technology.



ADVANCED
TECHNOLOGY GROUP

Kontakt:
Metrologi og Luftmiljø
Projektleder Arne Oxbøl
Direkte tlf. 43 25 01 30
Mobil: 22 69 71 30
E-mail: aox@force.dk

FORCE Technology
Park Allé 345
2605 Brøndby, Danmark
+45 43 25 00 00
+45 43 25 00 10
info@forcetechnology.dk
www.forcetechnology.com

Resumé

FORCE Technology har udført emissionsmålinger for ammoniak og lugt fra to staldsektioner i en svinebesætning hos Andes Rahbek i Hammerum ved Herning. I den ene staldsektion blev der anvendt Active NS til reduktion af ammoniakemission (stald 1, forsøgsstald), og i den anden blev der ikke anvendt Active NS (stald 2, kontrolstald).

Målingerne blev udført over en måned, og resultaterne viser tydelige effekter af Active NS, idet ammoniakemissionen fra forsøgsstalden er ca. 19% lavere end fra kontrolstalden. Periodevis er der meget større forskelle, mens der i andre perioder er næsten ingen forskel. Dette er i overensstemmelse med leverandørens forventninger, idet reduktionsprocessen først går i gang efter et par dage.

Måleperioden skulle have været fortsat, til grisene var fuldt udvoksede, men måtte afbrydes pga. defekt på måleudstyret. Det var forventet, at reduktionseffekten ville være tydeligere ved større grisevægt, men det har således ikke kunnet dokumenteres.

Effekten er mod slutningen af måleperioden påvirket af, at gyllekummerne er blevet tømt, og nyt Active NS tilsat. Der har således været to perioder (ved start og efter tømning), hvor reduktionsprocessen har været under udvikling.

Der er udtaget lugtprøver på den sidste måledag, og resultaterne heraf viser en lugtreduktion i forsøgsstalden på 54%.

Indholdsfortegnelse

Resumé	2
1 Indledning	4
1.1 Formål.....	4
1.2 Baggrund for emission af ammoniak og lugt	4
2 Resultater	5
2.1 Resultatoversigt	5
2.1.1 Variation mellem målepunkter	5
2.1.2 Emissioner	6
2.2 Lugt	9
3 Anlægsbeskrivelse	10
3.1 Driftsforhold under målingerne.....	10
4 Målingernes udførelse.....	10
4.1 Målemetoder.....	10
4.1.1 Ammoniak.....	10
4.1.2 Lugt.....	11
4.2 Ventilationsrate, temperatur og antal grise	12
4.3 Grisenes vægt.....	12
4.4 Måleperioder	12
4.5 Forhold af betydning for måleusikkerheden.....	13

1 Indledning

FORCE Technology har i juni 2016 udført måling af emissioner til luften fra To svinestalde i Hammerum:

Adresse: Frølundvej 83, Hammerum, 7400 Herning
Rekvirent: FCSI ApS ved Karl Erik Molbech

Målingerne er udført af: Flemming Mikkelsen og Arne Oxbøl
Rapporten er udarbejdet af: Arne Oxbøl

Måleparametre og målingernes varighed fremgår af resultatoversigten i kapitel 2.1.

Resultatet af målingerne gælder kun for det aktuelle anlæg, i de aktuelle måleperioder og for de aktuelle driftssituationer.

1.1 Formål

Firmaet FCSI ApS har udviklet og markedsfører et produkt, Active NS, til tilsætning i svinegylle med det formål at reducere ammoniak- og lugtemission. FCSI ApS angiver en forventet ammoniakreduktion på op til 25%, mens der ikke er angivet en forventet lugtreduktion.

Produktets virkemåde kan af konkurrencehensyn ikke beskrives her, men leverandøren oplyser, at effekten ikke er konstant over hele perioden. Efter tilsætning går der et par dage, inden effekten er tydelig, og den kan variere således, at den største effekt forventes, når grisene er størst.

Produktet anvendes bl.a. hos Anders Rahbek, Frølundvej 83 i Hammerum. Herning Kommune ønsker dokumentation for, at anvendelse af produktet kan reducere ammoniakemissionen fra samtlige stalde på adressen med minimum 7%. Målingerne skal således dokumentere, om ammoniakreduktionen er tilstrækkelig til at kunne opfylde Herning Kommunes krav.

