

Udvikling af standardiseret afprøvningsprocedure til dokumentation for BAT teknik i stalde -specielt luftrensning til landbrug

Arne Grønkjær Hansen, Helle Birk Domino &
Bjarne Langdal Riis

AgroTech A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD.....	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 BAGGRUND.....	11
2 INTERNATIONALE ERFARINGER	13
2.1 HOLLANDSKE AFPRØVNINGSPROCEDURER	13
2.1.1 Teoretisk evaluering af ny luftvasker til det hollandske marked.....	13
2.1.2 Rensning med effektivitet over 70 %, 90 % eller 95 %	15
2.2 TYSKE AFPRØVNINGSPROCEDURER	15
2.2.1 Øvrige parametre	16
2.2.2 Vurdering af effektivitet for lugtfjernelse	17
3 PRAKTISK AFPRØVNING AF KEMISK LUFTRENSER VED FJERKRÆSTALD	19
3.1 FUNKTIONEL BESKRIVELSE AF TEKNIK.....	19
3.1.1 Opbygning af luftvasker.....	19
3.2 AFPRØVNINGSMETODER	20
3.2.1 Ammoniakmålinger	20
3.2.2 Lugtmålinger – beskrivelse af metoder	23
3.2.3 Analyser af opsamlet vand fra luftrenser	24
3.3 RESULTATER	24
3.3.1 Ammoniakreduktion.....	24
3.3.2 Lugtreduktion	27
3.3.3 Analyser af opsamlet vand fra luftrenser	27
Enkeltstofprøver	28
3.4 DRIFTSØKONOMI.....	28
3.5 KONKLUSION PÅ AFPRØVNINGEN	29
3.6 MULIGHEDER FOR SUPPLERENDE MÅLINGER VED LUFTRENSERE	29
3.6.1 Måling af mikroorganismer i staldluft.....	32
4 DISKUSSION OG ANBEFALINGER.....	33
5 REFERENCER.....	35
BILAG A	39
DANSKE AFPRØVNINGER I SVINESTALDE.....	39
Statistik vedrørende lugt	40
APPENDIKS	43
MÅLING AF AMMONIAK.....	44

Forord

Der udvikles både nationalt og internationalt mange tekniske løsninger til begrænsning af emission fra husdyrproduktion. I forbindelse med udvidelser og etablering af husdyrproduktion investerer landmænd i stigende grad i teknik for at opnå de nødvendige begrænsninger i udledning af gasser og lugt fra staldanlæg.

Der er derfor behov for hurtig, ensartet dokumentation og evaluering af teknik.

I dette projekt er der arbejdet med undersøgelser af de metoder, der i dag anvendes til dokumentation og evaluering af en gruppe af tekniske løsninger, nemlig luftrensning.

Målet var at opsamle erfaringer med hidtidige afprøvninger på området og opstille en standard for afprøvning og evaluering af teknikken og endelig at gennemføre test med udgangspunkt i disse erfaringer.

Rapporten peger på behovet for international standardisering på området, idet der kun er vejledninger for, hvad der bør undersøges i forbindelse med evaluering af teknik, der kandidater til betegnelsen BAT, jævnfør EU-kommissionens "BAT-reference document" (BREF, 2003), mens der ikke er anvisninger af omfanget for dokumentation ved produktionsanlæg i praksis.

Projektets deltagere har været:

Helle Birk Domino, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret
Bjarne Langdal Riis, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret
Arne Grønkjær Hansen, Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret
SKOV ventilation A/S
Poul Pedersen, Dansk Svineproduktion
Merete Lyngbye, Dansk Svineproduktion

Projektet er finansieret gennem Miljøstyrelsens program "Renere Teknologi" samt medfinansiering fra projektets organisationer og virksomheder

Der rettes en tak til Dansk Svineproduktion for deltagelse i projektet med blandt andet vejledning og erfaringer fra deres afprøvninger ved svinestalde og beskrivelse af de afprøvningsprocedurer, der i dag anvendes ved luftrenningssystemer til svinestalde (Bilag A).

SKOV Ventilation A/S takkes for at stille deres pilotanlæg med indbygget luftrensere til rådighed for de første undersøgelser ved fjerkræstalde i Danmark.

Sammenfatning og konklusioner

Der er behov for at standardisere afprøvningsprocedurer for miljøteknik til landbrug, idet der i Europa i dag er vidt forskellige procedurer for dokumentation af teknikkens effektivitet, økonomi og sideeffekter og dermed også baggrunden for at vurdere, hvorvidt en teknik kan betegnes som BAT (Best Available Techniques).

Dansk Svineproduktions afprøvninger af miljøteknik i svinestalde er et godt grundlag til at opstille forslag til standard protokol for test af for eksempel luftrensere til andre husdyrarter. Disse undersøgelser er meget omfattende og er gennemført ved praktisk landbrug og med høj grad af datasikkerhed og grundige statistiske analyser. Men der er behov for en international standard som sikrer, at dokumentationen for den afprøvede teknik også accepteres i andre europæiske lande.

Litteraturstudie af udenlandske undersøgelser og protokoller viser, at der er stor forskel på, hvordan undersøgelser gennemføres. Der er taget initiativ til standardisering mellem tyske og hollandske afprøvningsinstitutioner med udgangspunkt i den tyske "DLG-Signumtest" med afprøvning af luftrensning ved praktisk landbrug i minimum én måned sommer og én måned vinter. Testene er endnu ikke standardiserede mellem de enkelte tyske delstater.

I Holland er der krav om, at alle forhandlere af luftrensere som minimum skal indsende tekniske oplysninger til evaluering af eksperter for at kunne sælge luftrensere med påstand om minimum 70 % reduktion af ammoniak. Hvis forhandlerne vil have dokumenteret større effekt, skal de gennemgå en test ved praktisk landbrug eller forsøgsgårde.

Ved sammenligning af udenlandske tests og danske viste den største forskel at være vurdering af lugt. Hollandske og tyske undersøgelser inddrager vurdering af lugtens acceptbarhed (hedonic tone) eller vurdering af, om lugten via luftrenseren er ændret tilstrækkeligt. Man har for eksempel ved biologiske filtre fundet samme hedonic tone ved rensset luft med koncentrationer, der er seks gange højere end ved samme hedonic tone i urensset luft (Korthuis og Van Os, 1996). I Tyskland anvender DLG-testcentrum at sætte en grænse for maksimal lugtkoncentration målt ved olfactometri, nemlig 300 OU_E og samtidig har man stillet det krav, at der ikke må forekomme "rågas-lugte" efter rensningen for eksempel lugt af husdyrgødning. Den gennemsnitlige lugtkoncentration før og efter oplyses, men der angives ikke reduktionsprocent blot angives af om der kan fornemmes "rågas", det vil sige om lugtkarakteren er totalt ændret gennem rensning.

I Danmark er der pt. ingen anvisning for, hvordan lugtens karakter eller ændring af denne kan indregnes i vurderingen af renseeffekten. De danske målinger er baseret på olfactometri og parameteren hedonic tone måles ikke som standard, da det kræver mange panelister at gennemføre efter standarden for dette. En eventuel lugtreduktion angives som procentvis reduktion. Reduktionen vil ikke kunne sammenlignes fra test til test, idet anlæggene opstilles ved forskellige brug med vidt forskellig lugtkoncentration i afgangsluften.

Variation på selve lugtanalyserne er behæftet med relativ stor usikkerhed. Ved analyser af lugtprøver på Slagteriernes Forskningsinstituts lugtlaboratorium angives 95 % konfidensintervallet på resultatet af lugtanalysen at være fra ± 37 % til ± 59 %. (se bilag A).

Ved test af luftrensningsteknik (måling før/efter renser) har test ved svinestalde vist, at der mindst skal foretages seks gentagelser for at opnå statistisk sikkerhed, hvis en renseeffekt på minimum 50 % skal dokumenteres.

Som led i projektet er der foretaget en undersøgelse af en kemisk luftrenser af mærket Farm AirClean fra firmaet SKOV A/S. Renseren blev installeret i pilotopstilling (i container) ved en stald med æglæggende høns. Undersøgelsen viste reduktioner i ammoniakemissionen på gennemsnitligt 59 % i sommerperioder til 70 % forår og 73 % om vinteren.

Som led i gennemførelsen af on-linemålinger for ammoniak og sekundært kuldioxid blev to typer måleudstyr sammenlignet. INNOVA multigas monitor med fotoakustiske sensorer viste større sikkerhed ved måling af lave koncentrationer end den kemiske Dräger-sensoren i VE18 måleenheden. Ved luftrensning er reduktionen af ammoniak imidlertid oftest så stor, at det ikke har større betydning, om man anvender det ene eller det andet udstyr. Ved teknik, der har mindre effekt og staldtyper/dyregrupper, hvor koncentrationen er lavere, er det derimod en klar fordel, at sensoren måler så nøjagtigt som muligt. Desuden er det en fordel i forhold til standardisering på internationalt plan, at måleudstyr/sensortype er det mest udbredte. Derfor anbefales det i øjeblikket at anvende det fotoakustiske måleudstyr fra INNOVA til dokumentationsformål.

Måling af lugt viste ingen sikker lugtreduktion (dog kun gennemført fire måledage, da der ikke forventedes reduktion i lugtkoncentrationen med denne type renser).

Der er gennemført kemiske undersøgelser af udsugningsluften (GCMS) før og efter den kemiske luftvasker. Disse målinger var udelukkende medtaget som ekstra oplysninger til brug for optimering af renseren, idet metoden ikke er udviklet nok til at kunne anvendes som standardiseret test for lugt. Der er endnu ikke tilstrækkelig viden om betydningen af de enkelte kemiske stoffer, som bidrager til lugten og betydningen af ændret kemisk sammensætning for, hvor generende lugten opfattes.

Vurderinger af teknik i forhold til BAT kræver, at der er sikre oplysninger om systemets driftssikkerhed og økonomi. Renseren har imidlertid været på markedet i så kort tid, at det er for tidligt at konkludere, hvorvidt det er driftssikkert. Desuden blev afprøvningen gennemført som en pilotafprøvning ved en enkelt stald til æglæggende høns. Derfor er det også usikkert, om de målte energi og vandforbrug er repræsentative for et anlæg i fuld skala.

Summary and conclusions

The need to develop standardised procedures for testing technology is quite obvious. At present there are no common standardised procedures for the documentation of efficiency, economy and side effects. Thus the basis for evaluating techniques for BAT is very different in the different European countries.

The Danish Pig Production (DPP) has a long tradition of testing all types of techniques that can be used in pig farming including ammonia emission abatement techniques. The published tests from DPP are quite comprehensive and have been conducted in commercial farms in full scale and with high standards for statistical analysis. These can be used as a starting point to set up protocols for testing abatement techniques, for instance for air cleaners in housing for other animal species. But there is a need for a standard that ensures acceptance of the documentation in other European countries, which will give the producers of a technique access to a larger market and a quicker implementation of better technique. The study of literature, describing tests in Holland and Germany, shows quite big differences in the setup and evaluation. We have been informed that there are ongoing negotiations between the German "DLG-Testcentrum" and the Dutch research institute "Wageningen" to develop more standardized procedures. The German practice is to test air cleaning systems in commercial farms during one month in summer and during one month under winter conditions. These tests are not yet standard in all states of the German federation, but they are now compulsory for market access in Cloppenburg.

In Holland certification is divided into a theoretical test for air cleaner types that are stated to have a cleaning efficiency rate of at least 70 % towards ammonia, and a test in commercial farms or test farms that shows at least 90 % removal of ammonia in the exhaust air.

Even though there are standards for measurements of odour, there is still a difference in the way odour nuisance is evaluated. Some Dutch and German test institutes include the offensiveness of the odour (hedonic tone), and the German DLG-test puts a limit of maximum 300 OU_e in the exhaust air from the air cleaner combined with an indication of whether the original odour can be perceived or not. If both criteria are met the air cleaner has passed the test.

