TEST AF DETOXY COLOR TIL REDUKTION AF AMMONIAK

ERFARING NR. 1512

Detoxy Color malingsprodukterne i denne pilottest viste ingen ammoniakreducerende effekt. Ud fra testen kan det derved ikke forventes, at produkterne kan reducere ammoniakemissionen fra danske svinestalde.

INSTITUTION: VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION, DEN RULLENDE AFPRØVNING

FORFATTER: RUNE RØJGAARD ANDREASEN

UDGIVET: 18. SEPTEMBER 2015

Dyregruppe: Slagtesvin, Søer, Smågrise

Fagområde: Miljø

Sammendrag

Titaniumdioxid kan, under påvirkning af UV-stråler, katalysere en nedbrydning af ammoniak til frit kvælstof og brint [1]. Producenten af Detoxy Color, et nyt malingsprodukt på det danske marked indeholdende titaniumdioxid, hævder, at det kan katalysere en nedbrydning af ammoniak til frit kvælstof og brint ved normalt lys. Hvis Detoxy Color kan nedbryde ammoniak under påvirkning af normal belysning, da vil indvendig maling med Detoxy Color af de danske svinestalde sandsynligvis kunne sænke den årlige ammoniakemission.

Ved denne pilottest af Detoxy Color samt et ammoniakoptimeret Detoxy Color produkt, (Detoxy-NH_3), blev der ikke fundet nogen ammoniaknedbrydende effekt. På baggrund af denne test kan ingen af produkterne vurderes i stand til at reducere emissionen af ammoniak fra danske svinestalde.

Pilottesten blev udført således, at alle for nedbrydningsprocessen kritiske parametre (luftfugtighed, belysningsniveau m.m.) var på et niveau, hvor Detoxy produkterne kunne forventes at præstere bedre eller lig med det forventelige for en dansk svinestald. Eksempelvis kan nævnes, at der i forsøget blev

anvendt et belysningsniveau på ca. 900 Lux, imens der i en dansk svinestald typisk kun er et belysningsniveau på 100-200 Lux. Testen var derved designet til at vise en effekt af Detoxy produkterne, der var mindst ligeså stor som den effekt, der ville kunne forventes af produkterne i en dansk svinestald. Dette blev gjort for at sikre, at selv et mindre potentiale for anvendelse af Detoxy produkterne til nedbringelse af ammoniakemission fra svinestalde ikke ville blive overset.

Baggrund

Ved ansøgning om udvidelse af svineproduktionen kan man i Danmark blive stillet over for krav om at reducere staldens ammoniakemission. Der findes i dag flere veldokumenterede metoder til at opnå dette, herunder luftrensning, gyllekøling, gylleforsuring og staldindretning [2, 3]. Fælles for disse accepterede metoder er, udover deres veldokumenterede effekt, at de ofte er forholdsvis omkostningstunge i forbindelse med etablering og drift.

