

# AMMONIAKREDUKTION VED GYLLEKØLING I LØBE-/DRÆGTIG- HEDSSTALD MED LINESPILSANLÆG

MEDDELELSE NR. 1089

I en drægtighedsstald med linespilsanlæg blev ammoniakemissionen reduceret med 23 og 33 pct. ved køling af gyllekummens bund med henholdsvis 21 og 37 W/m<sup>2</sup>.

---

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING  
FORFATTER: MICHAEL HOLM, KASPER BALSLEV SØRENSEN & MAI BRITT FRIIS NIELSEN  
UDGIVET: 30. DECEMBER 2016

Dyregruppe: Drægtige søer  
Fagområde: Miljø

## Sammendrag

I en løbe-/drægtighedsstald med gyllekøling og linespilsanlæg med daglig udmugning blev ammoniakemissionen reduceret med 23 pct. ( $p < 0,001$ ) og 33 pct. ( $p < 0,001$ ), når gyllekummens bund blev kølet med i gennemsnit henholdsvis 21 W/m<sup>2</sup> og 37 W/m<sup>2</sup> i forhold til, når gyllekummen ikke blev kølet.

Formålet med afprøvningen var at eftervise den reduktion af ammoniakemissionen, der for nuværende beregnes i forbindelse med miljøgodkendelser, således at gyllekøling i stalde med linespilsanlæg kan blive endeligt optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Den nuværende beregning, jf. teknologilisten, er:

$$\text{Reduktion (\%)} = 1,5x - 0,008x^2, \text{ hvor } x = \text{køleeffekten, W/m}^2$$

Jævnfør denne formel ville man således opnå en beregnet reduktion på henholdsvis 28 pct. og 44 pct. ved de to kølingsniveauer. Man kan dog maksimalt opnå 30 pct. reduktion ved gyllekøling i forbindelse med ansøgning om miljøgodkendelse. Resultaterne fra denne afprøvning var altså henholdsvis 17 pct. lavere og 26 pct. lavere end den teoretisk udregnede reduktion via ovenstående formel. Dog ligger 95 % konfidensintervallet for den målte reduktion på  $23 \pm 5,5$  % ved  $20,6 \text{ W/m}^2$  på kurven for den teoretisk beregnede reduktion, mens den målte reduktion på  $33 \pm 5,4$  % ved  $36,5 \text{ W/m}^2$  ligger under kurven for den teoretisk beregnede reduktion. Det er derfor sandsynligt, at reduktionen er aftagende med stigende kølingsniveau.

Afprøvningen forløb over et år og de tre køleeffekter ( $0 \text{ W/m}^2$ ,  $21 \text{ W/m}^2$  og  $37 \text{ W/m}^2$ ) blev anvendt på skift á cirka en måneds varighed, således at hver køleeffekt havde fire måleperioder, og der var dermed i alt 12 måleperioder. Samlet blev der målt ammoniakemission ved kontinuerlige målinger over 131 dage. Emissionen fra løbe- og drægtighedsstalden blev hele tiden sammenholdt med emissionen fra en tilsvarende løbe- og drægtighedsstald uden gyllekøling på samme ejendom. De to løbe-/drægtighedsstalde var på henholdsvis 536 stipladser i forsøgsstalden og 500 stipladser i kontrolstalden. I staldenes løbe-/kontrolafdelinger var søerne opstaldet i bokse, mens de i drægtighedsafdelingerne var opstaldet i grupper, med én ædeboks pr. so. Cirka en tredjedel af pladserne i hver stald var i løbe-/ kontrolafdelingen. Staldudnyttelsen var henholdsvis i gennemsnit 89 pct. og 88 pct. i de to stalde igennem afprøvningsperioden.

Når der ikke blev anvendt køling, blev ammoniakemissionen estimeret til  $0,53 \text{ g NH}_3\text{-N}$  pr. time pr. so i forsøgsstalden og  $0,45 \text{ g NH}_3\text{-N}$  pr. time pr. so i kontrolstalden, hvilket kan omregnes til et bidrag på henholdsvis  $3,5 \text{ kg}$  og  $3,0 \text{ kg NH}_3\text{-N}$  pr. årssø fra de to løbe- og drægtighedsstalde. Dette er højere end normalt 2016 for løbe- og drægtighedsstalde, hvilket kan tilskrives, at spaltegulvsarealet i drægtighedsafdelingerne med én ædeboks pr. so er relativt højt i forhold til stalde med opboksede søer, som de nuværende normalt er beregnet ud fra.

## Baggrund

Når gylletemperaturen sænkes, vil emissionen af ammoniak blive reduceret [1]. Gyllekøling er en miljøteknologi, der tidligere er vist at kunne reducere ammoniak fra staldrum og samtidigt udvinde varme [2]. Denne varme kan anvendes i andre staldafsnit, som for eksempel i farestalde eller klimastalde, hvor der kan være et behov for opvarmning. Dette gør samlet, at gyllekøling ofte er interessant at installere i forbindelse med en ombygning eller nybyggeri.