The Danish tests for odour are based on olfactometry alone, and hedonic tone questionnaires are not used in all cases. They are expensive to conduct and often only conducted in smaller panels than prescribed in the standard procedure for hedonic tone evaluation. Odour reduction is presented as a relative reduction (percent), and due to a large variation in emission from different farms it is difficult to compare the results from tests of different air cleaners.

A part of this project has been to test "Farm AirClean" from the company SKOV A/S. The cleaner is a decentralised air washer (spraying sulphuric acid into the air stream in the chimney) that was installed in a pilot scale setup in a container just outside a farm building with hens. The test showed a reduction

in ammonia emission averaging 59 % in the summer period to 70-73 % during spring-summertime.

There was no significant reduction in odour (only four days of odour measurements, since no improvement was expected with this type of cleaner)

A comparative study of two different pieces of ON-line gas analysis equipment was conducted as a part of the test of Farm AirClean. The parallel setup with Innova Multigas Monitor (photo acoustic sensor) + multisampler and a Dräger (chemical sensor) combined in a Veng System multiplexer, showed that Innova was more stable in the low concentration area. Both pieces of equipment can be used to test aircleaners. However a standardisation of the use of equipment would be desirable, and up to now more published emission tests are made with Innova in Europe. The olfactometric test of Farm AirClean showed no significant reduction in odour concentration, but the test was stopped because no reduction was expected with further tests.

The variation in an olfactometric analysis of a single odour sample is fairly large. The Danish Meat Research Institute reports that a 95 percentile confidence interval can be from $\div 37$ % to $+59$ %. (Appendix A) The tests of air cleaning techniques at pig farms have shown that at least 6 repeated samples (before and after cleaner) are required to achieve statistical proof of a reduction of minimum 50 %.

The chemical odour components were measured using GCMS as part of the test of the Farm AirClean test. The test was only included in order to give the company extra information that might be used for optimization of the air cleaner, since there is not enough knowledge about the significance of a single chemical odour compound concentration for the air quality.

The energy and water consumption was measured, but these measurements can not be used in a final evaluation of the air cleaner, since the system was not ready to be marketed at the time when the test was conducted. It has been optimized since then. A full scale test of the system has to be conducted before a final evaluation can be made.

1 Baggrund

I forbindelse med miljøgodkendelser af eksisterende stalde eller udvidelse af intensiv husdyrproduktion stilles landmænd ofte over for krav om at reducere udledning af forurenende gasser eller lugt. Der er specielt stor fokus på ammoniakemissionen, hvis produktionen er placeret i nærheden af kvælstoffølsom natur som for eksempel moser, heder mv. Emissionen kan reduceres ved anvendelse af forskellige teknologier, som enten reducerer udskillelsen fra dyrene (fodring og foderadditiver), begrænser fordampningen (mindre areal med gødning/urin, lavere temperatur, lavere pH, hæmning af mikrobiologisk aktivitet), begrænser udledningen fra ventilationen eller øger spredningen (begrænset luftskifte, luftrensning øget afkasthøjde). Der er således mange muligheder for at reducere emission og eventuelt kombinere teknologi og firmaerne udvikler hele tiden nye løsninger eller optimerer på nuværende teknik.

Landmanden skal kunne dokumentere, at der er tale om teknik, der med stor sikkerhed lever op til den lovede reduktion, og at det er en teknik, der kan drives, vedligeholdes og endelig skaffes af vejen på en forsvarlig måde. Derfor har både landmænd og firmaer en fælles interesse i at få nye løsninger dokumenteret hurtigst muligt, så de kan implementeres som alternativ til mindre effektive og dyrere løsninger. De danske udviklere af teknik har endvidere en interesse i, at dokumentationen er holdbar, ikke kun på det danske marked, men at den også accepteres i andre lande med betydelig husdyrproduktion, og som derfor også er underlagt EUs mål om reduktion af emissioner fra landbrug. Derfor bør metoder til afprøvninger i videst mulige omfang foregå efter fælles europæiske standarder. Der er imidlertid meget stor forskel på, hvordan dokumentationen af ny teknik foregår. I Danmark er der tradition for, at afprøvninger foregår i stor skala på kommercielle landbrug, mens andre europæiske lande har haft tradition for at foretage test på forsøgsgårde og forskningsinstitutioner og kun i mindre grad i kommercielle brug. International standardisering vil derfor kræve et stort arbejde med såvel tekniske som politiske kompromisser, for at det kan lade sig gøre.

Denne rapport peger på nogle af forskellene i afprøvningsprocedurer i Danmark, Holland og Tyskland for én type af tekniske løsninger, nemlig luftrensning. Desuden har vi beskrevet den nuværende danske metode til test af luftrensning ved svineproduktion (Bilag A) og gennemført de første tests med udgangspunkt i erfaringerne ved et pilotanlæg til luftrensning ved en fjerkræstald.

Projektet blev ledet af Landscentret, Byggeri og Teknik. Dansk Svineproduktions opgave var at beskrive hidtidig anvendte afprøvningsprocedure teknisk og statistisk ved afprøvning af ny teknik til svineproduktion. Projektet er dels opbygget af en teoretisk fase 1, hvor nationale og internationale erfaringer fra afprøvningsprocedurer er blevet evalueret, og dels af en praktisk fase 2, hvor en protokol baseret på resultaterne af fase 1 er afprøvet i praksis på en luftrenser i forbindelse med en økologisk ægproduktion.

Projektet var oprindeligt planlagt til at omfatte udvikling af test om teknik til begrænsning af emission med udgangspunkt i teknik, der reducerer emitterende overflader i stalde. Det viste sig i løbet af projektet, at systemet ikke var

færdigudviklet og klar til dokumentationsfase. Samtidig henvendte flere firmaer sig med ønske om dokumentation af luftrensning, og projektet blev derfor ændret til at vedrøre testprocedurer for luftrensning.

Luftrensning er forbundet med relativt store investerings- og driftsomkostninger, og derfor vurderede den europæiske arbejdsgruppe, der udfærdigede BREF for intensiv svine – og fjerkræproduktion, at luftrensning ikke generelt kan anbefales som en løsning til at begrænse emission, men kan betragtes som BAT-kandidat. Med fortsat udvikling af luftrensere og begrænsning af luftskiftet i stalde samt udvikling af systemer til rensning af en delstrøm af afgangsluften, kan systemerne måske på sigt blive konkurrencedygtige over for andre BAT-teknologier. Derfor vælges luftrensning i stigende grad som løsning ved store besætninger, som er lokaliseret i nærheden af følsom natur. Der er derfor behov for at nyudviklede luftrensere hurtigt dokumenteres ved målinger i praktisk landbrug.

Delvis luftrensning med syre ved slagtesvinestald er i dag allerede vurderet som en tilgængelig teknik i Danmark og beskrevet på danske BAT-byggeblade (BAT-byggeblad 106_04_58) med henvisning til foreløbig to fabrikater, som er testet af henholdsvis Dansk Svineproduktion (Rullende Afprøvning) og Wageningen Universitet og forskningscenter (Wageningen-UR) i Holland (samme renser er pt. også under afprøvning i en svineproduktion i Danmark).

Firmaer, der forhandler ventilation til landbrug, begynder også at markedsføre luftrensning til fjerkræproduktion. Det er derfor vigtigt, at teknikken bliver afprøvet og evalueret også i forhold til fjerkræstalde. Konklusioner fra test af samme teknik til svineproduktion kan ikke umiddelbart overføres til fjerkræ, da der er tale om helt andre gas-, lugt- og støvkoncentrationer i disse produktioner. Desuden er det en fordel, at undersøgelser af teknik til fjerkræproduktion gennemføres efter samme protokol, som anvendes ved teknik, der er opsat ved svineproduktion.

2 Internationale erfaringer

2.1 Hollandske afprøvningsprocedurer

I Holland var der i 2005 opsat ca. 45 biologiske luftvaskere (også kaldet biotrickling filter eller biovasker) og 160 kemiske scrubbere (kemiske luftvaskere) i landbrug, fortrinsvis svineproduktion, med henblik på at reducere ammoniak og lugtemissionen. Effektiviteten over for ammoniak rapporteres i afprøvninger som procent reduceret emission og varierer fra 40 til 100 % (gennemsnit 96 %) for syrescrubbere, mens resultaterne for biologiske vaskere varierer fra -8 % til +100 % med et gennemsnit på 70 %. (Melse og Ogink, 2005).

De hollandske myndigheder (Ministry of spatial Planning, Housing and Environment (VROM) skal godkende hver enkelt luftrenser fabrikat, før firmaet har tilladelse til at markedsføre det. Produktet kommer på en liste kaldet RAV-listen ("Regeling Ammoniak en Veehouderij") over godkendte systemer til behandling af ventilationsluft fra mekanisk ventilerede stalde i relation til ammoniak. Proceduren for at opnå godkendelse ved myndighederne til reduktion af ammoniakemissionen er opdelt i en teoretisk evaluering af luftvaskerens design, hvis firmaerne kun kræver godkendelse for en renseseffekt på ammoniak under 70 % og et måleprogram, hvis rensesgraden for ammoniak hævdes at ligge over 70 %. Der er samtidig et krav om, at al luft fra stalden ledes gennem luftvasker, hvis man monterer den, der kan altså ikke etableres delrensning.

Man indførte den teoretiske evaluering for at gøre systemet billigere og sikre hurtigere implementering af teknik. Men den teoretiske evaluering har store begrænsninger på grund af mangel på input parametre, hvilket kan føre til anbefalinger af overdimensionerede anlæg med høje investeringer og driftsomkostninger til følge. Derfor anbefaler forskerne ved Wageningen UR, Agro-technology & Food Innovation, at der også indføres et testprogram for luftvaskere med rensesgrader under 70 % (Melse og Willers, 2005). De mener, at det vil føre til mindre scrubber størrelser. En tilstrækkelig effektivitet overfor ammoniak mener de vil kunne sikres ved etablering af et kontrolprogram med inspektion og serviceaftaler på de gårde, som etablerer luftrensning. Hollænderne påpeger, at et sådant program alligevel bør etableres for at sikre, at luftvaskerne fungerer optimalt.

2.1.1 Teoretisk evaluering af ny luftvasker til det hollandske marked

En forhandler af en luftvasker med potentiale for at fjerne mindre end 70 % ammoniak i afgangsluften kan opnå godkendelse til at forhandle systemet i Holland, hvis firmaet giver de tilstrækkelige oplysninger, som alle er vist i tabel 1. Belastningen med ammoniak udregnes fra antal af dyr og normtal for ammoniakemission fra konventionelle stalde (uden tiltag for lav emission, VROM, 2002). Ammoniakemissionen er her opgivet som kg NH_3 pr. dyr på stald pr. år for eksempel 2,5 kg pr. stiplads til slagtesvin og 0,080 kg pr. kylling på stald.

Tabel 1. Hollandske krav til information oplyst fra firma for teoretisk evaluering af biologiske og kemiske luftvaskere med oplyst rensningseffektivitet under 70 % for ammoniak. (Melse og Willers, 2005).