Som alternativ til disse veldokumenterede produkter markedsføres forskellige produkter, der hævder at kunne reducere ammoniak med yderst begrænsede investerings- og driftsomkostninger. Disse produkter kan typisk ikke anvendes ved ansøgning om en produktionsudvidelse, før der foreligger dokumentation af miljøeffekt. I denne pilottest blev produktet Detoxy Color samt en ammoniakoptimeret version af Detoxy Color, herefter benævnt som Detoxy-NH_3, testet. Detoxy Color, der forhandles via Lifeguard A/S, er en maling iblandet pulveriseret titaniumdioxid [4]. Studier viser, at titaniumdioxid under påvirkning af UV-lys (ikke synligt lys med en bølgelængde omkring 100 til 400 nm) i et fugtigt miljø er i stand til at katalysere en nedbrydning af ammoniak til frit kvælstof og brint [1]. Samme studie viste derudover, at effekten aftager kraftigt ved bølgelængder over 350 nm [1].
Ifølge producenten af Detoxy Color kan produktet reagere med det synlige lys (ikke UV) [4], hvilket gør det anvendeligt i en svinestald, hvor vægge malet med Detoxy Color kan katalysere nedbrydningen af ammoniak under normal staldbelysning. Derudover hævder producenten, at Detoxy Colors fotokatalytiske proces også katalyserer en nedbrydning af diverse skadelige kemiske stoffer samt mikroorganismer og virus [4]. Der er i øjeblikket foretaget flere fuldskalaforsøg med titaniumdioxid i udenlandske svinestalde. Således viste italienske studier i 2008 en 30 % ammoniakreduktion i svinestalde malet med et andet titaniumdioxid produkt under påvirkning af UV-holdigt lys [5]. Lignende forsøg i Italien i 2010 viste dog ingen reduktion af ammoniak [6], på trods af at studierne anvendte samme titaniumdioxid opløsning (Activa PPS®) og samme belysning (G13, 36W, Solar Spectrum Lamps by Plexiform Italy) indeholdende lys i UV-A spektret (315-400 nm).
I 2011 viste en tjekkisk fuldskala test af Detoxy Color en 22 % reduktion i ammoniakemissionen fra svinestalde malet med Detoxy Color [7]. I den nævnte test blev der anvendt det, som blev defineret som ”normale lysstofrør”[7].

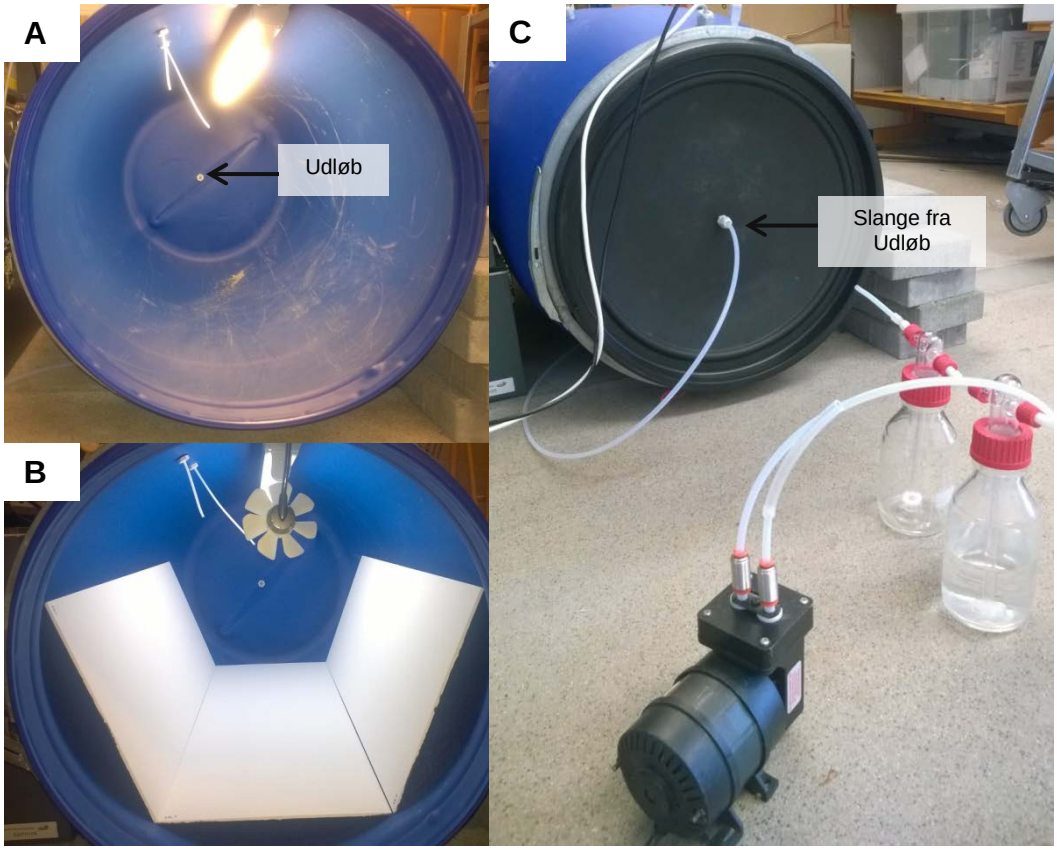
Formålet med denne test var at afklare Detoxy produkternes (Detoxy Color samt Detoxy-NH_3) evne til at nedbryde ammoniak ved normal belysning for derved at vurdere grundlaget for yderligere afprøvninger til kvantitativ bestemmelse af produkternes miljøeffekt. For at begrænse testens omfang

samt for at eliminere usikkerhederne ved en fuldskalatest blev testen foretaget som en pilottest i et lukket system designet til formålet.