I forbindelse med køling af gylle er flere systemer blevet afprøvet. I 1990'erne blev der gennemført forsøg, hvor der blev placeret køleslanger i bunden af gyllekummen i en slagtesvinestald med fuldspaltegulv. Her blev der vist en effekt på 10 pct. reduktion af ammoniakemissionen ved køling med  $10 \text{ W/m}^2$ . I forsøget blev det konstateret, at temperaturen steg fra bunden mod toppen af gyllen,

hvilket vil nedsætte effekten [2]. I Holland køles gyllen ved at anvende en ramme med køleelementer, som placeres i overfladen af gyllen. I Holland er gyllekøling derved godkendt til en høj effekt [3], svarende til 48 pct. reduktion af ammoniakemissionen. Metoden vanskeliggør dog udslusning af gylle og vil heller ikke kunne benyttes i stalde, hvor der bruges halmstrøelse, som det er tilfældet i de danske løbe-/drægtighedsstalde. Den mest optimale løsning i drægtighedsstalde vurderes derfor at være at nedstøbe køleslanger i betonen under et linespilsanlæg. Dette bevirker, at der ingen negative konsekvenser er for gyllesystemets funktion samtidigt med, at lagdelingen af temperaturen i gyllekummen mindskes på grund af linespillet. I en tidligere afprøvning i en drægtighedsstald blev der fundet en reduktion af ammoniakemissionen på 31 pct. ved køling med i gnsn. 24 W/m<sup>2</sup> i en stald med linespil og gyllekøling i forhold til en lignende stald uden gyllekøling [4]. Gyllekøling blev på den baggrund optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste [5]. Efterfølgende har Miljøstyrelsen efterspurgt fornyet dokumentation for, at gyllekøling kan bevares på Teknologilisten.

Den nuværende formel på Teknologilisten til beregning af reduktionen af ammoniakemission ved gyllekøling i forbindelse med linespilsanlæg er:

$$\text{Reduktion (\%)} = 1,5x - 0,008x^2, \text{ hvor } x = \text{køleeffekten, W/m}^2 \text{ [5].}$$

Formålet med denne afprøvning var at eftervise den midlertidige godkendte effekt af køling af kanalbunden på ammoniakemissionen fra staldrummet, således at gyllekøling i drægtighedsstalde med linespilsanlæg kan blive endelig optaget på Teknologilisten.

## Materiale og metode

### Staldindretning og produktion

Afprøvningen blev gennemført i to løbe-/drægtighedsstalde på samme ejendom. Soholdet var på 1200 årssøer og de to løbe-/drægtighedsstalde var på henholdsvis 516 stipladser (Forsøg) og 480 stipladser (Kontrol). Dertil kommer en række i begge stalde med syge-, polte- og ornestier med ca. 20 stipladser. Løbeafdelingen var etableret med fikserede søer i bokse og drægtighedsafdelingen med en æde-/hvileboks pr. so i T-stier, dvs. med lejeområde for enden af to rækker bokse. De to staldes opbygning er skitseret i appendiks 1.

Forsøgsstalden målte 25,0 m x 71,0 m, mens kontrolstalden målte: 24,3 m x 67,1 m. Benhøjden på spærene var 2,6 meter og taghældningen var 20 grader i begge stalde. Gyllekummens areal var 970 m<sup>2</sup> i forsøgsstalden og 860 m<sup>2</sup> i kontrolstalden, og i begge stalde var der linespilsanlæg i gyllekummen. I kontrolstalden var ca. 100 m<sup>2</sup> af spaltegulvet overstøbt, hvilket var i T-stiernes lejeområde og i gangarealer, hvorimod dette område var med drænet gulv i forsøgsstalden.

Søerne blev fodret med vådfoder indeholdende 122 g råprotein pr. FEso i løbe- /kontrolafdelingen og 118 g råprotein pr. FEso i drægtighedsafdelingen og blev tildelt halmstrøelse som rode- og beskæftigelsesmateriale.

I forsøgsstalden var der etableret gyllekøling. Gyllekølingen var etableret ved, at der var indstøbt køleslanger i bunden af gyllekummerne. På ejendommen var der opsat to varmepumper fra Klimadan med en samlet ydelse på ca. 55 kW på kølesiden. Varmepumperne var desuden tilsluttet ca. 500 m<sup>2</sup> gyllekumme i tre farestalde. Kølingen til staldene kunne reguleres dels, ved at køre med en eller to varmepumper, dels ved åbne-/lukkehaner på de to strenge. Det blev tilstræbt kølingsperioder i forsøgsstalden à 1 måned, jævnfør planen i tabel 1. Perioderne var således opdelt i tre grupper med henholdsvis 0 W/m<sup>2</sup>, 20 W/m<sup>2</sup> og 40 W/m<sup>2</sup> på skift i forsøgsstalden, mens den anden stald fungerede som kontrol uden køling i alle perioderne. Der blev gennemført 12 køleperioder, og der var således 4 gentagelser pr. gruppe fordelt hen over et år.

**Tabel 1.** Forsøgsplan for perioder og planlagt køleeffekt. Der var 4 køleperioder i hver gruppe.

Periode	Gruppe	Forsøg W/m <sup>2</sup>	Kontrol W/m <sup>2</sup>
Januar, april, juli, oktober	0	0	0
December, marts, juni, september	1	20	0
Februar, maj, august, november	2	40	0

Slangerne til køleanlægget blev samlet i fem samlebrønde udenfor den ene gavl på forsøgsstalden. Køleslangerne var Ø25 mm PEL-slanger (polyethylen), som var nedstøbt i gyllekummernes betonbund med 40 cm afstand. Til de fem samlebrønde førte et 1½" hovedrør (fødekreds) til og fra varmepumperne. Der var opsat en Kamstrup energimåler ved varmepumperne på hovedrøret ud til drægtighedsstalden, som ud fra temperaturforskellen på kølevandet i henholdsvis kølerør og returrør, samt væskeflow beregnede køleeffekten. Det var ikke muligt at indsætte en energimåler ved brøndene pga. høj grundvandsstand. Hovedrøret var ført i staldrum og mellemgange i isolerede rør de første ca. 50 meter ud til forsøgsstalden, hvorefter det var ført i jorden de sidste ca. 50 meter ud til de fem samlebrønde.