Funktional beskrivelse af systemet: Generel beskrivelse af design og forventet effektivitet overfor ammoniak (procent NH_3 fjernet). Hvilken type luft kan renses behandle (fra svin og/eller fjerkræ) Flow: Modstrøm (counter current) eller gennem-flow (cross-current)	
Scrubber sektion: Maximale luftflow (m^3/time) Flow for vand til recirkulation Fordeling af vand (teknisk design, dyser til overbrusning osv.) Filtermateriale: fabrikat, type karakteristika: overfladeareal og "packing faktor": m^2/m^3 , HTU værdi (Height of Transfer Unit) ,m), porøsitet, tryktab osv. Volume af fyldmateriale (m^3), tværsnitareal (m^2) højde (m), bredde (m) osv. Volumen af reservoir for vand til recirkulation	
Støv opløste materialer: Hvilke forholdsregler er foretaget for at undgå tilstopning af filterpakning? Fjernes støv før luft kommer ind i filterpakning. Hvor ofte skal pakningen renses? Kan det akkumulerede stof fjernes fra recirkulationsvand i reservoiret?	
Specielle oplysninger for biologiske luftvaskere (biological scrubbers, biotricling filters): Hvis filteret er opdelt i kemisk og biologisk del med en separat biologisk vasker: Maximum kapacitet for ammoniak fjernelse i systemet ($\text{g NH}_3/\text{m}^2/\text{år}$) Specifik overflade af fyldmateriale i biologiske del(e) af renseren (m^3) Temperaturinterval hvor filter fungerer (vinter, sommer, forbehold?)	
Specielle oplysninger for kemiske luftvaskere: Hvilken syre anvendes? (pt. kun svovlsyre i Holland) Doseringsystem: Teknisk beskrivelse, kontrolsystem, pH og ledningsevne målinger: Kan det aflæses? kalibrering? Hvordan kan det undgås, at syren fryser?	
Diverse:	Detaljeret beskrivelse af alle mål og kontrol systemer, der anvendes til styring/fejlfinding.

Den teoretiske evaluering er baseret på både teoretiske og eksperimentalt opnåede sammenhæng om masseoverførsel i pakkede kolonner (filtre). Man udregner HTU (Height of Transfer Unit) og NTU (Number of Transfer Unit ved et kendt areal, A).

$$\text{Teoretisk scrubber størrelse } [\text{M}^3] := \text{HTU}[\text{m}] * \text{NTU} * \text{A}[\text{m}^2]$$

HTU er et mål for effektiviteten af masseoverførsel i systemet og er udregnet ud fra fyldmaterialets karakteristika, herunder det specifikke areal (m^2/m^3), en "packing factor" (m^3/m^3) NTU er et mål for ammoniakfjernelse ved det angivne mål: ved 70 % fjernelse er $\text{NTU}=1,2$ ved 95 % er $\text{NTU}=3$. Endelig anvendes flow for gas og væske til beregning af, om disse flow er egnede ved det valgte mål for fjernelse af ammoniak. Vejledninger for udregninger findes blandt andet i håndbøger (Sinnott, 1999).

Til beregning af kolonnehøjden anvendes en **sikkerhedsmargin** (faktor 1,5 -2) for at estimere den ikke ideelle situation. Dette gøres naturligvis for at sikre, at den målsatte ammoniakfjernelse kan opnås i praksis.

Faktisk scrubber størrelse [M3] := Teoretisk scrubber størrelse * sikkerhedsmargin

Men det er altså denne praksis med sikkerhedsmargin, som de hollandske eksperter, Melse og Ogink mener, kan føre til overdimensionerede filtre.

2.1.2 Rensning med effektivitet over 70 %, 90 % eller 95 %

Kemiske scrubbere har oftest en effektivitet over 70 % og bliver i Holland markedsført med oplysninger om mindst 90 eller 95 % ammoniak reduktion. Derfor kræves en test som er kendt som det hollandske "Groen Label måleprogram". Dette kræver ON-line måling af ammoniak gennem to runder ved én gård. For slagtesvin vil det sige to måleperioder af fire måneders varighed placeret i henholdsvis en sommer og en vinterperiode. For kyllinger tilsvarende to perioder på 35-40 dage. Lugtmålinger er ikke med som standard i det hidtidigt anvendte måleprogram i Holland. Luftrensning betegnes ikke som BAT pga. høje omkostninger i forhold til andre tilgængelige tekniske løsninger

I den nye måleprotokol, som er under udarbejdelse, vil man helt udelade den teoretiske vurdering af filtrene og altså udelukkende basere det på afprøvning i praksis!

2.2 Tyske afprøvningsprocedurer

Den tyske testprocedure er udviklet af DLG (DLG=Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) og gjaldt i første omgang kun for delstaten Cloppenburg. I flere delstater i Tyskland skal firmaer, som leverer luftrensningsanlæg til landbrug, fremover igennem den såkaldte "DLG-Signum test" (DLG, 2004), men proceduren er ikke indført over hele Tyskland.

Konstruktion og drift af biovaskere (Biowäscher) og biobed er nærmere beskrevet i de VDI-richtlinien 3477 og 3478. På trods af retningslinierne viser erfaringerne fra luftrensningsanlæggene i praksis, at man ofte ikke opnår de lovede rensningsgrader. Medarbejdere fra DLG-testcentrum peger på, at dette ofte hænger sammen med forkert dimensionering af luftrenseren, manglende kendskab til vedligeholdelse og utilstrækkelig overvågning af systemerne.

(www.dlg.org/de/druckversion.html?url=http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/testzentrum/hersteller/produkte/ablufreinigung.html.)

I DLG Signumtesten gennemføres et måleprogram på minimum to måneder under sommerbetingelser (min 20 % af ventilationsbehov - og to vintermåneder (min. 80 % af ventilationsbehov efter DIN18910).

Målingen gennemføres ved laboratorier, der er ISO 17025 akkrediteret. Der er et krav om minimum 70 % reduktion i støv og ammoniak. Lugtkoncentrationen må ikke være over 300 OU_E/m³ og "procestypiske lugte (svinelugt) må ikke kunne fornemmes. Tre firmaer har indtil videre bestået testen. Det er de to hollandske firmaer "Uniqfill" og "Dorset Milieuteknik" og det tyske "Hagola" (personlig medd. Haeuser, S fra DLG Test Centrum). Kun rapporten for Uniqfill er pt. offentliggjort (DLG, 2006: <http://www.dlg-test.de/pbdocs/5629.pdf>). Denne renser forhandles ikke på det danske mar-

ked. Inden testproceduren blev fastlagt helt og lagt ind som DLG-signumtest, blev der desuden gennemført test på Dr. Siemers tretrins luftvasker (fysisk, kemisk og biologisk), som således også er veldokumenteret. Denne luftrensers forhandles i dag af det tyske firma Schulz Systemtechnik. Det fremgår af firmaets hjemmeside, at de opfatter de gennemførte tests af systemet som en certificering (http://www.schulz-systemtechnik.com/Downloads/Agrar/DrSiemers_Abluftreinigung.pdf) Dette system forhandles heller ikke på det danske marked.

Tabel 2. Oversigt over omfang af emissionsmålinger i DLG-signumtest for luftrenserne.

Parameter	Antal målinger før renser	Antal målinger efter renser*	Hyppighed	Bemærkninger
Lugt-emission	3	3	En gang ugentligt i 2 måleperioder å 2 måneder henholdsvis sommer og vinter	Måling før og efter renser max.5 min efter hinanden Olfactometri efter DIN EN13725 Lugtkoncentration og Hedonisk tone
Ammoniakemission og temperatur	Kontinuerligt	Kontinuerligt	Hele måleperioden	Samtidige målinger (som beskrevet i KTBL schrift 401)
Støv emission	3	3	En gang ugentligt	Kun i sommerperioder min 80 % af max vent. Efter VDI 2066, Blatt1-7 (Konditionering og gravimetrisk målinger)
Lugtfane afstande i omgivelser			En gang ugentligt	Ved hver lugtmåling.

*ved diffuse kilder som biobede tages prøver to forskellige steder på flade -3 målinger før og efter renser hvert sted.

2.2.1 Øvrige parametre

Elforbrug. Det øgede energiforbrug for ventilatorer bestemmes ud fra trykdifferensmålinger. Luftrenserens forbrug bestemmes ud fra målinger med kalibreret strømmåler.

Vandforbrug (vandur + impulsmåler, kontinuert)

Kvælstofbalance (ammonium, nitrat, nitrit)

aerosoludslip

pH værdi (kontinuert)

Vandindhold i biofiltermateriale

Kemikalieforbrug

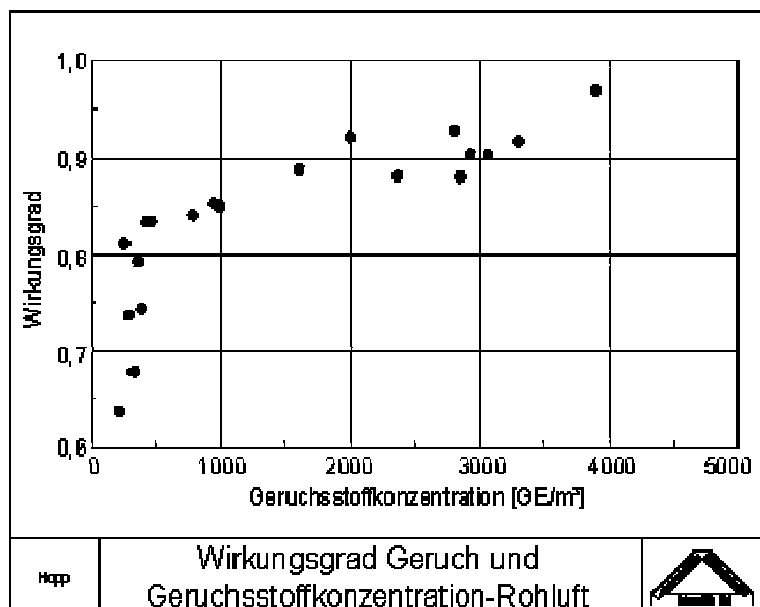
Additiv forbrug.

Ud over DLGs testprogram gennemføres der undersøgelser af luftrensning ved en række universiteter og private testcentre, for eksempel TÜV. Et eksempel på en TÜV-test er undersøgelsen af biofilter med halm+flis, som var test med undersøgelse af færre parametre, men til gengæld gennemført i praksis ved flere besætninger (TÜV, 2001).

2.2.2 Vurdering af effektivitet for lugtfjernelse

2.2.2.1 Koncentration

Både tyske, hollandske og danske test peger på vigtigheden af at teste luftrensere ved forskellige belastninger/årstider. Et typisk forløb af kurve over rensningsgrad som funktion af belastning er vist i figur 1.



Figur 1. Virkningsgrad (wirkungsgrad) ved biologisk filter som funktion af lugtkoncentration (Geruchsstoffkonzentration) (kilde VDI, 1996) GE= lugtenheder.

Variationen mellem stalde/staldsystemer i lugtemission er meget stor, og derfor kan test af en luftvasker ved en stald vise relativt små reduktioner, hvis den testes ved en stald med relativ lav emission. Det, der har størst betydning for naboerne og miljøet, er imidlertid, hvor stor emissionen er. Når det drejer sig om lugt, hvorvidt lugtkoncentrationen er under et vist niveau, og om lugtkarakteren er ændret til mindre generende lugt. Derfor anvendes DLG-test et krav om, at lugtkoncentrationen maks. må være 300 OU_E kombineret med, at lugten ikke må have samme karakter som rågassen (for eksempel svinelugt). I nogle undersøgelser af luftvaskere sammenlignes den hedoniske karakter ved forskellige koncentrationer.

3 Praktisk afprøvning af kemisk luftreenser ved fjerkræstald

Den efterfølgende beskrivelse af afprøvningen efter den foreslåede procedure er en indledende pilotafprøvning, der først og fremmest har til formål at levere resultater fra ON-linemåling med henblik på indkøring af systemet. Desuden er der foretaget sammenlignende målinger af ammoniaksensorer (kemisk og fotoakustisk).

3.1 Funktionel beskrivelse af teknik

Renseenheden kan anvendes til reduktion af miljøbelastningen ved både svine- og fjerkræproduktion og markedsføres under navnet Farm AirClean – kemisk løsning (Skov Info, januar 2006). Renseenheden er en kemisk luftreenser der har til formål at rense luften for ammoniak.