Materiale og metode

Opstilling

Pilottesten blev gennemført i en vandret liggende 220L lufttæt fodertønde (højde 98 cm). I toppen af den vandret liggende tønde blev der monteret et 18W lysstofrør i et Glamox staldarmatur (uden plastikskærm, for at sikre minimal afskærmning af det isatte lysstofrør). I de første målinger blev der anvendt Osram 18W Lumilux De Lux Biolux (efter aftale med forhandleren). I en senere supplerende måling blev dette rør på opfordring af forhandleren udskiftet med Osram 18W Sylvania Reptistar, som afgiver en større andel af UV-A lys end normale lysstofrør. Ved siden af armaturet blev der monteret en lille ventilator for at sikre konstant bevægelse af luften i tønden. Billeder af opsætningen kan ses på Figur 1.



Figur 1. Setup til måling af NH_3 nedbrydning via Detoxy Color/ Detoxy-NH_3. A: Den tomme tønde uden glasplader og ventilator. B: Tønden med de indsatte glasplader, behandlet med Detoxy Color/ Detoxy-NH_3. C: Lukket tønde samt pumpe og vaskeflasker til dosering af ammoniak.

Vandret i tønden blev der indlagt tre glasplader (295 x 755 mm) (se figur 1B). Glaspladernes overflade direkte eksponeret for lys var således 3 x 0,755 m x 0,295 m = 0,67 m^2, svarende til 3 m^2 eksponeret overflade pr. m^3 luft.

Der blev i testen anvendt glasplader med to slags behandling:

- Glasplader behandlet med Detoxy Color
- Glasplader behandlet med Detoxy-NH_3

Alle glasplader behandlet med Detoxy Color og Detoxy-NH_3 blev malet af SEGES, Videncenter for Svineproduktion under vejledning af forhandleren.
Pladerne blev alle malet to gange med mindst en uges tørring inden anvendelse såvel som mellem påførsel af maling. Efter maling blev tykkelsen af det påførte lag målt i hhv. toppen og bunden af hver glasplade via en ”Gardner Messkamm” 25-2000µm målekam.

Via to gennemføringer blev der monteret to 6 mm (ydre diameter) PTFE slanger, én i tøndens låg og én i tøndens bund. Under opstart (dosering af fugt + ammoniak) blev tønden først lukket, hvorefter slangen i låget blev anvendt som indløb, imens slangen i tøndens bund blev anvendt som udløb. Ved ammoniakdosering blev der anvendt to seriekoblede vaskeflasker, hvoraf den første indeholdt ca. 0,5 L 0,5 % vandig ammoniakopløsning, imens den anden var tom. Ved dosering af ammoniak blev der pumpet luft igennem vaskeflaskerne og videre ind i tønden. Luften i den første vaskeflaske blev således tilført en stor mængde ammoniak fra vaskeflaskens ammoniakopløsning, imens den anden vaskeflaske blot virkerede som et dråbefang, inden luften blev ledt ind i tønden. To seriekoblede vaskeflasker samt pumpe kan ses på Figur 1C. Konceptet med to seriekoblede flasker blev ligeledes brugt ved dosering af fugt. Dog blev der her anvendt i alt tre vaskeflaskepar, der via T- stykker alle tilførte fugt til tønden via indløbet i tøndens låg. Efter opstart blev slangen i tøndens låg erstattet med den anden ende af slangen fra tøndens bund, således at systemet var lukket (Figur 1).