Målingerne tjener desuden som orienterende måling forud for en ETV-test, som påtænkes udført i henhold til en testplan med udgangspunkt i VERA-protokollen for staldsystemer⁴.

1.2 Baggrund for emission af ammoniak og lugt

Grisene går på et spaltegulv, og hovedparten af gylle og fæces kommer i kummerne under gulvet. Der vil dog altid ligge noget på gulvet. Både indholdet i kummerne og på gulvet giver anledning til emission af ammoniak og lugt.

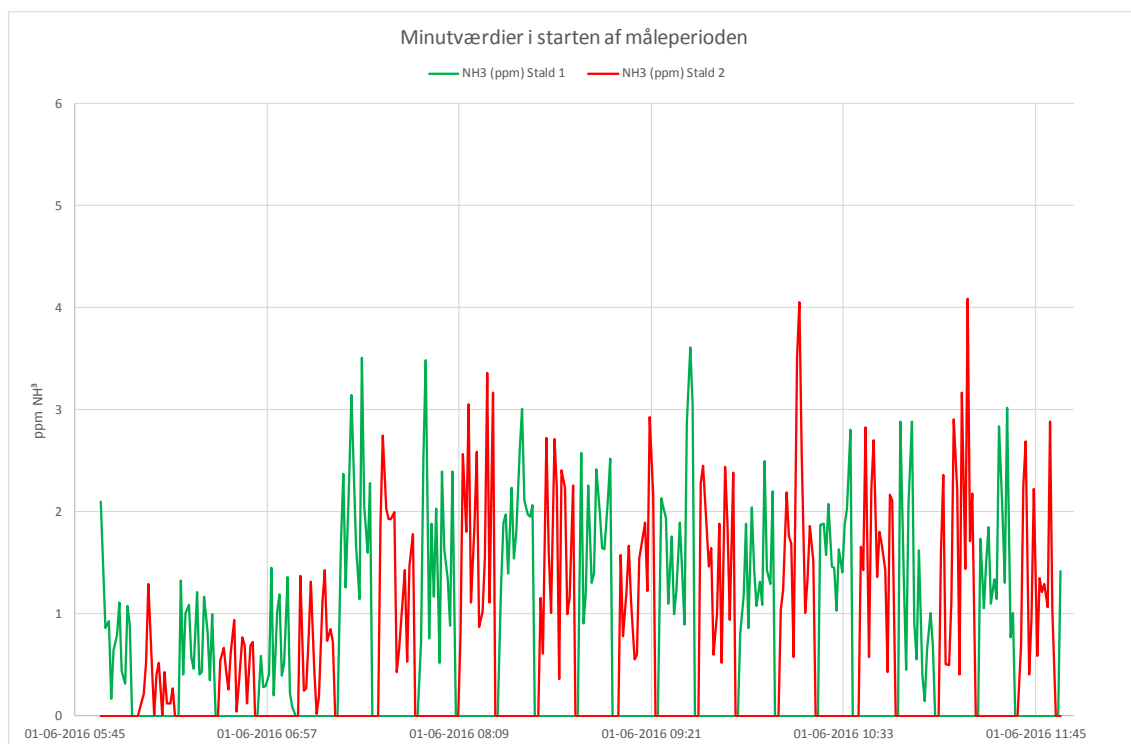
Behandlingen med Active NS kan kun reducere emissionen fra kummerne. Der vil således altid være et baggrundsbidrag fra det, der ligger på gulvet. Baggrundsbidraget må antages at være størst umiddelbart efter indsættelsen af grisene, hvor kummerne er tomme fra start og med kun lille indhold de første dage.