Ventilationen i staldene var undertryksventilation med luftindtag via vægventiler og udsugning i kip. Ventilationsanlægget er leveret af SKOV A/S. Forsøgsstalden havde endvidere punktudsugning, men dette udsug blev lukket i forbindelse med afprøvningen. I forsøgsstalden var der 6 udsugninger, heraf 2 trinløst reguleret, og i kontrolstalden var der 5 udsugninger, heraf 2 trinløst reguleret. De øvrige udsugninger var on/off afkast. Den ene on/off udsugning i forsøgsstalden blev blændet af under afprøvningen, således at ventilationen i de to stalde havde samme maksimumkapacitet.

## Registreringer

De primære registreringsparametre var ammoniakkoncentration, ventilationsydelse, temperatur, antallet af søer i hver stald samt kølingseffekt i forsøgsstalden. Sekundære registreringer var kontinuerlige målinger af koncentrationen af kuldioxid. Endvidere blev gyllehøjden og stiernes tilsvinningsgrad i staldene registreret.

## Ammoniak og kuldioxid

Ammoniak og kuldioxid blev målt kontinuerligt med Innova udstyr fra LumaSense Technologies A/S i Ballerup. Der var én måleperiode pr. måned. Luften blev ledt til Innova-udstyret, som var placeret i mellemgangen imellem de to drægtighedsstalde via Ø6 mm/4 mm indre diameter PTFE-slanger (teflon) fra målepunkterne. Målepunkterne var placeret i hver stald umiddelbart under de trinløse udsugningsenheder og udeluft fra facaden under tagudhænget i forsøgsstalden.

Et kontinuert flow i alle slangerne (min. 5 liter min<sup>-1</sup>) blev sikret med pumper med PTFE-membran (Capex L2, Charles Austen Pumps) monteret umiddelbart før Innova-udstyret og overskydende luft blev ledt bort via et T-stykke mellem pumpen og Innova-udstyret. Slangerne var forsynet med PTFE støvfiltre (0,2 µm) ved selve målepunktet og 0,45 µm PTFE filter mellem pumper og Innova-udstyr. Filtrene blev udskiftet efter behov, dvs. ved begyndende nedgang i pumpernes ydelse.

Selve målingerne blev foretaget med en Innova 1412 monitor (infrarød spektroskopi med fotoakustisk detektion, FTIR-PAD) ved 941 cm<sup>-1</sup> for ammoniak (filter UA0976). Data blev logget med software type 7860, der automatisk kompenserede for evt. interferens fra vanddamp (filter SB0527), kuldioxid (filter UA0983) samt lattergas (filter UA 0985). Luft fra målepunkterne blev ledt til monitoren via en Innova 1309 multiport sampler, skylletid ved hver måling var hhv. 10 s for slanger og 40 s for målekammeret og integrationstiden var 10 s for ammoniak og 5 s for de øvrige gasser. Der blev gennemført fem målinger på hver kanal, hvoraf kun den sidste blev anvendt i dataanalysen, inden der blev skiftet til næste kanal. Det anvendte set-up betød, at der blev målt på hver kanal ca. hver 40. min.

Hver 14. dag blev koncentrationen af ammoniak og kuldioxid desuden målt med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF) til kontrolmåling af INNOVA. Ved denne kontrolmåling blev sugepunktet til Innova hejst ned til ca. 1,5 m over søerne, således at målingen med sporgasrør kunne foregå ved sugepunktet.

## Temperaturer og luftmængder

Gennem hele afprøvningsperioden blev ventilationsydelsen målt med Dynamic Air fra SKOV A/S i ventilationsafkastene i forsøgsstalden og målevinger af typen Fancom AT(M) unit 63 monteret under ventilationsafkastene i kontrolstalden. Hvert 5. minut blev ventilationsydelsen elektronisk logget via PC-log 8.0 fra VengSystem. Den registrerede luftydelse ved Dynamic Air blev kontrolleret med en Fancom kontrol målevinge inden opstart af afprøvningen. Ude- og staldtemperaturen blev ligeledes

registreret elektronisk hvert 5. minut med en VE10 Temperatur Sensor fra VengSystem gennem hele afprøvningsperioden. Temperaturen blev kontrolmålt med multiinstrument af typen TSI VelociCalc 4386 ved hvert teknikerbesøg.

## Antal søer

Staldpersonalet førte et skema over antal søer udtaget og indsat, og ved hvert teknikerbesøg blev antallet af søer optalt. Soholdene blev indsat skiftevis i forsøgsstalden og kontrolstalden, således at søerne i de to stalde var nogenlunde lige langt i drægtighedsperioden.

## Gylleudslusning og svineri

Linespillet skrabe gyllen ud dagligt kl. 14 – 15, og gyllehøjden blev registreret ved hvert teknikerbesøg, dvs. ca. hver 14.dag. Andelen af svineri i de drægtige søers lejeareal blev ligeledes registreret på besøgsdagene.

## Statistik

Emissionen af ammoniak blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS korrigeret for staldtemperatur og antal søer i stalden og med et tilfældigt led af typen AR(1). Innova-målingerne af ammoniak blev samlet til døgnmidler, inden de indgik i modellen.

Formlen for beregning af ammoniakemissionen kan ses i appendiks 2.

# Resultater og diskussion

Kølevandets gennemsnitlige temperatur i måleperioderne og de opnåede kølingsniveauer fremgår af tabel 2.