Måleudstyr

En INNOVA 1412 gasmonitor, som måler NH_3 via fotoakustik, blev tilkoblet systemet via to (indløb og udløb) 4 mm (ydre diameter) PTFE slanger indført i toppen af tønden ved siden af armaturet (Figur 1). INNOVA’en kunne således udtage en luftprøve og derefter lede luften tilbage i tønden igen efter endt måling. INNOVA’en blev brugt til løbende at måle luftfugtighed i tønden. Luftfugtigheden blev for hver måleperiode estimeret som middel over hele perioden (ca.100 målinger fordelt over tre timer). Ammoniakbestemmelse via INNOVA var desværre ikke muligt, da produkter fra de malede glasplader interfererede med udstyrets ammoniakestimering. Ammoniak blev derfor i stedet bestemt via Kitagawa sporgasrør, ved start og slut. Disse målinger blev som minimum fortaget i dubletter. Som supplement blev der målt lysintensitet (Lux) på midten af de tre glasplader. Målingen af lysintensitet blev foretaget med en Digital LUX Tester model YF-1065, placeret midt på glaspladerne (Figur 2).

Figur 2. Måling af lysintensitet (Lux).

Gennemførsel af målerunde

Måling af Detoxy Color/Detoxy-NH_3's nedbrydning af ammoniak blev foretaget i nedenstående trin:

- INNOVA startet
- Dosering af ammoniak (13-20 ppm_v) og fugt (65-80 % relativ fugtighed) (1-2 timer at opnå det ønskede fugtigheds- og ammoniakniveau)
- Dosering stoppet, udløb og indløb forbundet. Dannelse af et lukket system
- 15 min. hviletid for at sikre at al tøndens luft er fuldt opblandet mht. fugt og ammoniak
- Startmåling med Kitagawa sporgasrør via gennemføringen i tøndens låg (tid = 0 timer).
- 3 timers nedbrydningstid, ventilator + belysning tændt (Osram 18W Lumilux De Lux Biolux).
- Slutmåling med Kitagawa sporgasrør via gennemføringen i tøndens låg (tid = 3 timer).
- Målerunde slut

Alle målinger blev foretaget ved en indetemperatur på 18-22 ºC.

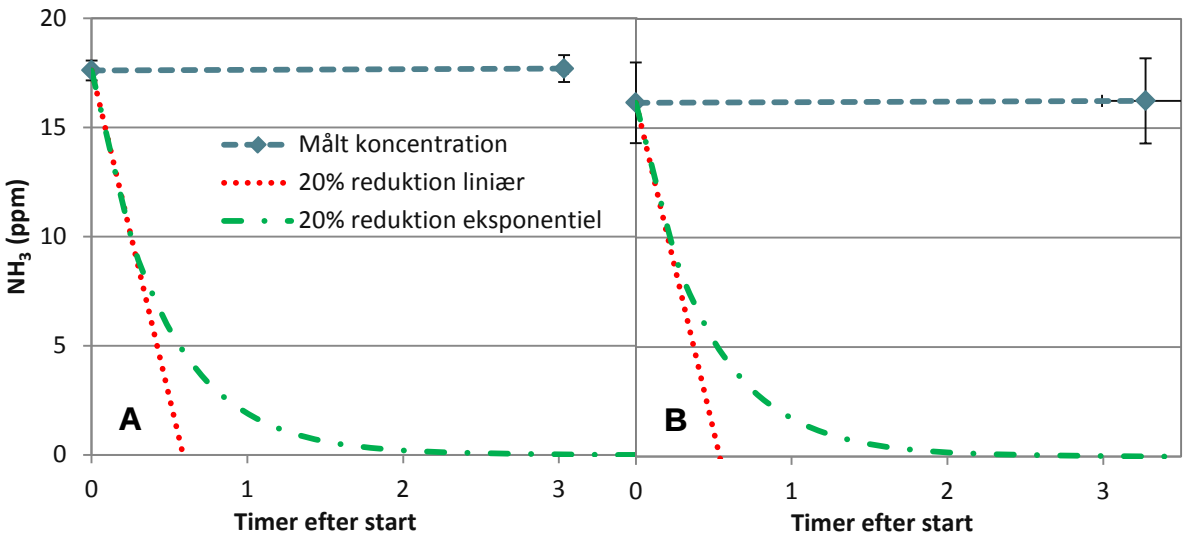
Ved estimering af Detoxy Color samt Detoxy-NH_3's potentiale for ammoniaknedbrydning blev ovenstående procedure gentaget tre gange med Detoxy Color-behandlede glasplader og tre gange med Detoxy-NH_3-behandlede glasplader.

