

Videncenter for
Svineproduktion



AFPRØVNING AF KEMISK LUFTRENSER FRA MUNTERS A/S I EN SLAGTESVINESTALD MED FULD LUFTRENSNING

MEDDELELSE NR. 1006

En kemisk luftrensning fra Munters A/S reducerede emissionen af ammoniak gennemsnitligt med 87 % fra en sektion med slagtesvin beregnet for fire hold grise.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: MALENE JØRGENSEN

UDGIVET: 25. JUNI 2014

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Stalde & Miljø

Sammendrag

Munters A/S' kemiske luftrensning (MAC 1.0) med syre reducerede ammoniakemissionen, i den del af ventilationsluften, der blev rensning, med gennemsnitligt 87 % beregnet for fire hold grise.

Ved anvendelse af 100 % luftrensning blev luftrensningens forbrug gennem et års drift målt til at udgøre hhv. 120 l vand, 1,95 kg svovlsyre og 26,1 kWh pr. produceret slagtesvin. De samlede forbrugsomkostningerne udgjorde dermed 17,9 kr. pr. produceret gris. Dette beløb inkluderer vand, syre og det ekstra elforbrug, som luftrensning medfører i forhold til almindelig ventilation, mens det ikke inkluderer udgifter til service og vedligehold samt opbevaring af lænsevand i gylletank.

Der blev produceret 15,6 l lænsevand pr. produceret gris, som skal opbevares i lagertank.

Luftrensere havde en tilfredsstillende driftsstabilitet igennem afprøvningsperioden og var i stand til at opretholde pH i væskefasen på det ønskede niveau. Munters A/S anbefaler, at dråbefanget rengøres efter hvert hold grise.

Afprøvningen af luftrenseren forløb over et år ved en sektion med 525 stipladser til slagtesvin. Ventilationssystemet bestod i afprøvningsperioden af luftrenseren inkl. ventilator, som skulle rense halvdelen af staldens ventilationsluft samtidig med, at den resterende halvdel blev ventileret ud gennem staldens to loftsudsugningsenheder. Der var undertryksventilation, og luftindtaget til stalden var via vægventiler.

Luftrensning med syre er en miljøteknologi, som har fundet anvendelse gennem flere år i forbindelse med projekteringen af nye staldanlæg, der mødes med krav om nedbringelse af emissionen af ammoniak.

Firmaet Munters A/S har udviklet et luftrensningsanlæg, som mindsker koncentrationerne af ammoniak i ventilationsluften ved brug af syre. Videncenter for Svineproduktion testede luftrenseren igennem ét år i perioden 2010-2011 [1], hvor effektiviteten mht. reduktion af ammoniak og lugt samt anlæggets driftssikkerhed, tryktab over anlægget og driftsomkostningerne blev vurderet i henhold til VERA-protokollen [2].

Formålet med denne afprøvning af den kemiske luftrenser fra Munters A/S var at indsamle data og vurdere anlægget med henblik på effektivitet mht. reduktion af ammoniak samt at fastlægge anlæggets forbrug af vand, syre og energi ved drift gennem et år for at opfylde kravene i henhold til VERA [2].

Materiale og metode

Luftrenseren var monteret ved en sektion til slagtesvin med 525 stipladser. Stierne målte 5,75 m x 2,50 m. Stierne var indrettet med 1,75 m spaltegulv fra bagvæggen, 2,0 m drænet gulv i midten og 2,0 m spaltegulv ud mod gangen. Den del af ventilationsluften, som skulle renses, blev taget ud via to vinduer, hvor ruden var fjernet og erstattet af PUR-rør. Kummerne under stierne var ca. 60 cm dybe. Der blev sluset gylle ud ved en gyllehøjde på ca. 40 cm, svarende til almindelig praksis i de fleste danske slagtesvinestalde, som er konstrueret med ca. 40 cm dybe gyllekummer. Der blev fodret ad libitum med melfoder i rørfoderautomater.

Luftrenseren var konstrueret i form af et rør, hvor den urensede luft blev ført ind fra hver side af røret, figur 1. Nederst i renseren var der placeret et antal dyser, som sprayede det syreholdige vand ind i luften. I toppen af renseren blev luften ført igennem to dråbefang for at tilbageholde det sure vand i

rensere. Kammeret i luftrenseren, hvor indsprøjtningen af procesvandet foregik, var 1,9 m højt og havde en diameter på 1,6 m. Kammeret havde et totalt volumen på 3,8 m³ og dimensioneret til en maksimal renskapacitet på 25.000 m³/time, dvs. at kontaktiden mellem luft og dråber ved maksimal belastning var 0,55 sekunder.