Der er tale om en decentral kemisk luftvasker, der bygges ind i staldens eksisterende skorstene til luftudtag. Hver enkelt luftvasker kan herefter indstilles, så rensningen er tilpasset det specifikke behov i stalden. Med den nye luftvasker ved den enkelte skorsten fås en styring med faste indstillinger, som producenten ikke skal stille på i den daglige drift. Styringen integrerer signaler fra både renevæske og ventilatorydelse.

Producenten har udviklet et modul, der kan overvåge rensningen på hver skorsten på en lokal eller internetopkoblet pc eller på en PDA. Denne enhed er dog ikke integreret i pilotopstillingen og derfor heller ikke testet på nogen måde. Mængden af tilbageholdt kvælstof pr. skorsten og mængden pr. år til dato kan ses på en pc, og dermed om målene med rensningen bliver nået. Desuden kan der ses data om syreforbrug, driftstid med videre. Tallene kan om nødvendigt fungere som en udførlig dokumentation for, at myndighedernes krav bliver overholdt.

3.1.1 Opbygning af luftvasker

Luftvaskeren er opbygget af en spiralformet stok med dyser, som overbruser afkastluften i skorstenen med sur væske. Når luften overbruses med den sure væske, bindes ammoniakken i væsken, som bliver opsamlet i et vindelformet rendesystem i bunden af skorstenen. Væsken opsamles og recirkuleres separat i en miksertank for hver luftvasker. Farm AirClean – kemisk løsning – markedsføres blandt andet på, at der er behov for minimal vedligeholdelse, idet delene skulle være lette at skille ad og rengøre, da det er et krav for at kunne anvendes i fjerkræstalde. Dette er endnu ikke undersøgt i praksis.



Figur 2. Farm Airclean fra SKOV A/S – kemisk renser i pilotapplikation ved fjerkræstald.

3.2 Afprøvningsmetoder

3.2.1 Ammoniakmålinger

Ammoniak koncentrationen i henholdsvis den urensede og rensede luft blev opsamlet kontinuert for både indgangs- og udgangsluft, hvorefter rensningsgraden for ammoniak kunne beregnes. Målingerne blev foretaget med både Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412 og VengSystem via Dräger polytron sensor (måling af udeluft hver anden gang og forvarmning af luft til 34 grader Celsius).

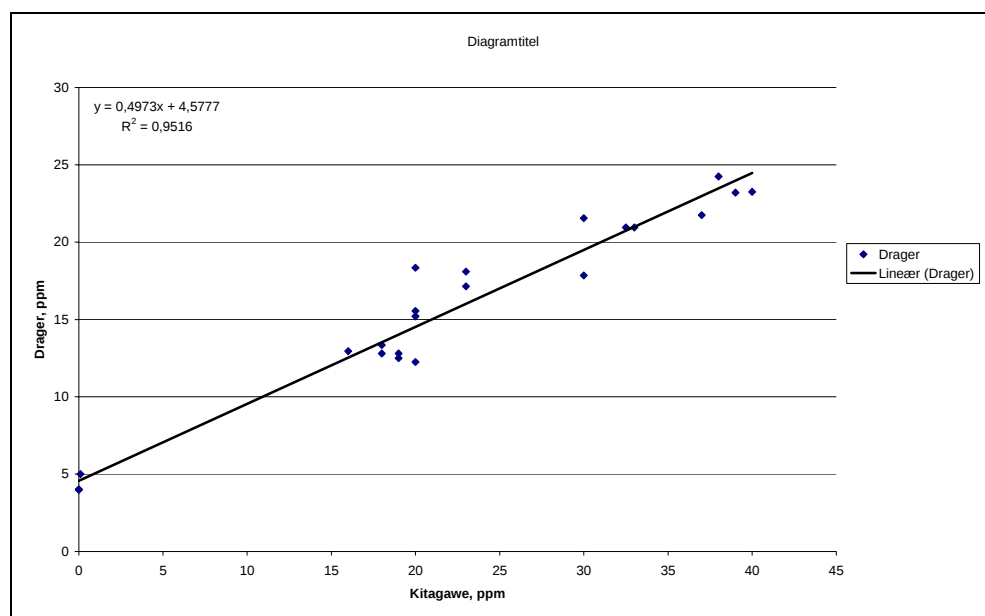


Figur 4. Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412. opstillet i Dansk Landbrugsrådgivnings målevogn ved renser.



Figur 5. Dräger polytron NH3sensor + CO2sensor opstillet i VE18 sampler.

Ammoniakkmålingerne fra VengSystemet er korrigeret i forhold til sammenhængen mellem Dräger polytron sensor og målinger foretaget med Kitagawa rør som vist i figur 6.

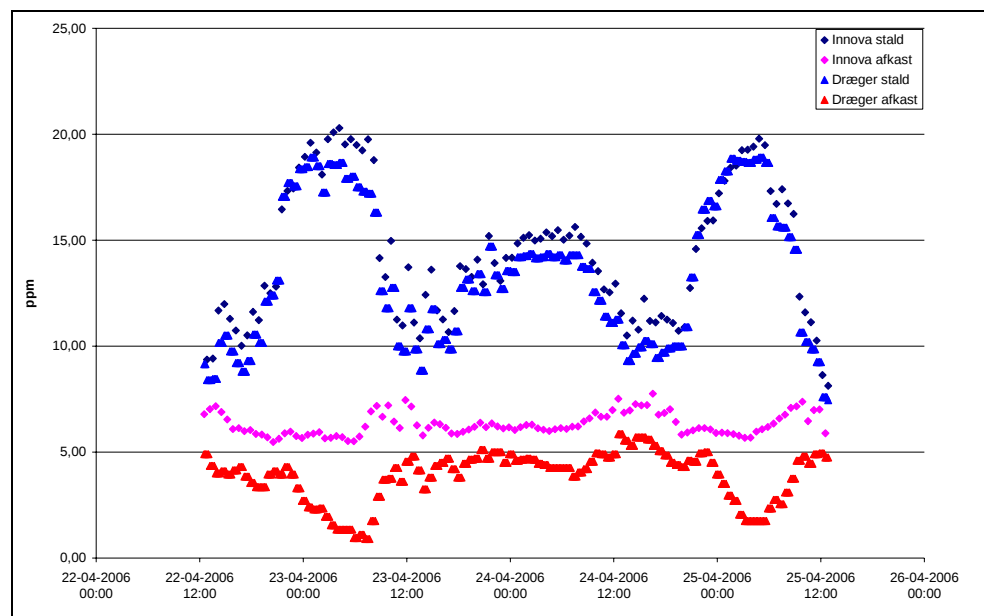


Figur 6. Sammenhængen mellem målinger foretaget med Dräger polytron sensor og målinger foretaget med Kitagawa rør. Dräger sensor er kalibreret til at vise 5,0 ved 0 ppm.

Endvidere er der foretaget sammenligning mellem Dräger polytron sensor og Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412.

Over en fire dages periode er sammenhængen mellem Dräger polytron sensor og Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412 blevet analyseret i henholdsvis afkastluften fra stalden og afkastluften fra luftrenseren. Datamateria-

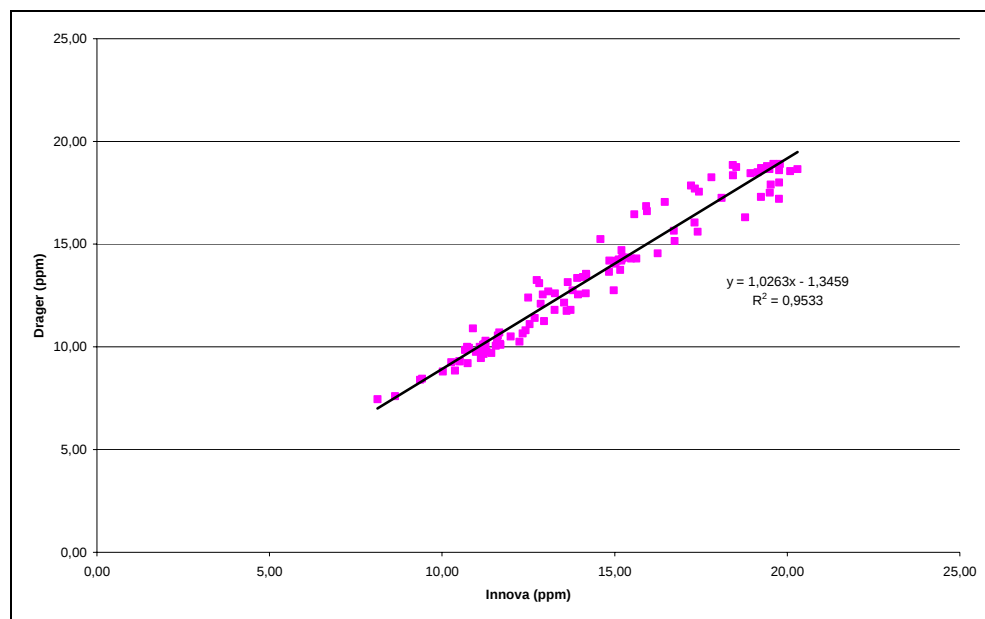
let har dermed dækket dels høje koncentrationer fra stalden (i størrelsesorden 7,5 – 20,3 ppm) og dels lave koncentrationer fra afkastluften fra luftrenseren (omkring 5 ppm). Som det fremgår af datamaterialet fremstillet i figur 7 er der god overensstemmelse mellem de to sensorer i ved de høje koncentrationer, mens der er store forskelle ved lave koncentrationer.



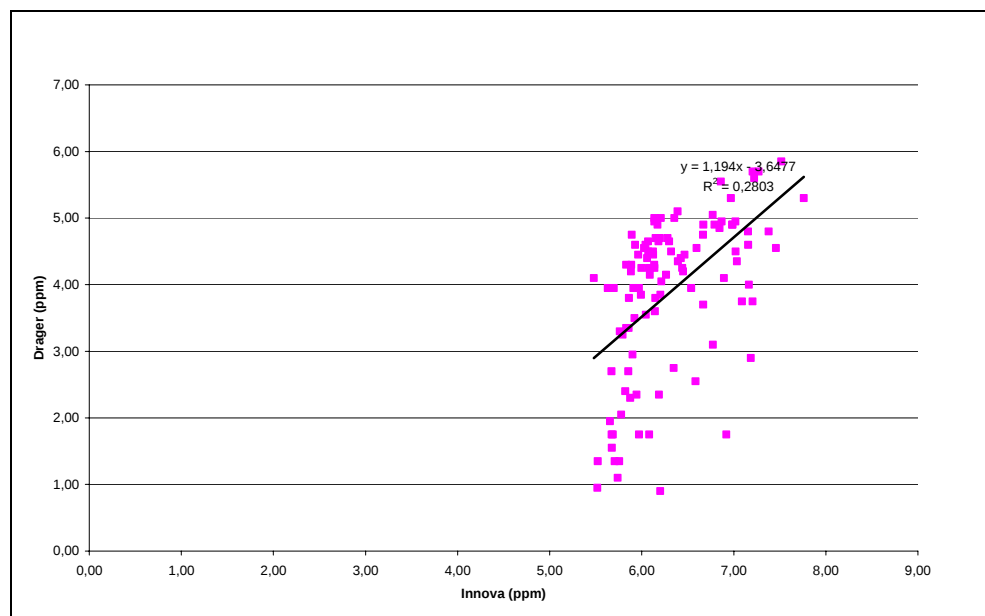
Figur 7. Sammenlignende målinger af ammoniakmålinger med Dräger polytron sensor og Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412. Målinger er målt over en fire dages periode i henholdsvis afkastluft fra stalden og i afkastet fra luftrenseren.

Sammenhængen mellem målingerne ved høje og lave koncentrationer er yderligere skitseret i figur 8 og 9, hvor data fra Dräger polytron sensoren er skitseret som funktion af Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412. I figur 8 er den gode sammenhæng mellem sensorerne ved høje koncentrationer illustreret, mens den dårligere sammenhæng ved lave koncentrationer er illustreret i figur 9.