Efter ønske fra forhandleren blev der derudover lavet en enkelt måling på Detoxy-NH_3, hvor lyskilden "Osram 18W Lumilux De Lux Biolux" blev udskiftet med "Osram 18W Sylvania Reptistar" (afgivende en større andel af UV-A lys). Denne måling blev kun lavet én gang (ingen gentagelser). Til gengæld blev der anvendt 16,5 timers nedbrydningstid.

Resultater og diskussion

Fjernelse af ammoniak

Til trods for at alle kritiske parametre (lagtykkelse, belysningsniveau (Lux), eksponeret overflade, luftfugtighed og opholdstid) i denne pilottest var bedre end/på niveau med, hvad der kan forventes i en svinestald, blev der i dette forsøg ikke observeret en ammoniakreducerende effekt af hverken Detoxy Color eller Detoxy-NH_3, se Figur 3.



Figur 3. Koncentration af ammoniak i pilottesten af Detoxy Color (A) og Detoxy-NH_3 (B), blå kurve. Grøn og rød kurve viser den forventede koncentrationsudvikling, såfremt pilottesten skulle underbygge potentialet for en 20 % reduktion i en typisk svinestald med 15 ppm_v ammoniak og 10 luftskifte pr. time, alt efter om reduktionen af ammoniak forventes at være eksponentiel (Grøn) eller lineær (Rød). Hvert punkt består af enten start- eller slutmålinger for tre målerunder.

Forskellen på et lukket system (denne pilottest) og et gennemstrømssystem (en dansk stald/de andre fuldskalatests) består i, at ammoniakkoncentrationen i et lukket system, hvori der nedbrydes ammoniak, vil blive ved med at falde. Nedbrydning af stoffer anses typisk for enten at være lineær (fast mængde pr. tid) eller eksponentiel (nedbrydningen afhænger af koncentrationen), imens virkeligheden ofte ligger et sted imellem. Formlerne for beregning af koncentration i et lukket system ved enten et lineært eller eksponentielt henfald kan ses herunder:

Lineær: $$C_t = C_0 - K_0 \cdot t$$

Eksponentiel: $$C_t = C_0 \cdot e^{(K_1 \cdot t)}$$

Hvor:

C_0 = startkoncentration (ppm)

C_t = koncentrationen til tiden t (min)

t = tid (min)

K_0 = lineær henfaldskonstant (ppm/min)

K_1 = første ordens henfaldskonstant (1/min)

Omregning fra et lukket til et åbent system sker ved at beregne den lineære eller eksponentielle henfaldskonstant. Beregning af henfaldskonstanterne i dette studie tager udgangspunkt i en 20 % ammoniakreduktion i en typisk dansk stald med i gennemsnit 10 luftskifte pr. time (svarende til en opholdstid på 6 min.) og en ammoniakkoncentration på 15 ppm_v. Den lineære henfaldskonstant (K_0) er i dette tilfælde lig med 0,2 x 15 ppm_v /6 min. = 0,5 ppm_v / min, imens den eksponentielle henfaldskonstant (K_1) regnes som Ln(1-0,2)/6 min.= -0,037 pr. min., hvilket svarer til, at koncentrationen hvert minut reduceres med 3,7 %. Kurver baseret på de beregnede konstanter er vist i Figur 3. Det ses her, at såfremt Detoxy produkterne var i stand til at reducere ammoniakemissionen med 20 %, da burde det lukkede system anvendt i denne test, have vist en markant reduktion i ammoniak i løbet af den testede tidsperiode (3 timer), hvad enten reduktionen af ammoniak forventedes at være en lineær eller eksponentiel proces. Denne test kan derved på ingen måde sandsynliggøre, at en sådan reduktion kan opnås ved brug af Detoxy Colour/Detoxy-NH_3.