**Tabel 2.** Køleeffekt og kølevandstemperatur i forsøgsstalden. Minimum- og maksimum-værdier er angivet i parentes.

Gruppe	Forsøgsstald		
	0	1	2
Kølevandstemperatur fremløb, °C	-	9,3 (8 - 11)	3,7 (2 - 6)
Kølevandstemperatur returløb, °C	-	14,5 (13 - 16)	12,5 (11 - 15)
Køling, W/m <sup>2</sup>	0	20,6 (19,7- 21,2)	36,5 (32,9- 39,7)

Kølevandstemperaturen for returløbet i gruppe 1 ses at være over jordtemperatur, som forventes at være 8-10 °C. Det kan derfor ikke afvises, at der har været en lille varmeafgivelse til jorden fra hovedrøret retur fra stalden, hvilket kan have underestimeret køleeffekten i denne gruppe. For gruppe

2 lå kølevandstemperaturen på hver side af jordtemperaturen, og derfor vil optag af varme og afgivelse af varme opveje hinanden. I de isolerede fremløbsrør og returløbsrør i stalden forventes ingen eller kun et lille varmeoptag. Som det kan aflæses af tabel 2, opnåede kølingen i gruppe 2 i forsøgsstalden ikke helt det planlagte kølingsniveau, hvilket skyldes, at de manuelle åbne-/lukkehaner var vanskelige at indstille helt præcist. De 12 måleperioder og de opnåede kølingsgrader fremgår af appendiks 3.

Management i de to løbe-/drægtighedsstalde var ens, udover at der blev anvendt forskellige kølingsgrader i forsøgsstalden. Nedenfor i tabel 3 er gennemsnitstallene for de supplerende registreringerne af antal søer, temperaturen i stalden, udetemperaturen, ventilationsydelsen, den målte kuldioxidkoncentration, gyllehøjde og tilsviningsgrad angivet, opdelt i de 3 grupper. I alt blev der målt med Innova over 131 dage i de 12 måleperioder varierende fra 4 – 20 dages varighed.

**Tabel 3** – Gennemsnitlige værdier af supplerende registreringer for de 131 måledage opdelt i de tre grupper. Minimum- og maksimum-værdier er angivet i parentes.

Gruppe	Forsøgsstald			Kontrolstald		
	0	1	2	0	1	2
Antal måledage, stk.	50	40	41	50	40	41
Antal søer, stk.	471 (460-494)	487 (445-508)	480 (462-530)	445 (429-458)	429 (385-448)	440 (433-449)
Temperatur i stald, °C	17,4 (16,5-20,6)	17,3 (16,4-18,7)	17,0 (16,2-20,2)	19,1 (18,4-22,7)	19,1 (18,6-20,5)	19,3 (18,4-22,4)
Udetemperatur, °C	11,1 (3,3-20,0)	10,7 (3,9-17,6)	11,6 (4,9-20,2)	11,1 (3,3-20,0)	10,7 (3,9-17,6)	11,6 (4,9-20,2)
Ventilationsydelse, m <sup>3</sup> /time	31.340 (13.476-58.729)	30.730 (12.431-58.703)	29.010 (13.843-59.222)	27.810 (15.076-54.094)	28.670 (14.790-52.746)	28.550 (14.291-53.369)
Ventilationsydelse, m <sup>3</sup> /so/time	66,5	63,1	60,4	62,5	66,8	64,9
Kuldioxid, ppm	1.508 (878-2.096)	1.546 (854-2.467)	1.610 (879-2.399)	1.580 (926-2.063)	1.493 (870-2.523)	1.559 (903-2.188)
Gyllehøjde, cm	2 (1-5)	2 (0,5-9)	2 (0,9-4,5)	3 (0,5-9)	4 (0,5-17,5)	3 (1-6,5)
Svineri i stierne, %	7 (0-35)	14 (0-50)	20 (0-90)	12 (0-30)	11 (0-30)	13 (5-40)

I tabel 3 ses, at på trods af at de to stalde blev næsten ens ventileret, blev der igennem afprøvningsperioden målt en lavere staldtemperatur i forsøgsstalden i forhold til kontrolstalden. Denne temperaturforskel var primært i nattetimerne, hvor forsøgsstalden generelt var koldere end kontrolstalden. Forskellen på staldtemperaturen er dog nogenlunde ens i de tre grupper, og forsøgsopstillingen og den statistiske model korrigerer for denne afvigelse. Det er værd at bemærke,

at ventilationen pr. so er lidt højere i forsøgsstalden end i kontrolstalden i gruppe 0, dvs. hvor der ikke køles, mens den er lidt lavere i forsøgsstalden i gruppe 1 og 2. Derimod er temperaturforskellen rimelig ens imellem de to stalde, hvilket kunne antyde, at gyllekølingen som forventet fjerner lidt varme fra staldrummet og dermed sænker ventilationen. Med hensyn til svineri på det faste gulv i stierne blev der ikke fundet væsentlig forskel imellem staldene.

## Ammoniakemission

De gennemsnitlige ammoniakkoncentrationer og de beregnede middelværdier af ammoniakemissionen er vist i tabel 4 for de tre kølingsniveauer (grupper) for forsøgsstalden sammen med de tilsvarende værdier for kontrolstalden. Og i appendiks 4 er vist den målte ammoniakemission på de 131 måledage for hhv. forsøgsstald og kontrolstald for de tre grupper.

**Tabel 4.** Gennemsnittet af døgnmiddelværdierne af ammoniakkoncentrationen og de beregnede middelværdier for ammoniakemissionen for de tre grupper. For ammoniakkoncentrationen er minimum- og maksimum-værdier angivet i parentes, og for ammoniakemissionen og -reduktionen er 95 % konfidensintervallet angivet i parentes.