Understøttet det konstante niveau, der ses ved Innova sensoren, er der en stærk formodning om, at validiteten af data ved lave koncentrationer er størst ved Innovasensor målingerne. Det fotoakustiske måleudstyr fra Innova (tidl. Brüel og Kjær) har udbredt anvendelse ved forsøgsinstitutioner og universiteter i Europa og er veldokumenteret. Dette udstyr er derfor pt. nok det nærmeste man kommer på "standardiseret" udstyr til gasmålinger ved landbrug (Brehme, 2003).



Figur 8. Data fra Dräger polytron sensoren er skitseret som funktion af Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412 ved høje koncentrationer (7,5 – 20,3 ppm).



Figur 9. Data fra Dräger polytron sensoren er skitseret som funktion af Innova Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412 ved lave koncentrationer (omkring 5 ppm).

3.2.2 Lugtmålinger – beskrivelse af metoder

For de forskellige indstillinger af pH-setpunkt blev der opsamlet luftprøver til lugtanalyse i 30 liter TeflonTM poser. Der blev foretaget en enkelt måling før og efter HelixX, så der er selvsagt ingen statistisk sikkerhed på målingen.

Prøverne blev pr. post sendt til Eurofins til lugtanalyse den efterfølgende dag. Lugtkoncentration blev bestemt ved olfaktometermetoden efter CEN-norm (CEN/TC264/WG2/N222/e – analyseforskrift 66009-ANF-012 – udgave 05). Opsamlingen af luft i poser blev ligeledes foretaget efter CEN-norm (CEN/TC264/WG2/N222/e – analyseforskrift 66009-ANF-016 – udgave 03).

3.2.2.1 Enkeltstofprøver

Med henblik på et mere detaljeret indtryk af luftrenserens evne til at fjerne specifikke kemiske forbindelser, der bidrager til lugt (efterfølgende benævnt lugtstoffer), blev der udover olfaktometri anvendt analyser på enkeltstof niveau. Enkeltstofferne blev opsamlet på adsorptionsrør pakket med en kombination af Tenax TA™ og Carbograph 2TD™, og efterfølgende analyseret ved hjælp af termisk desorption kombineret med GC/MS.

Målinger af lugtstoffer med GC/MS blev foretaget af Teknologisk Institut.

3.2.3 Analyser af opsamlet vand fra luftrenser

Det opsamlede vand fra renseren blev opsamlet og analyseret for total kvælstof, total fosfor, ammonium-N + ammoniak-N og COD hos Eurofins Miljø A/S.

3.3 Resultater

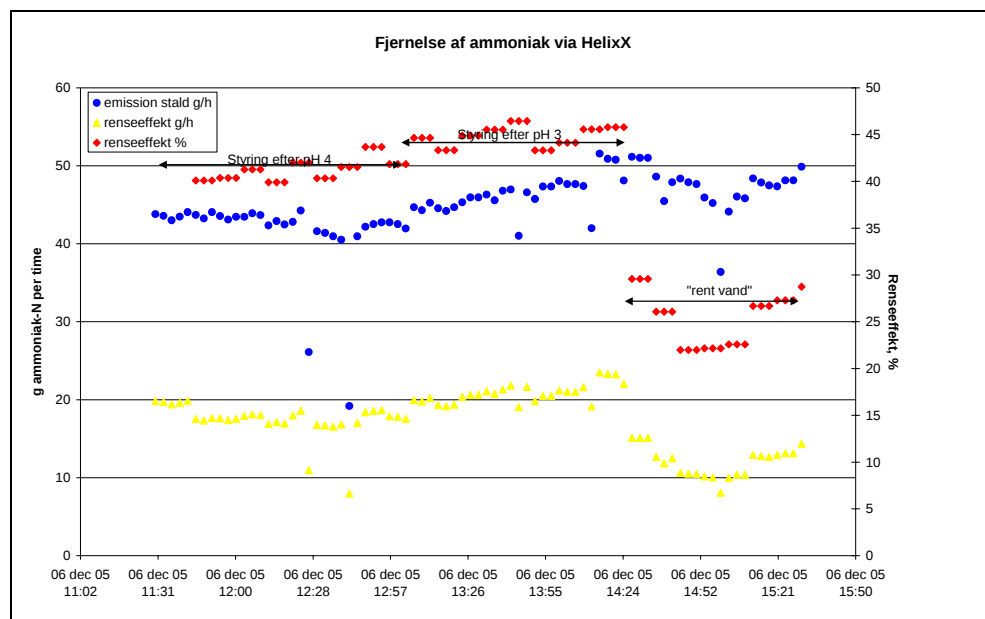
3.3.1 Ammoniakreduktion

Der er gennemført undersøgelser over en periode på ca. måned i december 2005. Undersøgelserne blev foretaget ved hjælp af kontinuerlige ammoniak og kuldioxidmålinger med VE 18 Multisensor fra VengSystem samt målinger med håndholdt Kitagawarør på samme måde som beskrevet ovenfor. Der er desuden gennemført sammenlignende målinger med fotoakustisk sensor (Innova), som forventes at være mere nøjagtig i de lave koncentrationer efter renseren.

Renseprocenterne for ammoniak lå gennemsnitligt på 53 % for pH-setpunkt 4 og 56 % for pH-setpunkt 3, og altså uden nævneværdig variation mellem de to pH-værdier, hvor der var syretilsætning (figur 7). Det skal bemærkes, at ammoniakemission var stigende i løbet af dagen.

Forsøget med rent vand gav forventeligt en noget ringere rensning (gennemsnitlig 31 %).

Det har ikke været muligt at lave en fornuftig relation mellem de pH-værdier, vi aflæste, og ammoniakfjernelse, da de varierede for meget.



Figur 10. Ammoniak emissionen fra afkastet under et dags-forsøg sammenholdt med den mængde- og procentmæssige fjernelse.

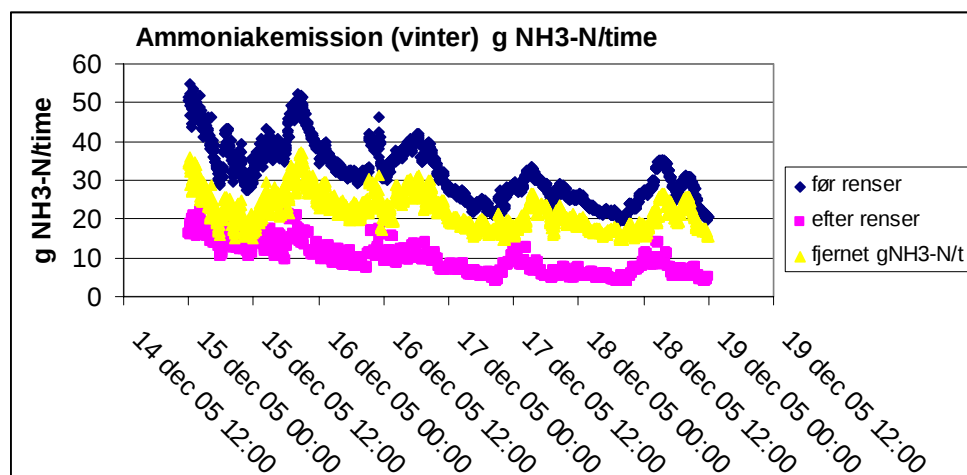
For at få et indtryk af betydningen af pH i rens vandet, blev der ligeledes lavet forsøg med forskellige pH set-værdier i juni 2006. Den gennemsnitlige rens-effekt for ammoniak ved pH 3, 4 og 5 blev beregnet på data registreret over en uge. Analysen viste ikke overraskende den højeste rens effekt ved de lave pH værdier og faldende ved forøget pH. Effekten ved de respektive pH-værdier fremgår af tabel 3.

Tabel 3. De gennemsnitlige rens effekter for ammoniak ved pH i rens vandet på henholdsvis 3, 4 og 5.

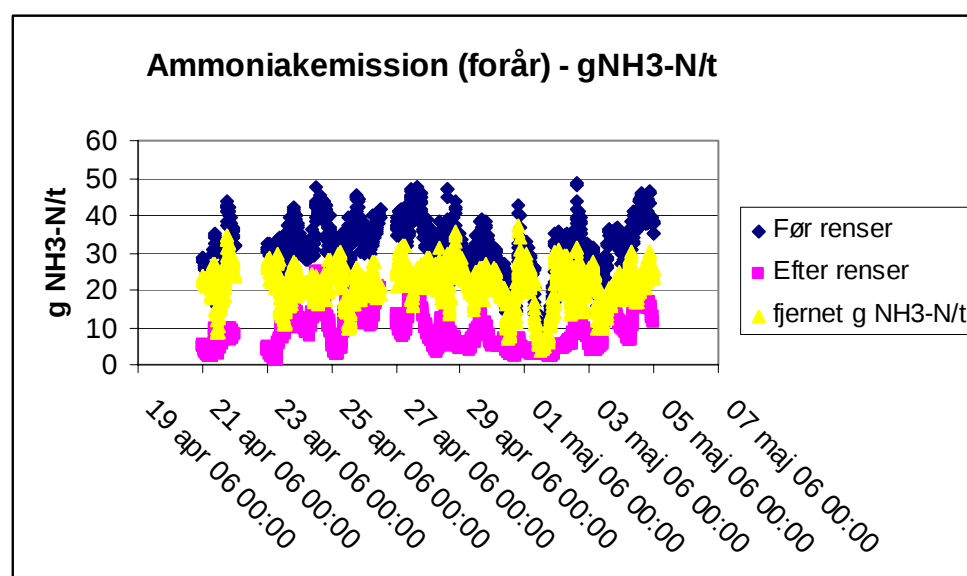
	Gennemsnitlig rens effekt (95 % CL fr middel)	Minimum – maksimum
pH 3	59 (58,5; 60,1)	38 – 82
pH 4	56 (55,3; 56,9)	30 – 56
pH 5	40 (39,8; 41,6)	-6, – 68,

Optimum for ammoniakrensning har vist at være ved pH 3-4, hvorimod der viser sig et markant fald i rensningsgraden ved højere pH. Dette er forventeligt, da tilsætningen af svovlsyrer resulterer i en øget koncentration af frie protoner (H^+), der forsurer væsken. Så snart protoner reagerer med ammoniak til ammonium, vil pH værdien stige. Ved øget pH vil færre protoner være fri til reaktion med ammoniak og dermed vil rensningsgraden være faldende. Des mindre tilsætning af svovlsyre, des højere pH og følgende lavere rensningsgrad.

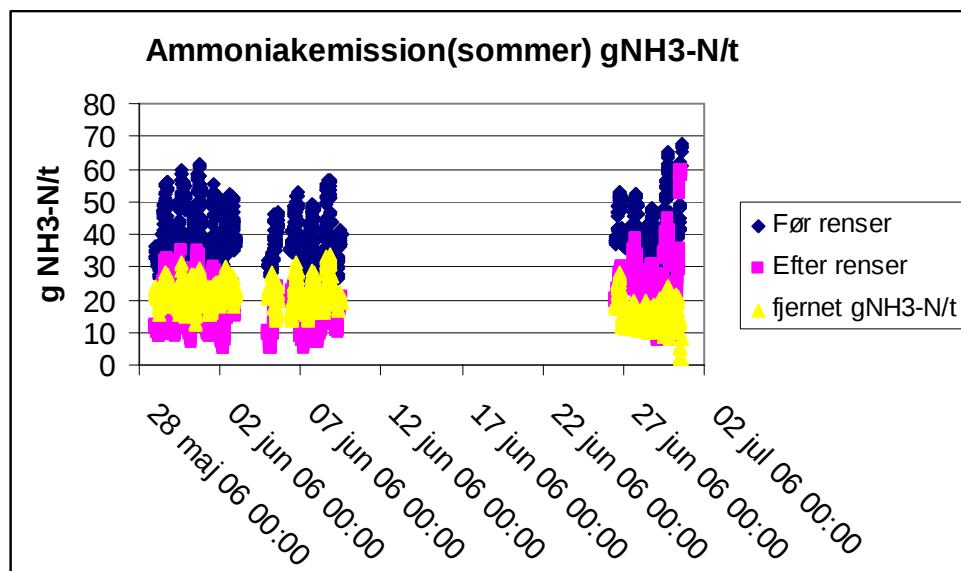
Der er foretaget ammoniakmålinger henholdsvis i en vinter, forårs og sommerperiode.