2 Resultater

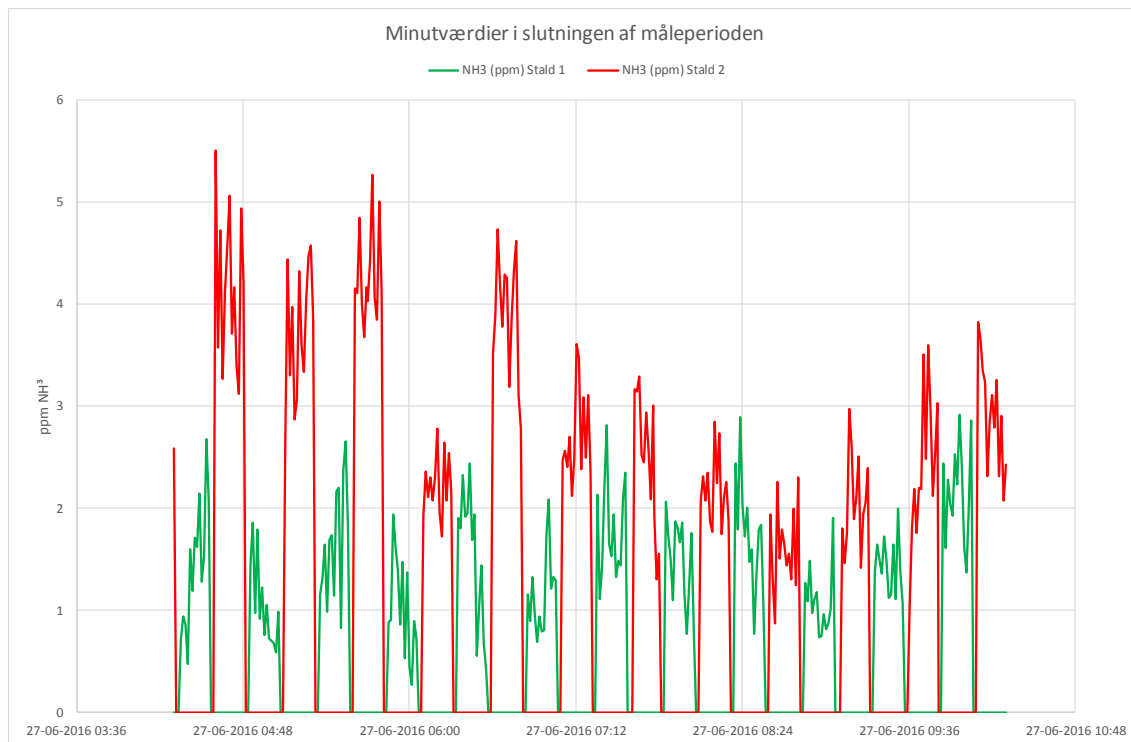
2.1 Resultatoversigt

2.1.1 Variation mellem målepunkter

En del af testens formål er at være forberedelse til en ETV-test. Ét af spørgsmålene forud for udførelsen af ETV-testen er, om det er tilstrækkeligt at måle i ét punkt i hver stald. Det er således et spørgsmål, om variationen mellem målepunkter er større end mellem tidspunkter. Vi har endnu ikke udført en statistisk undersøgelse heraf, men illustrerer variationerne mellem målepunkter for seks timer i hver staldsektion i hhv. starten og slutningen af perioden – se Figur 1 og Figur 2.