Gruppe	Forsøgsstald			Kontrolstald		
	0	1	2	0	1	2
Antal måledage, stk.	50	40	41	50	40	41
Ammoniak-koncentration, ppm	15,0 (6,63-26,5)	13,7 (5,08-21,9)	10,4 (5,59-16,5)	14,0 (6,61-23,0)	13,9 (4,81-21,6)	12,6 (6,57-20,7)
Ammoniakemission, g NH <sub>3</sub> -N/so pr. time	0,53 (0,51-0,55)	0,41 (0,39-0,43)	0,34 (0,32-0,36)	0,45 (0,43-0,47)	0,45 (0,43-0,47)	0,43 (0,41-0,45)
Reduktion <sup>1</sup> , % af gruppe 0	-	23*** (17 – 28)	33*** (27 – 38)			

<sup>1</sup>) Forskellen imellem forsøgsstald og kontrolstald i gruppe 1 og 2 er korrigeret for forskellen imellem forsøgsstald og kontrolstald i gruppe 0.

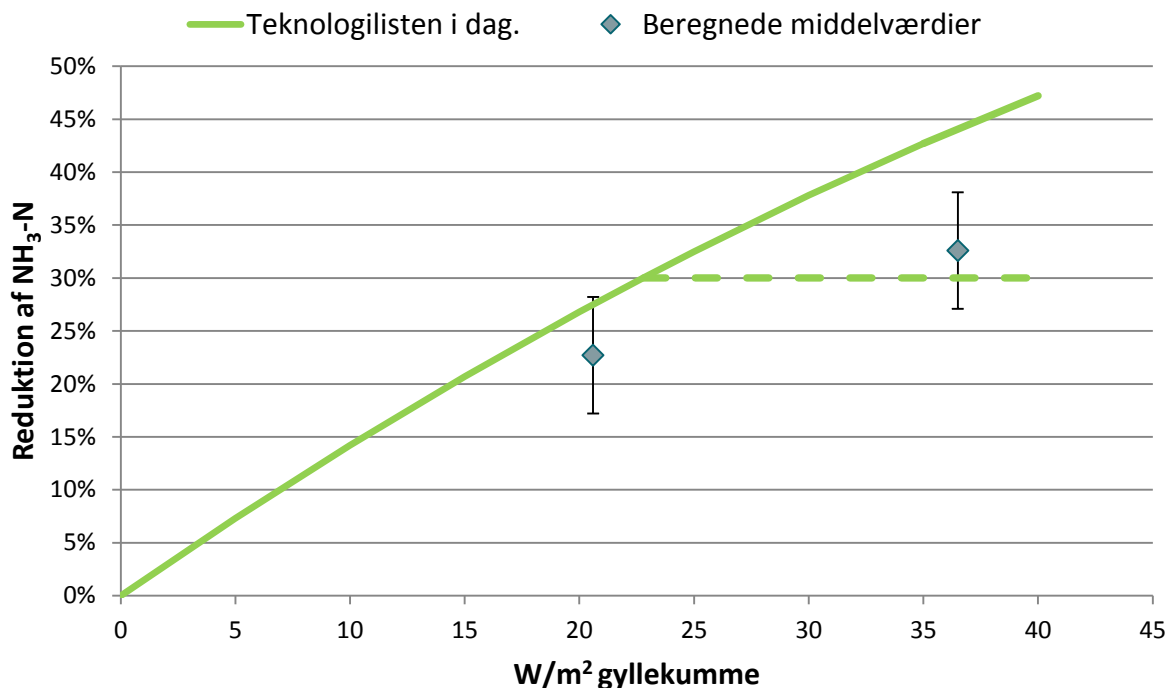
\*\*\*) Signifikant forskellig fra gruppe 0 ( $p < 0,001$ ).

Af tabel 4 fremgår det, at ammoniakemissionen var 0,08 g NH<sub>3</sub>-N pr. time pr. so ( $p < 0,001$ ) højere i forsøgsstalden end i kontrolstalden i de fire måleperioder, hvor der ikke blev kølet i forsøgsstalden. Det svarede til en forskel på 18 %. Den lavere ammoniakemission i kontrolstalden kan skyldes, at spaltegulvet var overstøbt i lejeområdet og i mellemgange, hvor der i forsøgsstalden var drænet gulv. I de korrigerede forskelle for gruppe 1 og 2 blev denne forskel imellem de to staldes ammoniakemission i gruppe 0 anvendt. Reduktionen i ammoniakemissionen i de to kølingsgrupper i forhold til gruppe 0 var statistisk sikker og blev estimeret til  $23 \pm 5,5$  % i gruppe 1 og  $33 \pm 5,4$  % i gruppe 2.

I figur 2 er den estimerede reduktion af ammoniakemissionen fra denne afprøvning indtegnet sammen med kurven for den beregnede reduktion ifølge Miljøstyrelsens teknologiblad [5]. Jævnfør teknologibladet ville man opnå en teoretisk reduktion på henholdsvis 28 % og 44 % ved de to kølingsniveauer. Man kan dog maksimalt opnå 30 % reduktion ved gyllekøling i forbindelse med ansøgning om miljøgodkendelse (den stiplede linje i figur 2). Resultaterne fra denne afprøvning var



altså henholdsvis 17 % lavere og 26 % lavere end den udregnede reduktion via den teoretiske formel. Dog omkranser 95 % konfidensintervallet for den målte reduktion på  $23 \pm 5,5$  % ved  $20,6 \text{ W/m}^2$  kurven for den teoretisk beregnede reduktion, mens den målte reduktion på  $33 \pm 5,4$  % ved  $36,5 \text{ W/m}^2$  ligger under kurven for den teoretisk beregnede reduktion. Det kan derfor ikke udelukkes ud fra denne afprøvning, at reduktionen i ammoniakemissionen er aftagende, når kølingsniveauet øges.