Figur 11. Udsnit af vinterperiode.



Figur 12. Udsnit af forårsperiode.



Figur 13. Sommerperiode.

Den gennemsnitlige renseeffekt for ammoniak i henholdsvis vinter-, forår- og sommerperioden blev beregnet på data registreret over en uge ved pH 3 i de respektive perioder. Analysen viste den højeste renseeffekt om vinteren med faldende effekt hen mod sommerperioden. Effekten i de respektive perioder fremgår af nedenstående tabel 4.

Tabel 4. De gennemsnitlige renseeffekter for ammoniak i henholdsvis vinter-, forår - og sommerperioden.

	Gennemsnitlig renseeffekt (95 % CL for middel)	Minimum – maksimum
Vinter	72,7 (72,6; 72,9)	36,4 – 91,3
Forår	69,8 (69,5; 70,1)	28,8 – 94,8
Sommer	59,1 (58,4; 59,7)	38,4 - 82,8

Som det ligeledes fremgik af undersøgelsen, var der imidlertid en væsentlig forøget koncentration af blandt andet ammonium i det anvendte rensevand i sommerperioden (jvf tabel 5), hvilket formodes at reducere renseeffekten betydeligt. Der kan således ikke udledes en sikker årstidsvariation på de anvendte analyser.

3.3.2 Lugtreduktion

Der blev ikke fundet statistisk sikker lugtreduktion. Da der ikke var lugtreduktion efter fire måledage, blev der ikke gennemført yderligere målinger. Lugtkoncentrationen om sommeren lå meget lav, under 300 OU_E både før og efter filter. På én måledag om vinteren, hvor lugtkoncentrationen lå på 400-550 OU_E, var der dog reduktioner i størrelsesordenen 19-31 %. På denne dag blev der kun foretaget tre gentagelser, så der er ikke statistisk sikkerhed i dette. Se i øvrigt bilag A om antal målinger af lugt ved svinestalde.

3.3.3 Analyser af opsamlet vand fra luftrenser

Tabel 5. Koncentrationer af en række udvalgte stoffer i rejektvandet.

	Vintermåling	Sommermåned		
pH set-pkt. for Farm Airclean	pH 4	pH 3	pH 4	pH 5
Analyse				
pH		3,2	3,6	5

Total-N, mg/l	920	27000	19000	17000
Ammoniam + ammoniak-N, mg/l	870	26000	18000	16000
Nitrat-N + Nitrit-N		0,911	0,932	2,133
Total-P, mg/l	6,2	280	180	200
CAD (Cr), mg/l	130	7600	14000	6100
Renseeffekt, middel %, Dråger	72,71	59,34	56,1	40,73

I tabel 6 ses en markant opkoncentrering af total-N i rejektivandet, hvilket giver en mindre gradient fra koncentrationen af ammoniak i luften til koncentrationen af ammoniak i væsken. Dette resulterer naturligt i en lavere rensningsgrad. Der er behov for en optimering på forbruget af vand for at forhindre så stor variation på næringsstofkoncentrationen og således opnå højere rensningsgrad.

Enkeltstofprøver

For at få et indtryk af hvilke lugtstoffer, der findes i afkastluft fra fjerkræstalde, samt hvilke der tilbageholdes i rensenheden, blev en række kemiske forbindelser analyseret. Målingerne er resultat af en enkelt måledag.

Tabel 6. Koncentrationer af lugtstoffer i henholdsvis stald og afkastluft i 3 på hinanden følgende tidspunkter. Ved pH setpunktet 3.

	Stald, 9:55	Afkast, 9:54	Stald, 11:06	Afkast, 11:06	Stald, 12:20	Afkast 12:20
Stof	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Eddikesyre	125,7	832,0	26,3	63,9	28,5	48,0
Pentansyre	0,9	9,0	0,2	0,9	0,5	0,9
Indol	-	-	0,3		0,4	0,2
Phenol	20,7	36,7	5,1	7,2	4,7	5,0
4-Methylphenol	2,1	1,1	2,2	1,9	2,8	1,8
1-Butanol	49,7	7,7	18,3	7,2	17,0	9,0
Hexanal	13,7	23,0	7,7	10,9	14,8	17,2
3-Methyl Butanal	4,7	5,0	2,8	3,9	4,2	4,3
Nonanal	14,0	6,0	4,9	0,9	10,5	3,2
Dimethylsulfid	5,7	1,3	0,8	0,5	1,4	0,8
Dimethyldisulfid	4,3	4,3	2,8	3,0	3,8	3,3
2,3-Butandion	21,7	14,0	14,6	20,7	19,5	21,7

Data viser, at der er en beskeden reduktion af nogle få stoffer, mens det generelle billede er, at der sker en forøgelse af koncentrationen af blandt andet de kortkædede syrer efter renseren (tabel 6). Dette er en erfaring, der tidligere er set i forbindelse med test af et andet pilotanlæg ved fjerkræstald (Oxbøl et al. 2005).

3.4 Driftsøkonomi

Til grund for beregningerne for driftsomkostninger ligger følgende priser:

Tabel 7. Driftsomkostninger ved pH-setpunktet 3.

Forudsætninger for driftsomkost- ninger	Enhedspris i kr.	Forbrug	kr. / kg fjernet N	/kg fjernet N
Vand (m ³)	3,25	6,3 l/t	0,9	0,1
Syre (kg)	2,2	57 ml/t	10,5	1,4
Additiv (kg)	15,8	59 ml/t	42,4	5,4
EI (kWh)	0,62	74 kwh	32,6	4,2
I alt			86,4	11,1

Brugen af additiv ses afgørende for den samlede pris i ovenstående tilfælde. Ekskl. forbrug af additiv findes en driftsøkonomi til 5,7 /kg fjernet N, hvilket betyder at et minimalt forbrug af additiv er afgørende for driftsøkonomien.

Luftrenseren er en demonstrationsenhed, og der er fra SKOV A/S's side ikke fastsat en endelig pris, så der er alene tale om driftsudgifter.

3.5 Konklusion på afprøvningen

Der ses en rensningsgrad for ammoniak på 40,7 - 72,7 % varierende med årstid og pH-setpunkt.

Optimum for ammoniakrensning har vist at være ved pH 3-4, hvorimod der viser sig et markant fald i rensningsgraden ved højere pH. Dette er forventeligt, da tilsætningen af svovlsyre resulterer i en øget koncentration af frie protoner (H^+), der forsure væsken. Så snart protoner reagerer med ammoniak til ammonium, vil pH værdien stige. Ved øget pH vil færre protoner være fri til reaktion med ammoniak og dermed vil rensningsgraden være faldende. Des mindre tilsætning af svovlsyre, des højere pH og følgende lavere rensningsgrad.

At rensningsgraden ses påfaldende højere i vinter- og forårsperioden i forhold til i sommerperioden ved samme pH-værdi (pH 3) i alle tre perioder, skyldes sandsynligvis opkoncentreringen i skyllevæsken/rejektvandet. Under afprøvningen skete der en markant opkoncentrering af N i rejektvandet, hvilket giver en mindre gradient fra koncentrationen af ammoniak i luften til koncentrationen af ammoniak i væsken (se tabel 5). Dette resulterer naturligt i en lavere rensningsgrad. Der er basis for en optimering på forbruget af vand for at forhindre så stor variation på næringsstofkoncentrationen.

Målingerne af lugt blev kun foretaget i begrænset omfang og tilgodeser ikke de vejledninger, der blev anført i afsnit omkring nødvendig målehyppighed. Der blev kun foretaget lugtmålinger én dag i vinterhalvåret og tre dage i sommerhalvåret. Med en analyseusikkerhed på $\pm 37\%$ til $\pm 59\%$ er dette ikke tilstrækkeligt. Ved de tre dages målinger i sommerhalvåret kunne der ikke registreres en lugtreduktion, og der var således ingen grund til at fortsætte målingerne. Enkelte lugtstoffer reduceres beskedent efter passage gennem luftrenseren, mens andre faktisk øges i koncentration.

I undersøgelsen med pH-setpunktet 3 (sommerperiode) findes en driftsøkonomi ekskl. forbrug af additiv til 5,7 /kg fjernet N og inkl. forbrug af additiv til 11,1 /kg fjernet N. SKOV A/S oplyser, at additivet primært er tilsat for at forhindre tilstopning af støv og dun/fjer. Da tilsætningen af additivet er afgørende for den samlede pris, er optimeringen af forbruget essentielt, og en parameter, der bør optimeres. I vinterperioden, hvor ammoniakrensningsgraden er større, vil driftsøkonomien alt andet lige være bedre og beløbet pr. kg fjernet N mindre end opgivet under sommerperioden. Højere ammoniakrensningsgrad vil således give en bedre driftsøkonomi opgivet i kr. pr. kg fjernet N.

På baggrund af denne undersøgelse, der blev gennemført i pilotopstilling, er det ikke muligt at afgøre, hvor god driftsikkerheden er i anlægget "Farm Airclean – kemisk renser". I perioder var der problemer med spild af syreholdigt vand fra enheden. Det vil være nødvendigt at optimere og sikre enheden mod dette af hensyn til risikoen for arbejdsulykker og dyrenes sikkerhed.

3.6 Muligheder for supplerende målinger ved luftrensere

- Vurdering af ændret lugt karakter

Lugtpanelers opfattelse af lugtens genegrad er blandt andet undersøgt i tysk-land i forbindelse med målinger ved et barkflis biofilter, der var installeret ved svineproduktion (Hahne, 2006). I undersøgelsen skulle de 83 panellister vur-dere både ventilationsluft fra svinestalden og den behandlede luft efter biofil-teret. Resultaterne viste, at over 70 % vurderede luften fra stalden som inten-siv eller meget intensiv (stærk). Lugten fra den kemiske scrubber blev af fler-tallet karakteriseret som moderat, mens lugten fra luft, der var behandlet i det biologiske filter, blev karakteriseret som svag eller næsten ikke til at opfatte ("kaum vernehmbar"), altså meget svag. Ved vurdering af lugtkarakteren (he-donic tone) viste det sig, at rågassen føltes ubehagelig eller meget ubehagelig af over 90 % af panelisterne. Også udslip fra den kemiske scrubber blev be-tegnet som ubehagelig af næsten 70 %, mens biofilter luften blev betegnet som neutral eller ligefrem behagelig af over 90 %.