Figur 1. Luftrenser med syre fra Munters A/S etableret ved en slagtesvinestald.

Stalden var undertryksventileret med luftindtag via vægventiler og luftudtag via tre ventilationsafkast i loftet. I afprøvningsperioden blev ét af afkastene i loftet blændet af, og de resterende to ventilatorer ledte halvdelen af staldens luft ud, mens den resterende halvdel blev ledt igennem luftrenseren. Ventilatorerne i loftet og i luftrenseren kørte parallelt, og der var således tale om 100 % luftrensning for ca. halvdelen af luften fra stalden.

Afprøvningen forløb i perioden 23. februar 2012 til 8. februar 2013 og omfattede fire hold slagtesvin.

Aflæsning af vandur og elmåler samt vejning af syre- og lænsevandstanke blev foretaget ca. hver 14. dag.

Registreringer

Registreringerne blev foretaget efter retningslinjerne i den internationale VERA-måleprotokol [2].

Ammoniak og kuldioxid

Koncentrationen af ammoniak og kuldioxid i luften blev målt med infrarød spektrometri (INNOVA, LumaSense Technologies A/S). På alle besøgsdagene blev koncentrationerne af ammoniak og kuldioxid ligeledes målt med sporgasrør (Kitagawa 105 SD og 126 SF). Der blev målt i begge ventilationsrør, der førte luften til luftrensere og i ét af de to supplerende ventilationsafkast i loftet, i den rensede luft efter luftrenserens dråbefang samt i udeluften.

Supplerende registreringer

Ventilationsydelse blev målt kontinuerligt i alle ventilationsafkast fra stalden med målevinger (Fancam). Stald- og udetemperatur blev ligeledes registreret kontinuerligt. Tryktabet over luftrenseren blev registreret på de dage, hvor teknikeren aflagde besøg i besætningen. Forbrug af vand blev målt med vandur, energiforbruget til ventilationen blev målt med elmåler, og forbruget af syre blev målt på hver besøgsdag ved at veje palletanken med syre. Vand, der blev lænset fra luftrenseren, blev opsamlet i palletanke, som blev vejede inden tømning til gylletank. På besøgsdagene blev grisene i sektionen talt, og deres vægt blev vurderet visuelt.

Statistik

Koncentrationer og emissioner af ammoniak blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS under hensyntagen til gentagne målinger pr. dag.

Resultater og diskussion

Målebetingelser og ventilation i afprøvningsperioden

Af tabel 1 herunder fremgår de klimatiske forhold for de fire produktionshold i afprøvningsperioden, samt hvor stor en andel af den samlede ventilationsluftmængde der blev ført gennem luftrenseren ved de enkelte hold samt gennemsnitligt for alle hold. I hele afprøvningsperioden blev der produceret 1.952 slagtesvin i sektionen.

Tabel 1: Produktionsperioder for slagtesvin i en sektion med Munters A/S' luftrensere samt gennemsnitlig udetemperatur for hvert hold. Min. og maks. værdier er angivet i parentes.

Hold nr.	Dato for indsættelse	Dato for afslutning	Antal dage	Gennemsnitlig udetemperatur i produktionsperioden (°C)
1	23. februar 2012	20. april 2012	73	5,3 (-5,1-11,0)
2	2. maj 2012	2. august 2012	88	14,5 (7,8-21,6)
3	8. august 2012	1. november 2012	82	12,5 (2,7-22,3)
4	8. november 2012	8. februar 2013	85	1,9 (-5,4-10,6)
1-4	23. februar 2012	8. februar 2013	328	8,7 (-5,4-22,3)

Gennemsnitligt blev 46 % af den samlede ventilationsluft ført gennem luftrenseren i hele afprøvningsperioden. Ventilationen i stalden var indstillet til at køre parallelt med luftrenseren, og luftrenseren rensede således alt luft fra 898 grise af de i alt 1952 producerede grise.