Som opfølgning på denne test blev det fra forhandleres side foreslået at afprøve med et andet lysstofrør, Osram 18W Sylvania Reptistar, da dette lysstofrør har en stor andel af UV-stråler i sit lysspekter. Der blev derfor gennemført en enkelt målerunde med det nævnte rør. Målerunder blev gennemført med en markant øget opholdstid på 16,5 timer. Opstartsmålingen viste her 14 ppm, og slutmålingen viste ligeledes 14 ppm. Der var således ingen tegn på effekt på trods af øget opholdstid og UV-A belysning.

Sekundære parametre

Følgende sekundære parametre blev vurderet som værende kritiske for måling af en potentiel effekt af Detoxy Color/Detoxy-NH_3: Lagtykkelse af maling, eksponeret overflade pr. luft volumen, belysningsniveau (lux), luftfugtighed og opholdstid. I testen blev disse kritiske parametre derfor justeret, således at produktet i testen havde forudsætninger lig med eller bedre end, hvad man kan forvente i en svinestald, og hvad der er set i andre tests.

Ifølge anvisningen på Detoxy Color produktet bør der påføres 0,1-0,3 kg m^2, hvilket med en densitet på 1400 kg/m^3 svarer til en tykkelse på mellem 71 og 214 µm. Ligeledes kan lagtykkelsen af de italienske afprøvninger med det titaniumdioxid indeholdende produkt Aktiva, PSS® udregnes til ca. 50 µm ud fra en oplyst påførelse på 50 g Aktiva, PSS® pr. m^2 og en antaget densitet på 1400 kg/m^3 [5, 6].

I dette forsøg blev den samlede tykkelse af de to påførte lag maling målt til hhv. 363 (Detoxy Color) og 331 µm (Detoxy-NH_3). Der er derved påført mere maling i denne test end i de tidligere studier.

I denne test var der ca. 3 m^2 eksponeret overflade pr. m^3 luft. Til sammenligning blev der i tidligere tests [7] anvendt en overflade på ca. 189 m^2 i en stald med 100 grise. Under antagelse af 0,65 m^2/gris (slagtesvin), en loftshøjde på 2,6 m og 10 % ekstra areal til gangareal mv. giver dette en samlet staldvolumen på 186 m^3, svarende til ca. 1 m^2 eksponeret overflade pr. m^3 staldluft. Denne test har derved ca. tre gange så stor overflade pr. luftvolumen som den angivne reference [7].

Det målte belysningsniveau for de tre flader lå imellem 946-1107 lux målt midt på pladerne, med en middelbelysning på 1007 lux. I danske svinestalde skal der i mindst 8 timer i døgnet være en belysning over 40 Lux [8], og derudover anbefales det at holde lysintensiteten over 100 Lux i drægtighedsstalde [9]. Det faktiske belysningsniveau i danske svinestalde ligger dog formodentligt imellem 100-200 Lux hvilket stemmer med belysningsniveauet i den tjekkiske test af Detoxy Color, hvor belysningsniveauet lå på ca. 153 Lux [7]. Der er altså mere end 6 gange så meget lys i denne pilottest som i den tjekkiske undersøgelse og 10-30 gange mere, end hvad der kræves/anbefales i en svinestald.

Da Detoxy produkterne antages at reagere med fugten i luften, er det vigtigt, at luftens indhold af fugt er højt nok. I svinestalde ligger den relative luftfugtighed typisk imellem 65-75 %. I denne test var den målte gennemsnitlige vandmængde i luften ved hhv. Detoxy Color og Detoxy-NH_3 ca. henholdsvis 75 % og 70 %. Til sammenligning blev der i den refererede tjekkiske test målt en gennemsnitlig relativ luftfugtighed på 64,6 % [7], imens de refererede italienske tests havde omkring 55 % [5, 6].