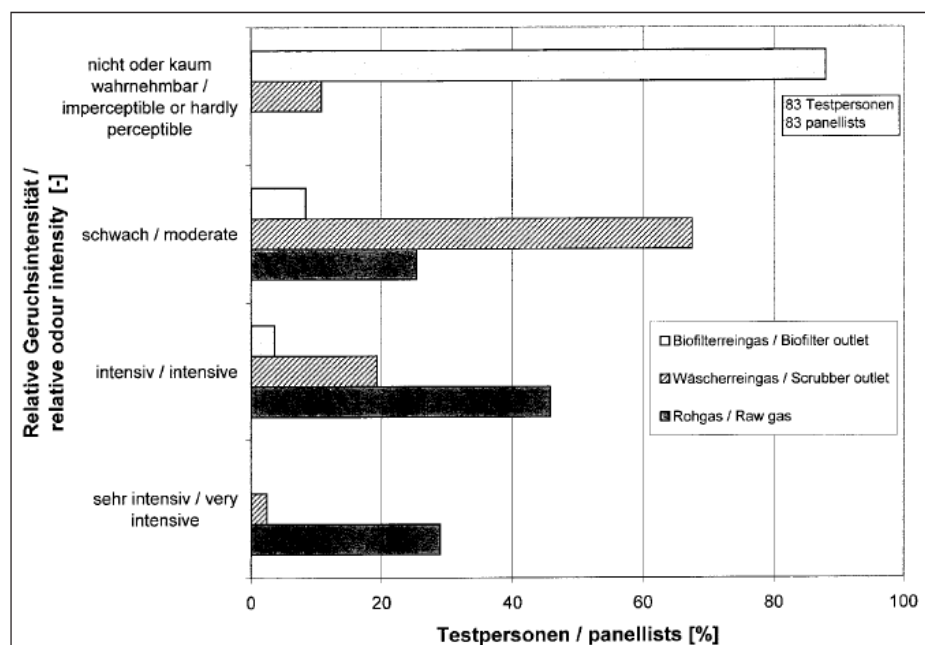
Samtidige undersøgelser af lugtkoncentrationen viste 1319 OUE i den urense-de luft, mens der blev målt 576 OUE efter scrubber og 360 OUE efter biofilter. Gentagelse af forsøget efter 2 år med 152 panelister ved samme filtre viste lignende resultater for rågas (fra stald), mens resultaterne for scrubberen og biofilteret viste dårligere resultater, idet panelet vurderede scrubberlugten som intensiv (22,4 %) eller moderat (33,6 %) mens kun ca. 25 % af panelister vur-derede den som meget svag (26,6 %). For biofilteret fandt kun 23,7 % nu fil-teret som svag/meget svag, mens størstedelen beskrev filterluften som "mode-rat" 59,2 %. En forklaring kan være, at biofilteret havde været i brug i 5 år uden udskiftning af materialet.

Der blev ligeledes gennemført en undersøgelse af et biotricling-filter (bio-vasker), idet man ombyggede en syrescrubber, så sidste trin anvendte rent vand. Igen fandt over 90 % af panelister, at den urensede luft fra stalden var intensiv eller meget intensiv og angav ubehagelig eller meget ubehagelig som karakter, mens færre betegnede luften fra biovaskeren som intensiv (42,1 %) eller moderat (52,6). Kun 2,3 % betegnede filterlugten som svag, og hvad den hedoniske karakter angår, fandt størstedelen, at lugten stadig var "ubehagelig" (60,2 %) Derimod betegnede 22,6 % lugten som neutral og 10,5 % som beha-gelig, mens et lille mindretal på 3,8 % oplevede lugten som meget ubehagelig.

Der er altså stor forskel på opfattelse af lugten før og efter renser, når det un-dersøges ved staldanlægget. Der er dog stor risiko for, at dette alene skyldes, at ammoniak er reduceret væsentligt gennem renseren Intensitet og hedonic tone burde være sammenlignet ved forskellige lugtkoncentratio-ner/fortyndingsgrader helt ned til de koncentrationer, som vil forekomme efter luftens transport til naboerne. Det vil således være langt bedre at gennemføre vurderinger af lugtens intensitet og hedonisk tone ved forskellige fortyndinger i laboratoriet som led i, at man bestemmer koncentrationen af lugten – blot ved at fortsætte undersøgelsen ved højere og højere koncentrationer (efter at man har bestemt detektionsgrænsen). Dette er dog en meget dyr metode, idet man skal have et stort antal panelister, og det begrænser antallet af prøver, som panelet kan vurdere på en dag. (VDI retningslinier for bedømmelse af lugtkarakter). Derfor bør det undersøges, om den af Hahne beskrevne metode (Hahne, 2006) kan anvendes som et brugbart supplement til olfactometri efter biologiske filtre, og om der er sammenhæng mellem in situ og laboratorievur-deringer.

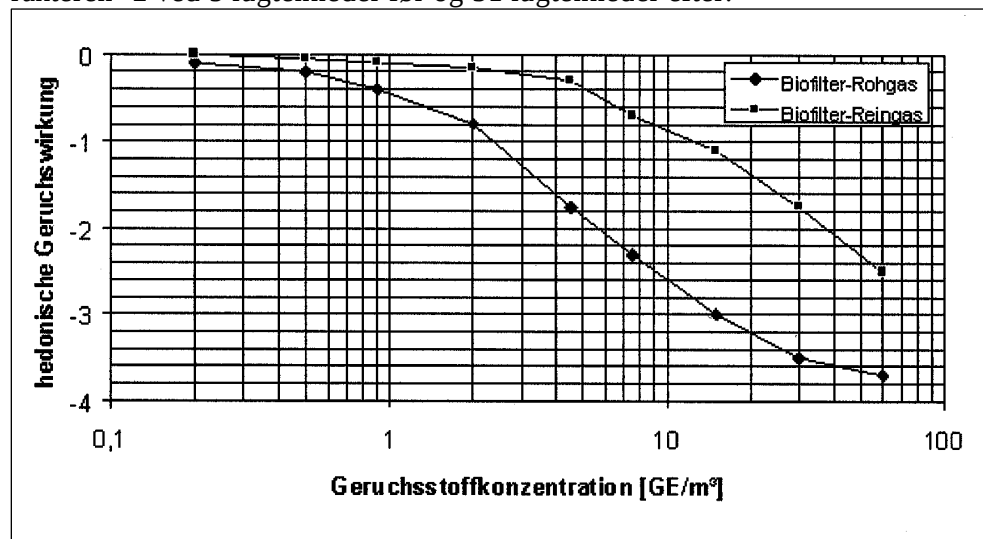
Omtalte eksperimenter er blevet gennemført ved selve renseren, og det vil således eventuelt være påvirket af andre indtryk. Mange afviser sådanne me-toder som "for subjektive" og vil kun acceptere koncentration som et mål for

lugt og renseeffektivitet. Men man må huske på, at en efterfølgende løbende vurdering af effektiviteten og eventuelle genevurderinger ved klager netop oftest er baseret på en helhedsvurdering af lugtopfattelsen ved et besøg. Derfor kan vi ikke nøjes med en måling af koncentration.



Figur 14. Vurdering af lugtintensitet af rensat og urensat luft fra stald med kemisk og biologisk rensning (to-trins rensning) Andel af testpersoner der opgiver lugtintensitet som enten "svag" "intensiv" eller "meget intensiv" henholdsvis før og efter hvert rensetrin. (Kilde: Hahne, 2006).

I en anden undersøgelse af lugt før og efter et biofilter fandt Korthuis og Van Os en meget stor forskel på acceptbarheden (behagelig/ubehagelig ~hedonic tone). Bemærk at panelisterne fandt lugten lige ubehagelig, for eksempel karakteren -2 ved 5 lugtenheder før og 31 lugtenheder efter.



Figur 15. Acceptbarhed (hedonisk tone) som funktion af lugtkoncentration. Forskellige kurveforløb for rohgass (staldluft) og reingas (renset luft – efter filter). (Korthuis og Van Os, 1996).

Kemiske målemetoder

Alternativt kan oplysningerne suppleres med målinger af kemiske stoffer i luften. Men der mangler stadig sikre korrelationer til vurderinger, så man kan

danne sig et indtryk af, hvor stor betydning det har, at en række stoffer er reduceret med for eksempel 90 %, mens andre kun er reduceret med 40 %.

For yderligere information omkring kemiske målinger henvises til VMPIII forskningsrapport (endnu ikke publiceret).

3.6.1 Måling af mikroorganismer i staldluft

Undersøgelser af luftens indhold af mikroorganismer er i dag ikke standard i europæiske afprøvningsprocedurer i dag. Men hollandske undersøgelser tyder på, at det på sigt vil være hensigtsmæssigt at inkludere dette i listen over parametre, som inddrages for at give en fuldstændig vurdering af rensesystemets effektivitet. Der mangler dog forskning, som kan afklare den praktiske betydning af reduceret bakterieindhold i luft. I en undersøgelse af bakterier og sporer i luften, før og efter henholdsvis en biologisk og en kemisk luftrenser, viste, at antallet af bakterier efter biovaskeren var øget med 165 %. I luftvaskeren med syre reduceredes antallet med 64 %. I en lille pilot-luftvasker gav tilsætning af per-eddikesyre den bedste effekt over for bakterier med en 100 % reduktion målt på *E. Feacalis* (Arnink et. al 2005).

4 Diskussion og anbefalinger

Reviews og samtaler med testinstitutioner for luftrensning i de to førende lande om luftrensning (Tyskland og Holland) viser, at der er forskel på testprocedurer i de enkelte lande, og at testresultater fra for eksempel Danmark pt. ikke er accepterede på andre markeder end det danske.

Firmaer skal derfor igennem tests i hvert enkelt land for at komme ind på markedet med en ny luftrenser eller anden teknologi. Dette forsinker udbredelsen af den bedste teknik. Standardisering af afprøvningsprocedurer for luftrensning giver derfor faktisk kun mening, hvis arbejdet koordineres internationalt, idet flere af produkterne på det danske marked i dag er udenlandske og danske firmaer er på vej ind på de udenlandske markeder.

I løbet af dette projekt har Landscentret blandt andet rettet henvendelse til DLG-testcentrum (Personlig medd. Dr. Grammatte, 2006) og fået bekræftet forlydender om, at Holland og Tyskland også ser dette behov for standardisering og gerne inviterer Danmark til at deltage i dette arbejde. Vi mener, at det er vigtigt, at de institutioner, som i hidtil har deltaget i danske afprøvninger af luftrensning, deltager i arbejdet med henblik på at få danske erfaringer med og sikre videndeling mellem landene. Hvis Holland, Tyskland og Danmark er enige om en procedure, vil man kunne udbrede denne i forskellige netværk, for eksempel det europæiske netværk ENTAM (<http://www.entam.com>), hvor en lang række forskningsinstitutioner, herunder Danmarks JordbrugsForskning, er medlem.

De hidtidige danske og hollandske undersøgelser af luftrensningsanlæg omfatter færre parametre end tilsvarende tests i Tyskland og Holland. Til gengæld er de oftest gennemført over længere perioder og oplysninger om praktiske erfaringer, fordele og ulemper ved anlægget, er meget indgående beskrevet. Kort sagt indeholder danske afprøvninger mange vigtige oplysninger til brug for vurdering af anlægget med hensyn til driftsikkerhed og effektivitet over tid, hvor imod de tyske har mere karakter af en certificeringstest til myndigheders brug for godkendelse.

Når det gælder vurdering af effektivitet, kan det være et problem i den nuværende praksis, at tests gennemføres på meget forskellige brug med stor forskel på lugt- og ammoniak koncentration før renseren. Som ved sammenlignende tests af foderautomater, spaltegulve mv. skal der fremover sættes på at få foretaget sammenlignende tests af produkter i den samme besætning. Ellers vil det være vanskeligt at sammenligne testresultater mellem de enkelte firmaprodukter.

Kemiske målemetoder til bestemmelse af udvalgte lugtstoffer kan være et godt supplement til bestemmelse af rensgraden. Det kan give virksemhederne vigtige oplysninger til brug for optimering af systemerne. Enhver test af renser kan derfor med fordel indeholde kemiske tests som GCMS eller MIMS-målinger, som supplement til de olfaktometriske målinger. De kemiske målinger kan ikke erstatte olfaktometri og må ikke være et krav, når miljøteknologi skal testes med hensyn på at opnå en form for godkendelse for eksempel til BAT.

5 Referencer

Aarnink, A.J.A., Landman, W.J.M., Huynh, T.T.T., Melse, R.W., Gijssels, P.T., 2005 Cleaning exhaust air from pathogens and environmental pollutants in animal houses.