Figur 1 Seks timers minutværdier i starten af måleperioden



Figur 2 Seks timers minutværdier i slutningen af måleperioden

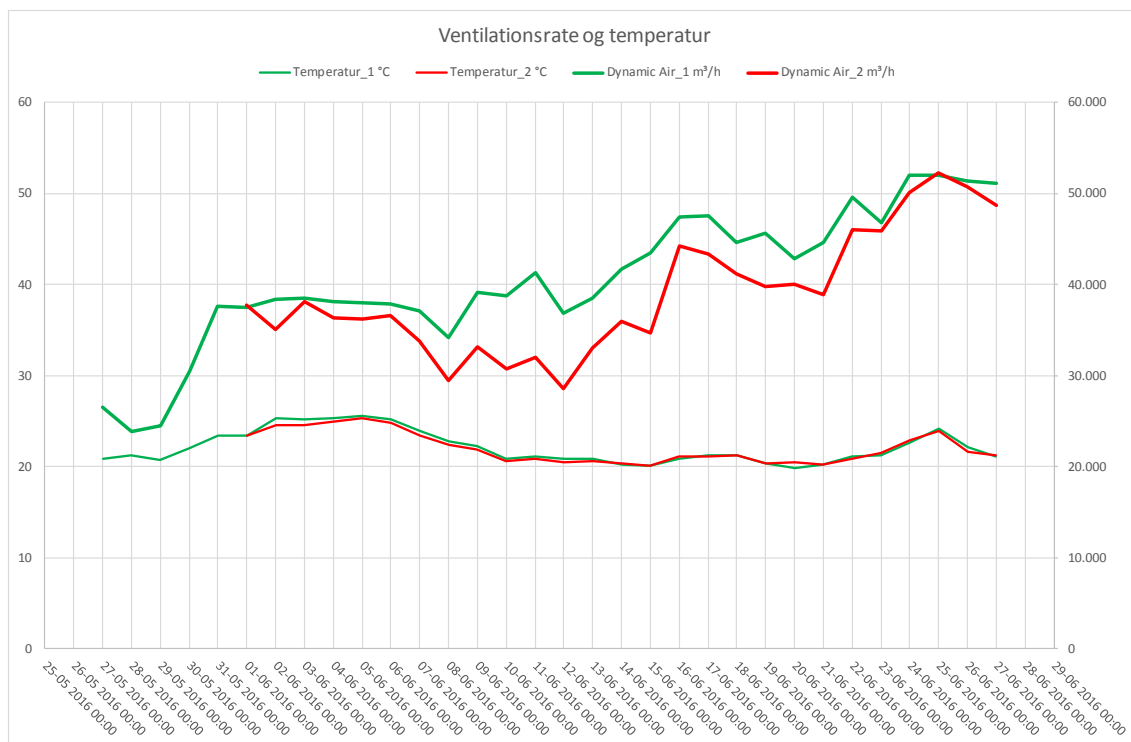
For hvert sæt grønne, hhv. røde toppe er der tale om ét målepunkt. Variationen mellem målepunkter i én staldsektion inden for halvanden time ses således ved at betragte tre grønne kurver hhv. tre røde kurver.

Der er tydelig variation over tid, men det er ikke tydeligt, om der er variation mellem målepunkter. I Figur 2 ses f.eks. ens koncentrationer i de tre første røde kurver, mens de herefter kommer en tydeligt mindre koncentration i den fjerde røde kurve efterfulgt af en stigning igen. For de grønne kurver er der større stabilitet.

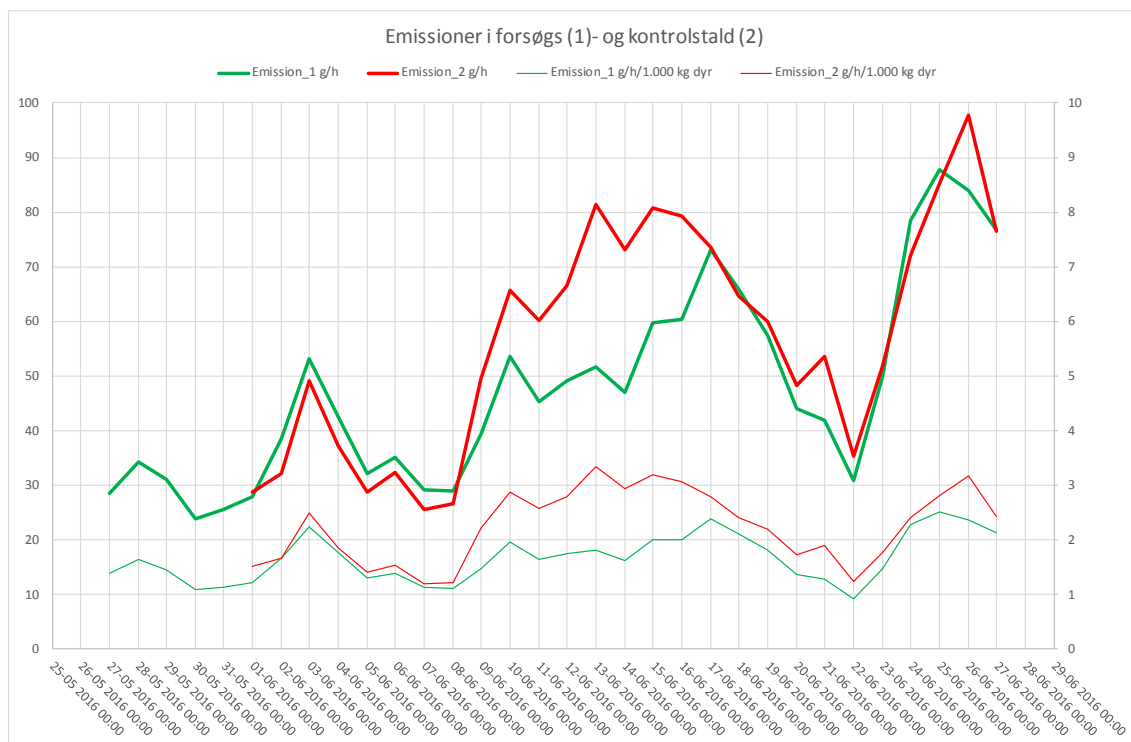
Det er ikke muligt på dette grundlag at afgøre, om måling i ét punkt i hver staldsektion er nok, men en statistisk analyse af hele materialet kan måske afgøre det.