Ammoniak

Kontinuerlige målinger foretaget med infrarød spektroskopi (INNOVA) viste, at luftrenseren var i stand til at reducere koncentrationen af ammoniak i luften, tabel 2. Reduktionen af ammoniakemissionen lå mellem 80 til 92 % for fire hold slagtesvin. Luftrenseren reducerede koncentrationen af ammoniak ned til mellem 1,2 og 2,6 ppm. Den gennemsnitlige ammoniakemission fra stalden i afprøvningsperioden var 21 g NH₃-N/time/dyr.

Tabel 2: Koncentration og emission af ammoniak før og efter kemisk luftrenser fra Munters A/S målt med infrarød spektroskopi (Innova). 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

Hold nr.	Antal obs.	Ammoniak-koncentration (ppm)			Ammoniak-emission (g NH ₃ -N/t/dyr)		Reduktion %
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Ude	Før luftrenser	Efter luftrenser	
1	74	23,0 (21,3-24,7)	1,6 (1,2-1,9)	1,5	0,19 (0,17- 0,20)	0,01*** (0,01 – 0,02)	92
2	91	11,3 (10,6-12,0)	1,2 (0,99-1,4)	0,7	0,33 (0,23 - 0,43)	0,03*** (0,02 - 0,04)	88
3	82	11,8 (10,7-12,8)	2,6 (2,2-2,9)	0,3	0,17 (0,16 - 0,18)	0,04*** (0,02 - 0,05)	80
4	85	14,4 (13,1-15,6)	1,8 (1,6-2,0)	0,9	0,13 (0,13 - 0,14)	0,02*** (0,015 - 0,018)	88

***: Statistisk sikker forskel mellem værdier for før og efter luftrenser (p < 0,001)

Mens det kontinuerlige udstyr kørte døgnet rundt i kortere perioder, blev der ved alle besøg ved anlægget foretaget punktmålinger med sporgasrør. Resultaterne af disse målinger fremgår af tabel 3.

Ved analyse af data målt med INNOVA blev det ydermere fundet, at der var målt en meget højere koncentration af ammoniak end forventet i omgivelserne omkring luftrenseren, på 0,3 til 1,5 ppm i gennemsnit, tabel 2. Erfaringsmæssigt forventes der ikke en målbar koncentration af ammoniak i omgivelserne, hvilket målinger med sporgasrør bekræftede (Se tabel 3). Hvis der korrigeres for baggrundsniveauet i resultaterne i målepunkterne før og efter luftrenseren, kan reduktionen i ammoniakemissionen beregnes til 99,5 % for hold 1, 95 % for hold 2, 80 % for hold 3 og 93 % for hold 4. Nævnte ammoniakreduktioner er derved stort set på niveau med reduktioner baseret på punktmålinger med sporgasrør (Kitagawa); jf. tabel 3 og figur A1.

Tabel 3: Koncentration af ammoniak før og efter kemisk luftrenser fra Munters A/S målt med sporgasrør (Kitagawa).

Hold	Antal obs.	NH ₃ -koncentration (ppm)			Reduktion %
		Før luftrenser	Efter luftrenser	Ude	
1	8	15,3 (11,0-19,6)	0,4 (0,01-0,78)	0,0	97
2	6	8,9 (5,5-12,4)	0,9 (0,0 – 2,5)	0,0	90
3	3	10,4 (0,0-23,5)	0,4 (0,0-5,5)	0,0	96
4	4	17,7 (13,8-21,7)	0,1 (0,0 – 0,28)	0,0	99

***: Statistisk sikker forskel mellem værdier før og efter luftrenser (p< 0,001)

Forbrugsomkostninger

Forbrugsomkostningerne er opgjort pr. produceret gris og fremgår af tabel 4.

Under forudsætninger af en pris på vand på 3,50 kr./m³, en pris på syre på 1 kr./kg og en elpris på 0,76 kr./kWh udgjorde de samlede forbrugsomkostninger for luftrenseren 22,2 kr. pr. produceret gris. Fra dette beløb fratrækkes den omkostning til ventilation, som besætningen ville have haft, såfremt ventilationsluften ikke var ført gennem en luftrenser. Typisk forventes et elforbrug til ventilation af slagtesvinestalde uden luftrensning på ca. 5,5 kWh pr. produceret gris [3]. Herved kan de samlede forbrugsomkostninger opgøres til 17,9 kr. pr. produceret gris. Dette inkluderer ikke arbejdstid, omkostninger til service og vedligehold eller omkostninger til opbevaring af lænsevand i gylletank.