Figur 2. Den nuværende beregningsmetode for reduktion af ammoniakemissionen, jævnfør Miljøstyrelsens teknologiliste [5] og den målte reduktion af ammoniakemissionen i denne afprøvning i gruppe 1 og 2.

Ammoniakemissionen fra drægtighedsstaldene blev estimeret til  $0,53 \pm 0,02$  g NH<sub>3</sub>-N pr. time pr. so fra forsøgsstalden, som var fra de fire måleperioder med gruppe 0, mens den blev estimeret til  $0,45 \pm 0,02$  g NH<sub>3</sub>-N pr. time pr. so fra kontrolstalden for de samme fire måleperioder. Hvis man forudsætter, at søerne opholder sig i 75 % af tiden i løbe- og drægtighedsstalden, svarer det til et bidrag på henholdsvis 3,5 kg og 3,0 kg NH<sub>3</sub>-N pr. årsso fra de to løbe- og drægtighedsstalde. Det er højere end de nuværende normtal [6] af ammoniakemissionen fra løbe- og drægtighedsstalde med løsgående søer med delvis spaltegulv, som er sat til et bidrag på 2,0 kg NH<sub>3</sub>-N pr. årsso. Årsagen til den noget højere ammoniakemission i denne afprøvning skal findes i, at normtallene er baseret på de tidligere boksopstaldede drægtige søer, men nu hvor de drægtige søer har et større stiareal og større spaltegulvsareal, vil ammoniakemissionen stige som følge af den større gylleoverflade. Særligt i stalde med én ædeboks pr. so er sti- og spaltegulvsarealet øget markant. Omregnet til ammoniakemission pr. m<sup>2</sup> stiareal i stalde svarede den estimerede ammoniakemission til henholdsvis 1,42 kg og 1,20 kg NH<sub>3</sub>-N/m<sup>2</sup> pr. år for de to stalde.

# Konklusion

Gyllekøling i en løbe- og drægtighedsstald med linespilsanlæg reducerede statistisk sikkert ammoniakemissionen fra stalden. Ammoniakemissionen blev målt over i alt 131 måledage ved køling med enten 0 W/m<sup>2</sup>, 20,6 W/m<sup>2</sup> og 36,5 W/m<sup>2</sup> gyllekumme. I forhold til perioden uden køling blev ammoniakemissionen reduceret med henholdsvis  $23 \pm 5,5$  % og  $33 \pm 5,4$  % ved de to kølingsniveauer.

Formålet med undersøgelsen var at eftervise den nuværende godkendte effekt af gyllekøling i stalde med linespilsanlæg på ammoniakemissionen fra staldrummet, således at gyllekøling i stalde med linespilsanlæg kan blive endelig optaget på Miljøstyrelsens Teknologiliste. Relativt udgjorde den fundne reduktionseffekt fra denne afprøvning 83 % ved køling med 20,6 W/m<sup>2</sup> i forhold til den beregning, der i dag anvendes i forbindelse med miljøgodkendelser, jævnfør Miljøstyrelsens teknologiliste, mens kølingen med 36,5 W/m<sup>2</sup> gav en lidt højere reduktion end de 30 pct., der maksimalt kan opnås ved gyllekøling i forbindelse med miljøgodkendelser.

Der var forskel på ammoniakemissionen på den løbe- og drægtighedsstald, der blev anvendt som forsøgsstald og den løbe- og drægtighedsstald, der blev anvendt som kontrolstald.

Ammoniakemissionen blev estimeret til henholdsvis  $0,53 \pm 0,02$  g NH<sub>3</sub>-N pr. time pr. so i forsøgsstalden, når der ikke blev anvendt gyllekøling, mens den tilsvarende ammoniakemission var  $0,45 \pm 0,02$  g NH<sub>3</sub>-N pr. time pr. so i kontrolstalden i disse måleperioder.

## Referencer

- [1] Anderson, M. (1998): Reducing ammonia emissions by cooling of manure in manure culverts. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: p. 73-79.
- [2] Pedersen, P. (1997): Køling af gylle i slagtesvinestalde med fuldspaltegulv. Meddelelse nr. 357, Landsudvalget for Svin.
- [3] BWL 2010.17.V1. Koeldekstystem (135% koeloppervlak). RAV-liste fra Holland over godkendte miljøteknologier. <http://www.infomil.nl/onderwerpen/landbouw-tuinbouw/ammoniak/rav/stalbeschrijvingen/map-staltypen/1-3-diercategorie/>
- [4] Pedersen, P. (2005): Linespilsanlæg med køling i drægtighedsstalde. Meddelelse nr. 694, Landsudvalget for Svin og Videncenter for Svineproduktion.
- [5] Miljøstyrelsen, 2015: Teknologilisten – Staldindretning. [citeret 05-08-2016] <http://mst.dk/virksomhed-myndighed/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/staldindretning/>
- [6] Poulsen, H.D., 2016. Normtal for husdyrgødning – 2016. <http://anis.au.dk/normtal/>

## Deltagere

**Teknikere:** Peter Hansen, Sally Balle Josefsen, Nina Charles Christensen

Afprøvning nr. 1322

Aktivitetsnr.: 060-340140

//ANR//

# Appendiks 1

Forsøg			
sygestier	54 drægtighedspladser	54 drægtighedspladser	54 drægtighedspladser
sygestier	54 drægtighedspladser	54 drægtighedspladser	54 drægtighedspladser
sygestier	64 løbepladser	64 løbepladser	64 løbepladser

Kontrol			
sygestier	50 drægtighedspladser	50 drægtighedspladser	50 drægtighedspladser
sygestier	50 drægtighedspladser	50 drægtighedspladser	50 drægtighedspladser
sygestier	60 løbepladser	60 løbepladser	60 løbepladser

Figur A.1. - Råskitse af de to løbe- og drægtighedsstalde.