2.1.2 Emissioner

Figur 3 viser ventilationsraten og temperaturen i måleperioden. De lidt større grise i stald 1 kræver lidt mere ventilation for at holde temperaturen på den ønskede værdi-



Figur 3 Døgnmiddelværdier for ventilationsrate og temperaturer



Figur 4 Emissioner i måleperioden

Figur 4 viser, at emissionen i forsøgsstalden er væsentligt mindre end i kontrolstalden i en del af måleperioden målt i absolutte værdier. I resten af perioden, bl.a. i starten hvor det på forhånd var forventet, at Active NS ikke har markant effekt.

Figuren viser også, at emissionen i forsøgsstalden i hele perioden er lavere end i kontrolstalden målt som g NH₃/time/1.000 kg dyr.

Da målingerne pga. defekt på udstyret måtte stoppes, er det ikke muligt at beregne den samlede emission for de to hold grise i hele deres opfedningsperiode. Alternativt har vi beregnet emissionen per ton tilvækst i de to staldsektioner.

Tabel 1 Beregning af emission per ton tilvækst

Stald 1			Stald 2		
26-05 2016 20:00	til	27-06 2016 11:00	31-05 2016 13:00	til	27-06 2016 11:00
Tilvækst	Emission	NH ₃	Tilvækst	Emission	NH ₃
kg dyr	kg NH ₃	g NH ₃ /ton tilvækst	kg dyr	kg NH ₃	g NH ₃ /ton tilvækst
15.330	36,7	2.393	12.665	37,4	2.955

Tabel 1 viser at der i måleperioden er en tydeligt mindre emission per ton tilvækst i forsøgsstalden, svarende til 19% lavere end i kontrolstalden.

På grund af forskydningen af grisenes ophold i de to stalde er forholdene ikke fuldstændig ens i forsøgs- og kontrolstalden. Der er f.eks. altid mere gylle i forsøgsstalden end i kontrolstalden (indtil tømning af begge staldes kummer), og dermed er forholdet mellem emissionen fra hhv. kummer og gulv ikke det samme i de to stalde på en given dag. Figur 5 viser emissioner som funktion af antal dage, grisene har gået i staldene. Det betyder, at resultaterne i hver stald er opnået med næsten samme mængde gylle i kummerne og dermed samme forhold mellem emission fra kumme og gulv. Til gengæld er ventilationsrate og temperaturer ikke nødvendigvis ens.



Figur 5 Emissioner som funktion af antal dage, grisene har gået i staldene

Figuren viser samme tendenser som Figur 4, men der er dog få døgn, hvor emissionen er størst i forsøgsstalden. Dette hænger sammen med, at netop i de dage blev gyllen tømt ud af kummerne, og hovedparten af emissionen må derfor formodes at ske fra gulvet (pulveret har ingen effekt).

2.2 Lugt

Der er udtaget to gange tre lugtprøver, og lugtemissionen er beregnet per 1.000 kg dyr, som bl.a. Seges gør ved dokumentation af emissioner¹. Resultatet ses i Tabel 2.

Tabel 2 Resultat af lugtbestemmelse

Lugt	Forsøgsstald				Kontrolstald			
	OU/m ³	OU/1.000 kg dyr/s	Antal dyr	Middelvægt	OU/m ³	OU/1.000 kg dyr/s	Antal dyr	Middelvægt
27-06 2016 11:00	377	148	479	75,4	766	347	480	65,9
27-06 2016 15:00	537	209	479	76,4	915	410	480	67,0
27-06 2016 16:00	542	210	479	76,4	1.071	476	480	67,0
Middel		189				411		
Reduktion	54	%						

Der er en god effekt af Active NS på måledagen.