Tabel 4: Forbrugsomkostninger til luftrensning med syre i et anlæg fra Munters A/S ved 100 % luftrensning gennem et års forløb.

	Forbrugt i alt	Forbrugt pr. prod. gris	Pris pr. prod. gris
Vand	109 m ³	120 L	0,42 kr.
Svovlsyre 96 %	1.764 kg	1,95 kg	1,95 kr.
Ei	23.538 kWh	26,1 kWh	19,8 kr.
Forventet omkostning til ventilation uden luftrensning		5,5 kWh	-4,2 kr.
Forbrugsomkostninger i alt pr. prod. gris, fratrukket omkostninger til ventilation uden luftrensning			17,9 kr.
Læsevandsproduktion til lagertank	14,0 m ³	15,6 L	-

I denne afprøvning er luftrenseren afprøvet ved 100 % luftrensning, og driftsomkostningerne er opgjort herfor. I en tidligere afprøvning, hvor luftrenseren blev testet, blev der anvendt 60 % delrensning (dvs. at luften fra minimumsventilation og op til 60 % af staldens maksimale ventilationskapacitet blev rensset) [1]. De samlede driftsomkostninger blev i den afprøvning opgjort til 9,4 kr. pr. produceret gris.

Driftsstatus

Der var i afprøvningsforløbet forskellige udfald på anlæggets drift. Tabel 5 angiver de bemærkninger, som blev anført ved luftrenseren i afprøvningsperioden. I starten af afprøvningsperioden var der problemer med, at der løb vand ud af luftrenseren (utæt), og at der var for meget skum. Dette blev løst ved at indsætte en kasse i bunden af luftrenseren samt rengøre anti-skumpumpen. I slutningen af oktober blev luftrenseren frostsikret ved at tilkoble en varmeledning til vandtilførslen. Dråbefanget blev rengjort i maj og november. Munters A/S' anbefaling er dog, at dråbefanget rengøres efter hvert hold grise for at sikre et lavt tryktab og dermed lavt energiforbrug. Tryktabet over dråbefanget var i afprøvningsperioden gennemsnitlig 14 Pa, men det varierede over perioden, jf. figur A4 i appendiks.

Anlægget var i stand til at opretholde den ønskede pH-værdi (pH 2) i luftrenserens væskefase gennem hele afprøvningens forløb, figur A2 i Appendiks.

Tabel 5: Noter vedr. driftsstatus for Munters A/S' syrerenser

Dato	Bemærkning	Håndtering
27. marts 2012	Vand løb ud af luftrenseren	Luftrenser tømt for vand, indsat kasse i bunden for at mindske cirkulation, genfyldt luftrenser med vand
29. marts 2012	For meget skum, vand løb ud af indføringsrør	Luftrenser tømt for vand, fjernet skumpumpe, omroket kassen i bunden, genfyldt luftrenser med vand
2. april 2012	Geninstalleret anti-skumpumpe	Anti-skumpumpen rengjort
12. april 2012	Utilfredsstillende sug i anti-skumpumpe	Ændret indtag i anti-skumpumpe
4. maj 2012	Dråbefang	Dråbefang rengjort
24. september 2012	Salte i indløbsrør	Rengjorde og fjernede saltene
24. oktober 2012	Frostsikring af luftrenseren	Tilkobling af varmeledning til vandtilførsel
9. november 2012	Dråbefang	Dråbefang rengjort

I besætningen var det aftalt, at servicefolk fra Munters A/S foretog tilsynet af luftrensere, det vil sige de såkaldte landmandstilsyn. I tabel 6 er tidspunkterne for landmandstilsynene i afprøvningsperioden angivet udover de besøg, som er nævnt i tabel 5. Under landmandstilsynene blev pH, syretildeling, dysere samt luftrenseranlægget efterset og tjekket. Tidsforbruget samlet for alle landmandstilsynene var 252 minutter. Gennemsnittet for forbruget af tid pr. landmandstilsyn var 36 minutter pr. besøg.