## Appendiks 2

### Beregning af ammoniakemissionen

Emissionen blev beregnet ud fra koncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionerne ved følgende formel:

$$g \text{ NH}_3 - N \text{ pr. so pr. time} = \frac{M * V * Q * P}{R * T * N * 1.000}$$

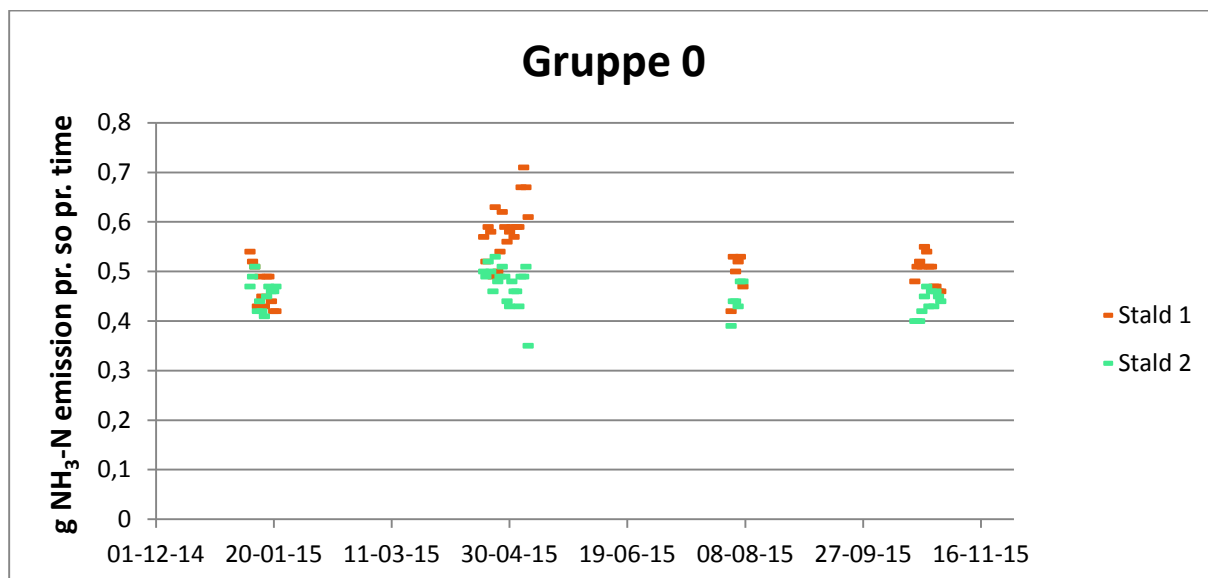
- Hvor:
- M: Molvægten af N, 14,007 g mol<sup>-1</sup>
  - V: Koncentration, ppm<sub>v</sub> = ml m<sup>-3</sup>
  - Q: Ventilationsydelsen, m<sup>3</sup> time<sup>-1</sup>
  - P: Tryk, 1 atm.
  - R: Gaskonstanten, 0,0821 liter atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>
  - T: Temperatur i Kelvin (K)
  - N: Antal dyr i sektionerne, stk.

## Appendiks 3

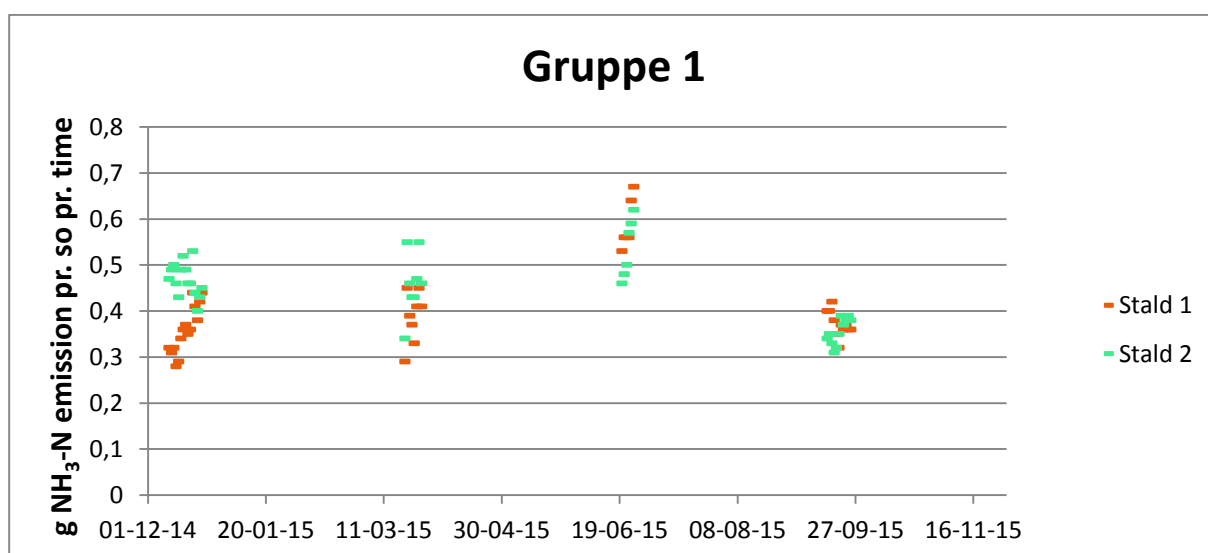
De faktisk opnåede køleeffekter i forsøgsstalden i måleperioderne med Innova.