¹ Seges: Forskellige gulvtyper med og uden gulvudsugning til slagtesvin i en sommerperiode, meddelelse nr. 83, http://vsp.lf.dk/Publikationer/Kilder/lu_medd/2010/883.aspx?full=1

3 Anlægsbeskrivelse

Testen er foretaget i to staldsektioner i samme bygning. Hver staldsektion har egen ventilation gennem fire ventilatorer. To af ventilatorerne er frekvensstyrede med variabel spjældindstilling, mens de to andre er enten tændt eller slukket med variabel spjældindstilling. Ventilationen måles og reguleres ved hjælp af systemet Dynamic Air fra firmaet Skov Ventilation.

I hver staldsektion er der 470-500 grise, som går i stalden i ca. 70 dage med en startvægt på ca. 30 kg til en slagtevægt på ca. 100 kg. Grisene indsættes i staldsektionerne med ca. 14 dages tidsforskydning. Der er således indsat 478 grise i forsøgsstalden den 20. maj 2016 kl. ca. 12:00 med en gennemsnitlig startvægt på 37,8 kg. I kontrolstalden blev der indsat 480 grise den 31. maj 2016 kl. ca. 12:00 med en gennemsnitlig startvægt på 39,6 kg.

I den ene staldsektion (stald 1, forsøgsstalden) anvendes Active NS således:

Ved anvendelsen af produktet før indsætning af grise i en stald beregnes det, hvor meget gylle der vil komme i gyllekummerne indtil næste gang, de skal tømmes. Der tilsættes 20 gram Active NS pr. m³ forventet gyllemængde, og det fordeles i kummerne.

I den anden staldsektion (stald 2, kontrolstalden) anvendes ikke Active NS.

3.1 Driftsforhold under målingerne

Grisene fodres automatisk, og fodermængden styres efter en forud beregnet foderkurve i en computer, som beregner den nødvendige fodermængde til enhver tid afhængig af grisenes vægt. Grisene kontrolvejes regelmæssigt. Gyllekummerne blev fyldt i løbet af måleperioden og tømt. Der blev ved den lejlighed udtaget repræsentative prøver af gyllen til analyse for indhold af nitrogen. Dette blev ikke udført af FORCE Technology.

Efter tømning blev der igen tilsat Active NS i forsøgsstalden i henhold til proceduren, som er beskrevet i afsnit 3.

4 Målingernes udførelse

4.1 Målemetoder

4.1.1 Ammoniak

Målingerne af ammoniak er udført med TDL-spektrofotometri (Tunable Diode Laser) som er testet i Månegrisprojektet. Månegrisprojektets testresultater er rapporteret af projektgruppen², herunder en delrapport om test af måleudstyr til måling af ammoniak³. TDL-spektrofotometri er fundet anvendeligt til kontinuert måling af ammoniak.

Monitorens måleområde er 0-100 ppm NH₃ med et udgangssignal på 4-20 mA. Forinden målingen er der tilført hhv. nulgaz (nitrogen) og en spangas med kendt koncentration af NH₃ for at fastlægge det nøjagtige udgangssignal for hhv. nul og span. Det viste sig ved målingerne, at koncentrationerne var i området 0,1-11,5 ppm, hvilket er i den lave ende af monitorens måleområde.

² Slutrapport om Måling af emission fra fremtidens svinestald: <http://www.agrotech.dk/projekter/project/maaling-af-emission-fra-fremtidens-svinestald>

³ Udvælgelse, udvikling og test af kosteffektive prototyper med sensorer til monitoring af NH₃ og CO₂ i ventilationsluft fra svinestalde.

http://www.agrotech.dk/sites/agrotech.dk/files/public/uploads/Projects/maanegris_prototyper_til_NH3_og_CO2_force_samlet_rapport_2015_final_003.pdf

Der er målt i tre punkter i hver staldsektion (ved hver af tre ventilatorer i hver staldsektion) således, at der er målt skiftevis i de seks punkter. Ved hjælp af en multiplexer skiftes mellem hvert målepunkt hvert 15. minut. Forinden måling i et målepunkt suges luften fra målepunktet gennem slangen, mens der måles i det nærmest foregående målepunkt. Derved sikres det, at luften der måles på, ikke har stået stille i slangen siden sidste måling i punktet.