Tabel 6: Landmandstilsyn af Munters A/S' syrerenser

Dato	Bemærkning	Håndtering
2. maj 2012	Landmandstilsyn	Genstart af luftrenser efter stald er blevet tømt og rengjort
7. maj 2012	Landmandstilsyn	Start skumpumpe, check af syre
10. juli 2012	Landmandstilsyn	Eftersyn af luftrenseren
23. oktober 2012	Landmandstilsyn	Eftersyn af luftrenseren

Vandanalyser

Tabel 7 og 8 viser resultaterne for vandanalyserne fra vandprøverne udtaget fra henholdsvis væsken i luftrenseren og fra lænsevæsken. Lænsevæsken er analyseret for indholdet af $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, Total N, pH og ledningsevnen. Resultaterne viser, at det gennemsnitlige indhold af total N i vandet fra luftrenseren var $21,5 \text{ kg/m}^3$. pH var 2.1, hvilket er samme niveau, som den målte pH under hvert besøg (se figur A2).

Tabel 7: Resultater af vandanalyserne fra væsken i luftrensere (N=8). Standard afvigelse er angivet i parentes.

Væske fra luftrensere	NH ₄ ⁺ /NH ₃ -N (g/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	Total N (kg/m ³)	pH	Ledningsevne (S/m)
	21.2 (8.9)	<0.015	0.95 (0.2)	21.5 (9.02)	2.1 (0.1)	12.3 (4.4)

Tabel 8: Resultater af vandanalyserne fra lænsevæsken (N=8). Standard afvigelse er angivet i parentes.

Lænsevæske	NH ₄ ⁺ /NH ₃ -N (g/L)	NO ₂ ⁻ -N (mg/L)	NO ₃ ⁻ -N (mg/L)	Total N (kg/m ³)	pH	Ledningsevne (S/m)
	8.5 (2.0)	<0.015	1.01 (0.4)	8.5 (2.1)	2.1 (0.1)	5.7 (1.4)

Konklusion

Luftrensere fra Munters A/S reducerede ammoniakemissionen i den del af luften, fra en sektion med slagtesvin, som blev ført igennem renseren med 80 til 92 % ved målinger foretaget på fire hold slagtesvin. Det vil sige en gennemsnitlig ammoniakreduktion på 87 %.

Ved at anvende 100 % luftrensning over et år kunne forbrugsomkostningerne beregnes til 17,9 kr. pr. produceret gris. Dette beløb inkluderer vand, syre og det ekstra elforbrug, som luftrensning medfører i forhold til almindelig ventilation, mens det ikke inkluderer udgifter til service og vedligehold samt opbevaring af lænsevand i gylletank.

I den første del af afprøvningens forløb var der problemer med vand, som løb ud af luftrensere samt problemer med anti-skumpumpen. Herefter fungerede den stabilt. I maj og november blev dråbefanget rengjort, og på baggrund af tryktabs-resultaterne kan det anbefales at rengøre dråbefanget efter hvert hold grise.

Referencer

- [1] Sørensen, K. (2013): Afprøvning af luftrensere med syre fra Munters A/S. [Meddelelse nr. 970. Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [2] Test Protocol for Air Cleaning Technologies (draft for hearing; 20-03-2009). Verification of Environmental technology for Agricultural Production (VERA).
- [3] Landbrugsforlaget (2007): Håndbog i svinehold. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret. ISBN: 978 87 7470 956 5