	Måleperiode med Innova	Kølingseffekt i forsøgsstalden
Periode 1	8/12 – 22/12	21,4 W/m <sup>2</sup>
Periode 2	8/1 – 19/1	0 W/m <sup>2</sup>
Periode 3	18/2 – 26/2	35,5 W/m <sup>2</sup>
Periode 4	18/3 – 25/3	19,7 W/m <sup>2</sup>
Periode 5	17/4 – 6/5	0 W/m <sup>2</sup>
Periode 6	11/5 – 26/5	39,7 W/m <sup>2</sup>
Periode 7	18/6 – 23/6	20,8 W/m <sup>2</sup>
Periode 8	31/7 – 5/8	0 W/m <sup>2</sup>
Periode 9	9/8 – 12/8	37,6 W/m <sup>2</sup>
Periode 10	13/9 – 23/9	20,2 W/m <sup>2</sup>
Periode 11	17/10 – 28/10	0 W/m <sup>2</sup>
Periode 12	7/11 – 18/11	32,9 W/m <sup>2</sup>

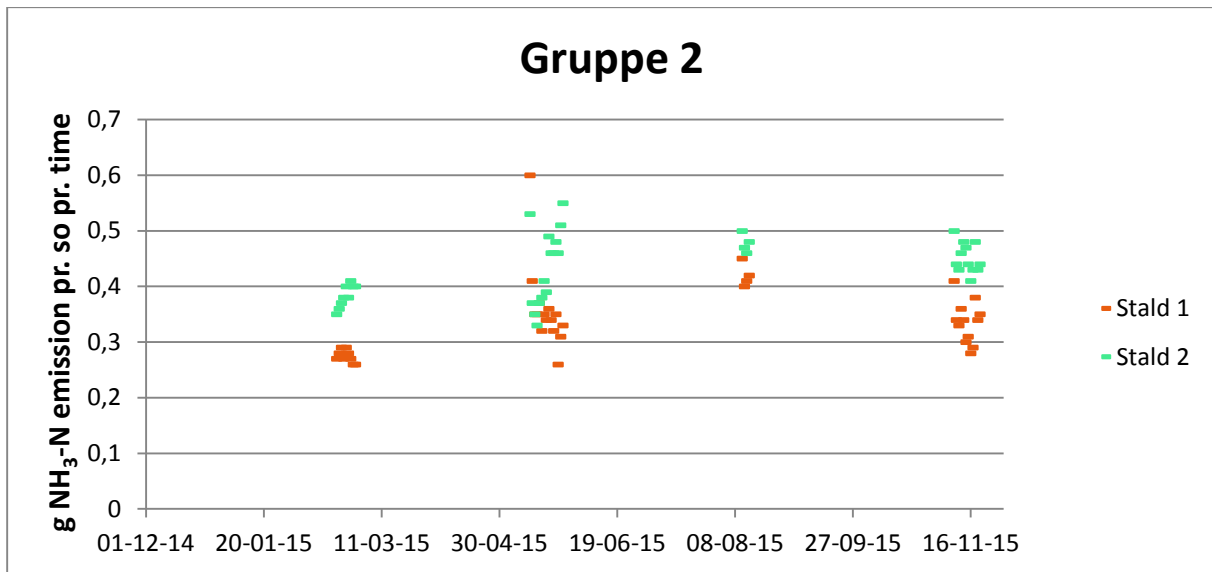
## Appendiks 4



Figur A.2. – Ammoniakemission i gram pr. so pr. time for hhv. forsøgsstalden (stald 1) og kontrolstalden (stald 2) på måledagene i gruppe 0, dvs. ingen køling i begge stalde. Hvert punkt angiver en døgnmiddelværdi baseret på 35-40 målinger.



Figur A.3. - Ammoniakemission i gram pr. so pr. time for hhv. forsøgsstalden (stald 1) og kontrolstalden (stald 2) på måledagene i gruppe 1, dvs. køling med i gennemsnit 20,6 W/m<sup>2</sup> i forsøgsstalden og ingen køling i kontrolstalden. Hvert punkt angiver en døgnmiddelværdi baseret på 35-40 målinger.



Figur A.4. - Ammoniakemission i gram pr. so pr. time for hhv. forsøgsstalden (stald 1) og kontrolstalden (stald 2) på måledagene i gruppe 2, dvs. køling med i gennemsnit 36,5 W/m<sup>2</sup> i forsøgsstalden og ingen køling i kontrolstalden. Hvert punkt angiver en døgnmiddelværdi baseret på 35-40 målinger.

---

## VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 45 00

Fax: 33 11 25 45

[vsp-info@seges.dk](mailto:vsp-info@seges.dk)

Ophavsretten tilhører Videncenter for Svineproduktion. Informationerne fra denne hjemmeside må anvendes i anden sammenhæng med kildeangivelse.

Ansvar: Informationerne på denne side er af generel karakter og søger ikke at løse individuelle eller konkrete rådgivningsbehov.

Videncenter for Svineproduktion er således i intet tilfælde ansvarlig for tab, direkte såvel som indirekte, som brugere måtte lide ved at anvende de indlagte informationer.