Data opsamles således, at måleværdien registreres hvert tiende sekund, hvorefter der for hvert minut laves en middelværdi af seks 10-sekunders værdier.

For at undgå påvirkning i sensoren fra det ene målepunkt til det næste fjernes det første og det sidst målepunkt i hver periode. Der er således 13 minutters måling hvor hver halvanden time.

En væsentlig fordel ved at bruge en kontinuert metode er, at effekten i hele perioden belyses og dermed, at påvirkningen fra tilfældige udsving eller forventede variationer ikke påvirker konklusionen.

En væsentlig fordel ved at bruge multiplexer og kun én monitor er, at variation mellem monitorer undgås. Selv om de fundne koncentrationer er i den lave ende af monitorens måleområde og den forventede effekt af Active NS kun er 25% reduktion, er der en god sikkerhed for, at de fundne, relative forskelle er troværdige.

En ulempe ved målemetoden er, at de fundne koncentrationer er i den lave ende af monitorens måleområde. Det giver en større usikkerhed. Denne ulempe deler TDL med både FTIR (FourierTransformeret InfraRød spektroskopi) og PA-IR (PhotoAkustisk InfraRød spektroskopi).

Luften ledes til TDL-monitoren gennem opvarmede teflonslanger, hvor temperaturen holdes på 35-40°C for derved at mindske mulig adsorption af ammoniak til slangernes inderside. Luften filtreres gennem et filter, som er monteret på slangen inde i stalden ved målepunktet, se Figur 6.

4.1.2 Lugt

Lugtmålinger udføres i henhold til DS/EN 13.725. Hver prøve udtages over minimum 30 minutter i henhold til VERA-protokollen, og i vores udførelse har vi udtaget prøverne i ti minutter i hvert af de tre målepunkter, som er brugt til ammoniakmålingerne. Derved er tilstræbt optimal repræsentativitet.



Figur 6 Illustration af varmeslanger med filter

4.2 Ventilationsrate, temperatur og antal grise

Ventilationsraten registreres dagligt på staldens computer, og FORCE Technology har via fjernopkobling frit kunnet hente de relevante oplysninger om flow, temperatur og antal grise.

Ventilationsraten styres med systemet Dynamic Air fra Skov Ventilation og registreres med Farm Online også fra Skov Ventilation. FORCE Technology har ikke målt flow i perioden.

4.3 Grisenes vægt

FORCE Technology har fået adgang til den foderkurve, som bruges til at styre fodertilsætningen til grisene. Kurven giver oplysninger om den tilstræbte vægt for hver dag i opfedningsperioden og med kendskab til grisenes startvægt og det antal dage, de har gået i stalden, kan den tilstræbte vægt findes ved opslag på kurven (i praksis i den tilhørende tabel). Det er således en estimeret vægt, som kontrolleres regelmæssigt ved vejning i stalden, således at grisene opnår den ønskede vægt til den ønskede tid. FORCE Technology har ikke kontrolleret grisenes vægt og benytter således oplysninger, som vi ikke har grund til at betvivle.

4.4 Måleperioder

Målingerne blev indledt den 26. maj 2016 kl. 19:00. På det tidspunkt var grisene i forsøgsstalden sat ind og havde gået der siden 20. maj 2016, dvs. i seks dage. Grisene i kontrolstalden blev sat ind 31. maj 2016.

Der er således forskel i de to stalde på en given dag, hvad angår gyllemængden i kummerne, grisenes vægt og behovet for ventilation. Temperatur og relativ fugtighed må derfor anses for identiske, da ventilationen regulerer dette til fastlagte værdier, der er ens for begge stalde.

I henhold til procedurer, som er beskrevet i VERA-protokollen for staldsystemer⁴ skal alle forhold være så ens som muligt. Da det sjældent er muligt at opnå helt ens forhold, kompenseres der til en vis grad for dette ved at beregne emissionerne per 1.000 kg dyr per sekund. Derved korrigeres der for forskellig ventilationsrate og forskelligt antal grise og forskellig gennemsnitsvægt.