I praksis såvel som i den nævnte tjekkiske test [7] er der ikke tale om et lukket system. Derimod er der tale om et system, hvor luften kort tid efter indblæsning igen bliver ledt ud af staldens afkast. I den tjekkiske test var der en gennemsnitlig luftydelse på 1838 m^3/time i en stald med 100 grise. Sammenholdes flow og volumen, kan luftskiftet pr. time udregnes til ca. 9,9 luftskifte/time, svarende til, at en indblæst kubikmeter luft i gennemsnit opholder sig i stalden i ca. 6,1 min., inden luften igen forlader stalden via udsugningen. Den målte effekt på 22 % må derfor forventes at ske i løbet af disse 6,1 min. Til sammenligning anbefales det i danske slagtesvinestalde at ventilere imellem 8 og 100 m^3 pr. time pr. stiplads [10] afhængig af årstid og vægt. Med et arealkrav på 0,65 m^2 pr. stiplads, en antaget loftshøjde på 2,6 m og 10 % ekstra areal til gangareal mv., giver dette en opholdstid på mellem 1 og 14 min.

I denne test var der ikke konstant tilførsel af ny luft/ammoniak. Det må derfor forventes, at tøndens koncentration vil blive ved med at falde, så længe denne er over 0, og så længe der er lys på de Detoxy-behandlede flader. Da alle systemets kritiske parametre (lagtykkelse, eksponeret overflade pr. luftvolumen, belysningsniveau og luftfugtighed) er væsentligt højere i denne test end i den tjekkiske såvel som de italienske reference [5-7], måtte det forventes, at nedbrydningen af ammoniak i

pilottesten var mindst lige så god som observeret i disse tests. Derudover er opholdstiden i denne test 180 min., hvilket er væsentligt længere end de 1-14 min. opholdstid, som kan forventes i en dansk svinestald.

Et overblik over kritiske parametre og observerede ammoniakreduktioner for denne/de nævnte tests [5-7] kan ses i Tabel 1. Tabellen viser også, hvad der anbefales/forventes for en dansk svinestald.

Tabel 1. Oversigt over kritiske parametre i hhv. anbefalinger, de nævnte tests samt denne pilottest.

Parameter	Anbefaling/ standard i danske svinestalde	Tjekkisk test (Detoxy Color) [7]	Italiensk test 2008 (Aktiva, PSS) [5]	Italiensk test 2010 (Aktiva, PSS) [6]	Denne test
Belysning	Lysstofrør	”Standard lysstofrør”	”Solspektrums-lamper” med UV-A bølgelængder	”Solspektrums-lamper” med UV-A bølgelængder	Osram 18W Lumilux De Lux Biolux (Osram 18W Sylvania Reptistar)***
Tykkelse af malet lag	70-214 µm	77 µm	70 g/m^2 50 µm**	70 g/m^2 50 µm**	363 µm - Detoxy color 331 µm – Detoxy-NH_3
Belysnings-niveau	Lov: >40 Lux Anbefaling i drægtighedsstalde: >100 Lux Forventet 100-200 Lux	163 Lux	Ikke oplyst	Ikke oplyst	1007 Lux
Eksponeret overflade pr. luftvolumen	(-)	Estimat:1 m^2/m^3*	Ikke oplyst	Ikke oplyst	3 m^2/m^3
Luft-fugtighed	65-75 %	66 %	54 %	56 %	75 % - Detoxy Color 70 % - Detoxy-NH_3
Luftens opholdstid	Ca.1-14 min.*	Estimat: 6,1 min*	Ikke oplyst	Ikke oplyst	Ca. 180 min.
Ammoniak fjernelse	(-)	22 % af emissionen	30 % af emissionen	Ingen reduktion	Ingen reduktion

*Under antagelse af 0,65 m^2/gris og en loftshøjde på 2,6 m og 10 % ekstra areal til gangareal m.v.