Deltagere

Tekniker: Thomas Lund Sørensen, Videncenter for Svineproduktion

Statistikker: Mai-Britt Friis Nielsen, Videncenter for Svineproduktion

Andre: Karen Sørensen, Videncenter for Svineproduktion

Afprøvning nr. 1105

Aktivitetsnr.: 060-340110

Journalnr.: 3663-U-11-00184

//NP//

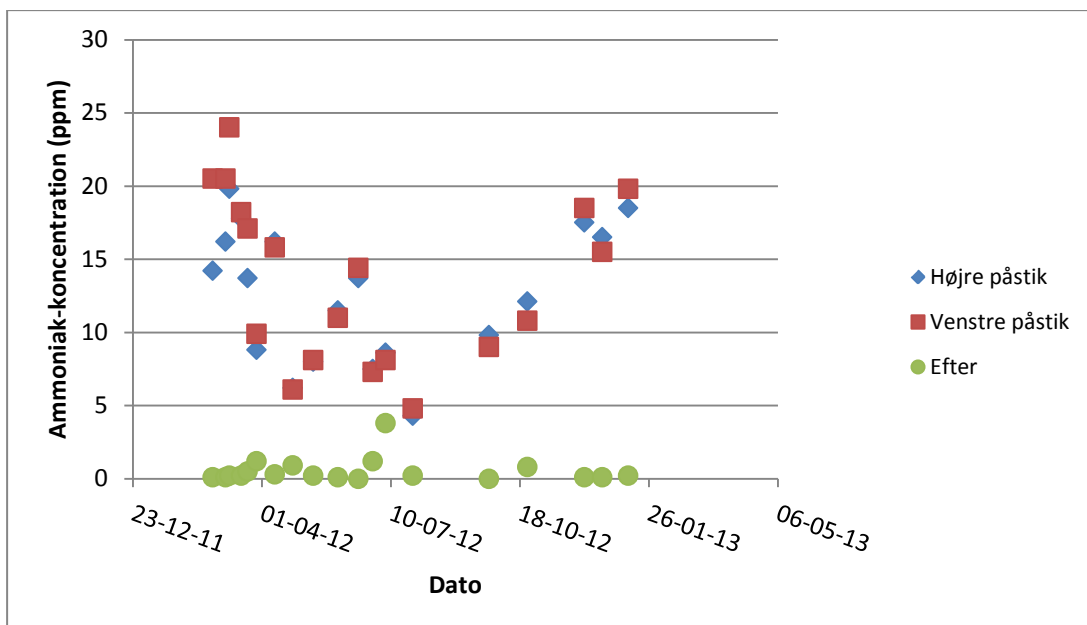
Appendiks

Tabel A1: Målebetingelser ved målinger af NH₃ med Innova-udstyr med resultater angivet i tabel 2. Min. og maks. værdier er angivet i parentes.

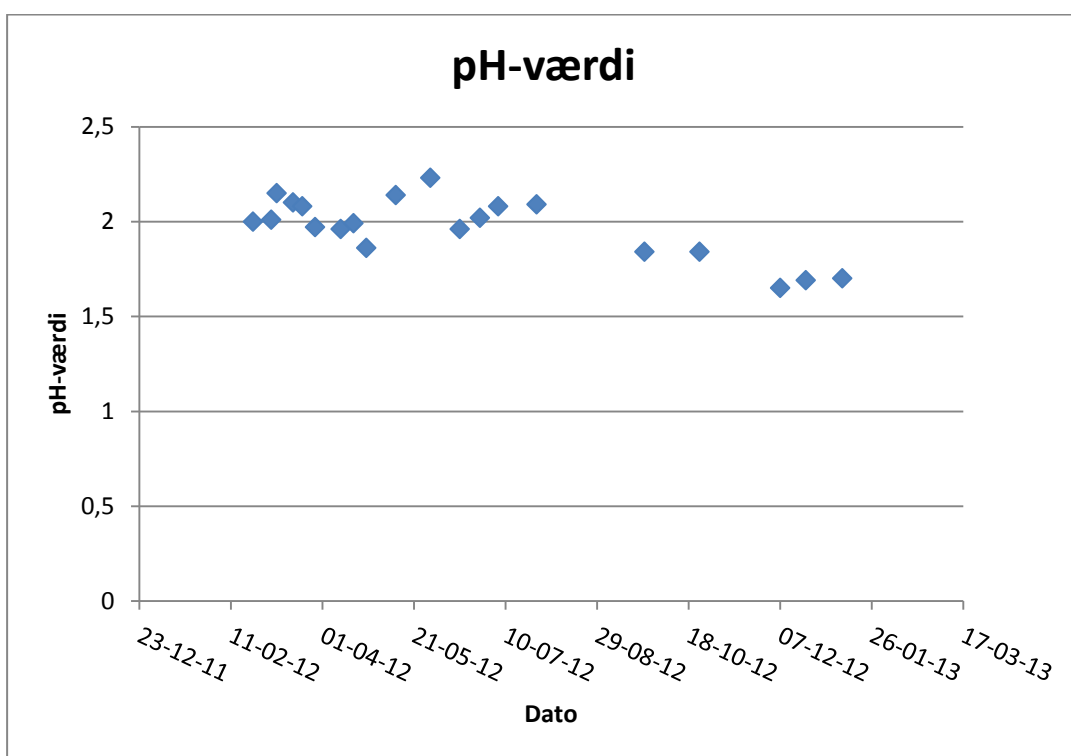
Hold nr.	Dyrenes gns. vægt ved prøvetagninger	Gns. udetemperatur ved prøvetagning	Gns. ventilationsydelse ved prøvetagning
	kg	°C	m ³ /t
1	80,3	6,1 (1,9 – 8,9)	13.467 (6.778 – 22.962)
2	64,8	14,4 (7,8-21,6)	29.143 (6.340 – 53.907)
3	78,0	10,3 (6,9-13,8)	28.989 (18.801-48.835)
4	59,2	4,2 (-0,01-7,6)	15.922 (9.708 – 23.577)

Tabel A2: Målebetingelser ved målinger af NH₃ med sporgasrør med resultater angivet i tabel 3. Min. og maks. værdier er angivet i parentes.