Der kan imidlertid ikke korrigeres for det forhold, som er særligt væsentligt for anvendelsen af Active NS, at der både sker fordampning fra gyllekummer og spaltegulvet. Da grisene blev sat ind i kontrolstalden den 31. maj 2016, var der allerede en betydelig mængde gylle i kummerne i forsøgsstalden, mens de i kontrolstalden var tomme. Der må således forventes en vis effekt af dette de første dage af sammenligningsperioden. For at illustrere dette er der i resultatafsnittet viste kurver for emission som funktion af antal dage, som grisene har været i staldsektionerne. Direkte sammenligning af emissionen efter seks, ti etc. dage er således mulig, men der kan ikke tages højde for, at temperatur og ventilationsrate evt. er forskellig.

Det var planen at gennemføre målingerne i hele opfedningsperioden for hvert hold grise, men pga. defekt på udstyret, måtte målingerne afsluttes 27. juni 2016. en måling over hele perioden for hvert hold grise vil dokumentere den samlede emission for et hold, mens stikprøver i perioden indebærer en risiko for at dagsresultater viser enten urealistisk lave eller høje effekter. Netop for Active NS, som har en variabel effekt, er det vigtigt at dokumentere den samlede effekt.

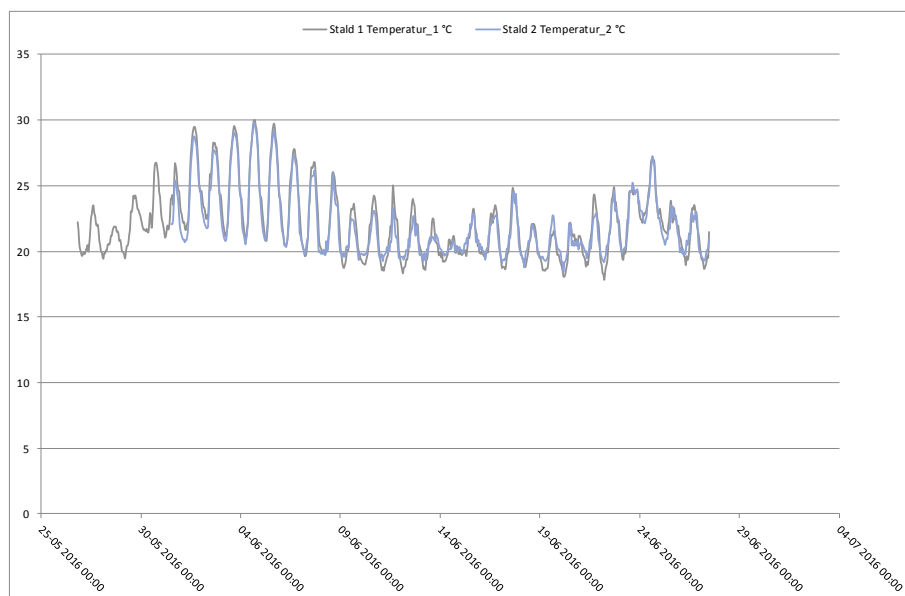
4.5 Forhold af betydning for måleusikkerheden

Mulig adsorption i slangerne og påvirkning fra målepunkt til målepunkt er søgt minimeret gennem opvarmning af slanger og eliminering af første og sidste måleværdi i hver periode. Variationer i temperatur og fugtighed er mulige faktorer, som kan påvirke sensoren, men i begge staldsektioner tilstræbes gennem styring af ventilationen, at temperatur og fugtighed holdes ensartet gennem hele

⁴ VERA-protokol

perioden. Målinger af temperatur i stalden viser, at den på timebasis varierer mellem 18 og 30°C, og på døgnbasis mellem 20 og 26°C.

Det kan ikke udelukkes, at en temperaturforskel på 12°C vil give en vis usikkerhed i måleresultatet. Figur 7 viser imidlertid, at temperaturen i de to staldsektioner følges meget nøje, hvilket betyder en lille relativ betydning af temperaturen i sammenligningen mellem staldsektioner.



Figur 7 **Temperaturvariation på timebasis**