**Under antagelse af en densitet på 1400 kg/m^3 for produktet

***Røret har et højt UV-A niveau og blev kun anvendt i en enkelt opfølgende måling

Lignende pilotskalatest udført af producenten har ligeledes ikke været i stand til at opnå en målelig effekt (Personlig kommentar fra Allan Olesen, Lifeguard) til trods for de gode resultater i den tjekkiske fuldskalatest [7]. Fuldskalaforsøg har typisk større usikkerheder end kontrollerede pilotskala forsøg. Sådanne usikkerheder kan være årsag til, at titaniumdioxid produktet ”Aktiva, PSS” i den italienske test fra 2008 [5] blev vurderet i stand til at reducere staldens ammoniakemission med 30 %, imens en senere test [6] ikke viste en reduceret ammoniakemission fra de behandlede stalde. Kontrollerede pilotskalaforsøg som dette har typisk mindre usikkerheder. Til gengæld kan det være svært at estimere præcist, hvor stor en effekt målt i pilotskala vil blive, når den opskaleres til fuldskala, da opskaleringen typisk vil ændre på op til flere kritiske parametre. Alle kendte kritiske parametre i dette pilotskalaforsøg var enten bedre eller lig, hvad der kan forventes i en dansk svinestald (Tabel 1). På trods af dette blev der ikke observeret en ammoniakreducerende effekt af hverken Detoxy Color eller Detoxy-NH_3, se Figur 3. Der er således intet i denne test, der indikerer, at hverken Detoxy Color eller Detoxy-NH_3 vil være i stand til at reducere ammoniakemissionen fra danske svinestalde.

Konklusion

Det var i denne test ikke muligt at måle nogen form for reduktion af ammoniak med Detoxy Color i en tre timers testperiode, på trods af at alle kritiske parametre var enten på niveau med eller bedre end, hvad der kan forventes i en svinestald. Der er således intet i denne test, der indikerer, at hverken Detoxy Color eller den ammoniakoptimerede Detoxy maling kan bidrage til at reducere ammoniakemissionen fra svinestalde.

Referencer

[1] Yuzawa, H., et al., Reaction mechanism of ammonia decomposition to nitrogen and hydrogen over metal loaded titanium oxide photocatalyst. The Journal of Physical Chemistry C, 2012. **116**(6): p. 4126-4136.

[2] Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsens Teknologiliste - luftrensning. 2015 [cited 2014 8/6-2015]; Available from: http://mst.dk/virksomhed-myndighed/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/gaa-til-teknologilisten/luftrensning/#.

[3] Miljøstyrelsen. Miljøstyrelsens Teknologiliste - staldindretning. 2015 [cited 2015 8/6-2015]; Available from: http://mst.dk/virksomhed-myndighed/landbrug/miljoeteknologi-og-bat/teknologilisten/staldindretning/#

[4] Detoxy color(r) naturens rengørings system, L. A/S.

[5] Guarino, M., A. Costa, and M. Porro, Photocatalytic tio2 coating - to reduce ammonia and greenhouse gases concentration and emission from animal husbandries. Bioresource Technology, 2008. **99**(7): p. 2650-2658.

[6] Costa, A., et al., Effects of tio2 based photocatalytic paint on concentrations and emissions of pollutants and on animal performance in a swine weaning unit. Journal of Environmental Management, 2010. **96**(1): p. 86-90.

[7] Dolejš J., T.O., Knížek J., Adamec T., Kosová M., Use of nanotechnologies in pig farming. RESEARCH IN PIG BREEDING, 2011. **5**(1).

[8] Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om beskyttelse af svin. Bekendtgørelse nr. 1735 af 22. December 2006.

[9] Petersen, L.B. and L.U. Hansen, Generelle forhold i drægtighedsstalden. 2012.

[10] Petersen, P., Ventilationskapacitet. 2005.

Aktivitetsnr.: 060-340110

//ANR//

VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 45 00

Fax: 33 11 25 45

vsp-info@seges.dk

ISO 9001 Management System Certification BUREAU VERITAS Certification Denmark A/S

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.