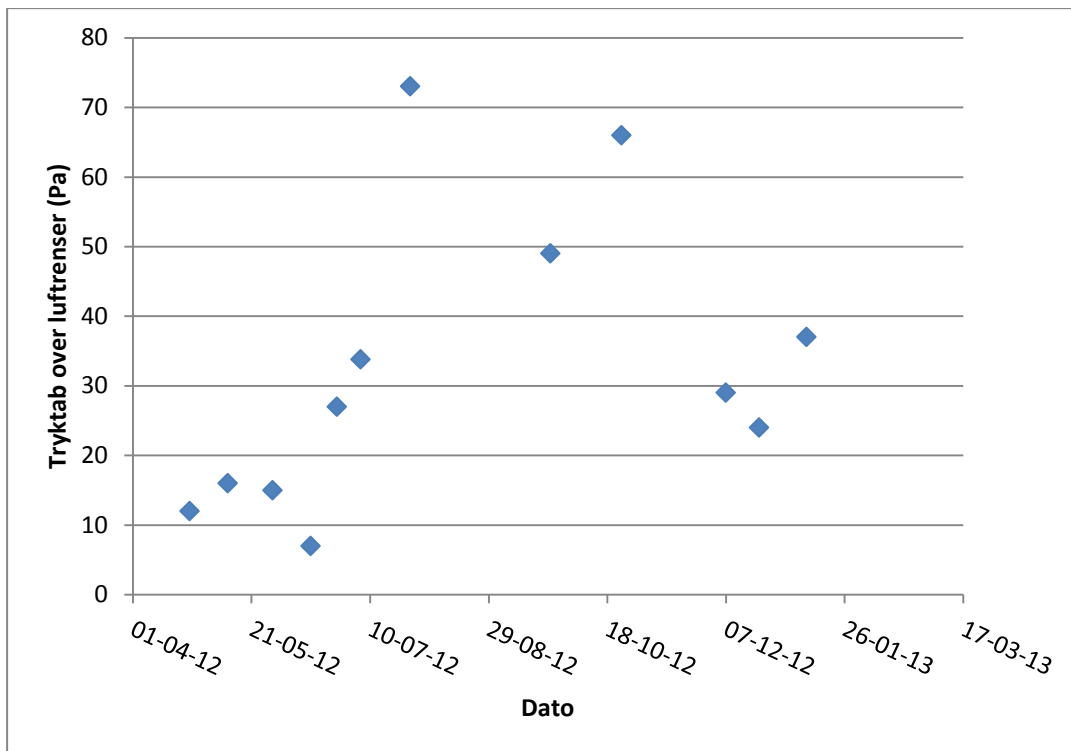
Hold nr.	Dyrenes gns.vægt ved prøvetagninger	Gns. udetemp. ved prøvetagning	Gns. ventilationsydelse ved prøvetagning
	kg	°C	m ³ /t
1	80,1	7,6 (3,2-12,0)	10.223 (6.503 – 13.942)
2	70,7	16,3 (10,4-22,2)	16.860 (7.442-26.278)
3	83,0	10,9 (8,9-12,8)	13.470 (2.543-51.970)
4	62,7	-0,5 (-4,9-4,0)	6.300 (0 – 12.848)



Figur A1: Punktmålinger af NH₃ med sporgasrør.



Figur A2: pH-værdi målt i væsken i syrerenser fra Munters A/S gennem et års drift.



Figur A3: Tryktab over luftreiser fra Munters A/S gennem et års drift. Tryktab over indblæsningsventiler og luftudtag fra stald til luftreiser er ikke medtaget.

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 40 00

Fax: 33 11 25 45

vsp-info@lf.dk



en del af

Landbrug & Fødevarer

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.