BAT byggeblad: Luftvasker med syre, rensning af 60 % afgangsluft, http://www.lr.dk/bygningerogmaskiner/informationsserier/batbyggeblade/BAT_106_04_58.pdf

BREF, 2003 <http://www.jrc.es/pub/english.cgi/0/733169> (rapport nr.15) Reference Document on Best Available Techniques for Intensive Rearing of Poultry and Pigs (adopted July 2003) - 9.6 Mb

Brehme, G., 2003. Richtig messen mit Innova (True measuring with Innova) Landtechnik 3/2003 s. 196-197.

Mortensen, B. 2006: Luftrensning med Scan-Airclean i slagtesvinestald med delvist spaltegulv. Meddelelse under udarbejdelse, Landsudvalget for Svin.

DLG 2004: Prüfraumen Abluftreinigungssystemen für Tierhaltungsanlagen. DLG-Prüfstelle für Landmaschinen, Max-Eyth-Weg 1, 64823 Gr-Umstedt

DLG, 2006. Prüfbericht 5629 Uniqfill Air b.v., Zweistufige abluftreinigungsanlage (<http://www.dlg-test.de/pbdocs/5629.pdf>)

DLG, 2006 DLG-Signum Test Abluftreinigungssysteme für Tierhaltungsanlagen (Grammatte, W und Häuser, S.) (<http://www.dlg.org/de/landwirtschaft/testzentrum/hersteller/produkte/abluftreinigung.html>)

Domino H.B. 2006 Dokumentation og demonstration af Farm Airclean – en kemisk luftrensning til fjerkræstalde. (www.Landbrugsinfo.dk)

Grimm, E., 2005. State of the art of waste air purification systems for application in animal husbandry facilities, Landtechnik 1/2005 s. 36-37.

Hahne, J., 2006 Bewertung der Geruchsminderung durch Abluftreinigungsanlagen (Assessment of odour Reduction through Waste Air Treatment Systems). Landtechnik 1/2006 p38-39

Hahne, J. Assendorf W. and Vorlop K, 2001 Online odour measurement with exhaust air filters. Landtechnik 2, 2001 p.94-95.

Korthuis A. and R. Van Os, VDI-berichte 1257, 1996. s. 107-114. An Innovative approach to assess odour in the Netherlands.

KTBL 2005, Schrift 401 Meßmethoden für Ammoniakemissionen. Kuratorium für Technik. und. Bauwesen. in. der. Landwirtschaft. (www.tiho-hannover.de/itt/lehre/pruefung/tkthyg.pdf)

KTBL, 2005 7. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der wirtschaftlichen Nutztierhaltung", März 2-3, 2005, Braunschweig, Deutschland.

Melse, R., Ogink N.W.M., 2005 Air Scrubbing Techniques for Ammonia and Odour Reduction at Livestock Operations: Review of On-Farm Research in The Netherlands. American Society of Agricultural Engineers (vol. 48(6): 2303-2313

Melse R., Willers H., 2005. Theoretical Evaluation of Ammonia Scrubbers for Governmental Approval (Theoretische Evaluation von Ammoniak-wäschern für die staatliche Genehmigung). In 7. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der wirtschaftlichen Nutztierhaltung", KTBL, März 2-3, 2005, Braunschweig, Deutschland.

Lyngbye, M. & Sørensen, G., 2005: Metode til test af fodringens indflydelse på lugtemissionen. Meddelelse nr. 691, Landsudvalget for Svin.

Oxbøl, A, Hansen W., Riis, B.L., Bager, M, Hansen A. 2005. Vurdering af Becoflex
Scrubbersystem til lugtfjernelse ved fjerkræstalde, Force og Dansk Landbrugsrådgivning.
På [www.lr.dk](http://www.lr.dk/bygningerogmaskiner/informationsserier/infobyggeriogteknik/1451_blr_becoflex.pdf):

http://www.lr.dk/bygningerogmaskiner/informationsserier/infobyggeriogteknik/1451_blr_becoflex.pdf

Plätzer, 2001 Untersuchungen zur Emissionsminderung an Schweineställen durch Biofilteranlagen
der Agrofilter GmbH. Gesellschaft für Umweltschutz, TÜV Nord mbH.

Riis, B, Oxbøl A. 2005 Vurdering af Becoflex scrubbersystem til luftrensning ved fjerkræstald

Riis B.L., Hansen, A.G. og Jensen, T.L. Luftrensning til stalde
Videreudvikling af biofiltre til eksisterende staldanlæg med akutte lugtproblemer
Miljøstyrelsen, arbejdsrapport nr. 31 2006. (publiceret på www.mst.dk)

Sinnot, R.K., 1999 Coulson & Richardsons chemical Engineering, Volume 6. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK. ISBN 0 75064142 8.

Jensen T. L., 2006: Perstrupstald med biologisk luftrensning.
Meddelelse 737, Landsudvalget for Svin

Jensen T. L. Thomas Ladegård Jensen, 2006b: Biologisk luftrensning af fabrikatet Agrofilter Oldenburg.
Meddelelse 727, Landsudvalget for Svin.

VDI 3478 Ausgabe: 1996-07 Biologische Abgasreinigung – Biowäscher und Rieselbettreaktoren (Biological waste gas purification, bioscrubbers and trickle bed reactors)

VDI 3777 Ausgabe: 1996 -12 Biologische Abgasreinigung – Biofilter.

VROM (2002) Regeling ammoiak en veehouderij., Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82. <http://www.infomil.nl/contents/pages/23155/ravmei2002.pdf>

Bilag A

Danske afprøvninger i svinestalde

Af Merete Lyngbye og Poul Pedersen, Dansk Svineproduktion

I forbindelse med udtagning og analyse af lugtprøve foretages følgende supplerende registreringer:

- Dato og klokkeslæt for start og slut for udtagning af prøve
- Luftydelse bestemt ved brug af for eksempel målevinge
- Ved hver lugtmåling registreres antal og vægt af dyr
- Temperatur ude og inde

Ud fra de foretagne målinger bestemmes lugtemission henholdsvis før/efter luftrenseren, forsøg/kontrolsektion.

Dokumentation af ammoniakreduktion ved luftrensere

Ammoniakmålinger skal udføres to måneder i en sommerperiode og to måneder i vinterperiode. Ammoniakkoncentrationen registreres kontinuerligt i luften før luftrensning og i udeluften. Ved målinger efter luftrenser skal man være opmærksom på, at det kan være vanskeligt med visse typer af målere at måle meget lave koncentrationer præcist. Målingerne suppleres med registreringer af:

- Luftydelse bestemt ved brug af for eksempel målevinge
- Mængde og indhold af kvælstof i den opsamlede rensevæske registreres
- På baggrund af vandanalyser og ammoniakemission laves en kvælstofbalance
- Temperatur ude og inde
- Produktion: antal og vægt af dyr

Dokumentation af driftsforhold ved luftrensere

- Minimum og maksimumsydelse ved start og slut af afprøvningen
- Tryktab over filteret registreres ved minimum og maksimumsydelse ved hver lugtmåling
- Elforbrug til ventilation og luftrensningssystemets pumper registreres
- Syre- og vandforbrug samt eventuelt forbrug af additiver registreres
- Der føres logbog over produktionsmæssige, sikkerhedsmæssige og tekniske afvigelser ved luftrensningsanlæg
- Omkostninger til service og vedligeholdelse noteres

Dokumentation af ammoniakreduktion forsøg/kontrol afprøvninger

Ammoniakmålinger skal udføres ved at måle ammoniakemission ved et produktionsforløb i en sommerperiode og i vinterperiode. Ved slagtesvin vil det være ca. tre måneder sommer og tre måneder vinter. Ammoniakkoncentrationen registreres kontinuerligt i luften før og efter rensning samt i udeluften. De elektroniske målinger suppleres med registreringer af:

- Lufttydelse bestemt ved brug af for eksempel målevinge eller indirekte ved brug af kuldioxidkoncentration
- Kontrolmålinger med sporgasrør
- Temperatur ude og inde
- Produktion: antal og vægt af dyr

Dokumentation af driftsforhold forsøg/kontrol afprøvninger

- Eventuelt el- og vandforbrug samt brug af hjælpestoffer til teknologi registreres
- Der føres logbog over produktionsmæssige, sikkerhedsmæssige og tekniske afvigelser ved teknologi
- Omkostninger til service og vedligeholdelse noteres

Statistik vedrørende lugt

På baggrund af fire afprøvninger under Dansk Svineproduktion er der foretaget en vurdering af, hvor mange gentagelser det kræver at kunne fastslå, om en reduktion af lugt er statistisk sikker ($P < 0,05$).

Selve analysen af lugtprøven er behæftet med relativ stor usikkerhed. Ved analyser af lugtprøver på Slagteriernes Forskningsinstituts lugtlaboratorium angives 95 % konfidensintervallet på resultatet af lugtanalysen at være fra -37 % til $+59$ %.

En analyse af lugtmålinger udtaget samtidig fra to identiske klimakamre med ensartet belægning viste, at den relative difference i lugtemission var normalfordelt med en spredning på 35 %. (Lyngbye og Sørensen 2005).

Generelt må man forvente, at spredningen på de relative forskelle er lavere ved afprøvninger med før/efter målinger af luftrensere end ved sammenligning af to sektioner forsøg/kontrol, idet mange variationsmuligheder (forskellig ventilation, temperatur, stifunktion etc.) er elimineret.

Beregning af spredningen ved en tilsvarende analyse af lugtmålinger i tre afprøvninger af luftrensere viste imidlertid, at spredningen var henholdsvis 20, 22 og 40 %. ((Lyngbye og Sørensen 2005) (Jensen 2006) (Jensen 2006b)). I to tilfælde var spredningen som forventet lavere, men i en afprøvning var den højere. Det skyldtes, at der ikke var en konstant reduktion af lugten, da luftrensningsanlægget periodevist var ude af funktion (Jensen 2005).

Den samlede vurdering er, at hvis teknologien fungerer stabilt og uden funktionsvigt, vil man kunne forvente at teste en forskel som vist i tabel 1. Det betyder eksempelvis, at man med 10 gentagelser vil kunne forvente at kunne påvise en sikker lugtreduktion på 50 % ved sektioner med forsøg/kontrol, mens det ikke vil være muligt at teste en reduktion på 30 % med mindre, der laves 24 gentagne lugtprøver ved forsøg/kontrol sektioner. Ved test af luftrensningsteknik (måling før/efter renser) kan man nøjes med seks gentagelser for at opnå statistisk sikkerhed, hvis renseren kan reducere lugten mindst 50 %, jævnfør tabel 1.

Tabel 1. Dimensionering af afprøvning om lugt i svinestalde: Antal gentagelser for at kunne teste en sikker reduktion på 20, 30 og 50 %. ($P < 0,05$). Kilde: Dansk Svineproduktion.

Gruppe	Sektioner forsøg/kontrol	Luftrensning før/efter
Spredning på relative forskelle, pct.	35	20
Antal målinger for at teste:		
- 50 % reduktion	10	6
- 30 % reduktion	24	10
- 20 % reduktion	50	20

Appendiks

Udstyr til måling af lugt.



Figur 1. Lugtmålinger udføres ved, at der over en periode på 30 minutter fyldes en 30 liter teflon pose med luft. Før lugtprøven konditioneres posen ved at fylde og efterfølgende tømme den for staldluft. Teflonposen fyldes indirekte ved at suge luft ud fra den beholder, der omgiver posen. Efterfølgende skal poserne transporteres til et lugtlaboratorium, hvor prøverne analyseres olfaktometrisk. I olfaktometer fortyndes lugtprøverne.

Måling af ammoniak



Figur 2. Luftydelsen ved fastlæggelse af lugt- og ammoniakemission kan bestemmes ved en direkte måling af luftydelsen med for eksempel en målevinge. Billedet viser en Ø800 enhed med målevinge af fabrikatet Fancom. Luftydelsen er proportional med målevingens omdrejnshastighed.



Figur 3. Kontinuerlige ammoniak og kuldioxidmålinger kan foretages med VE 18 Multisensor fra VengSystem. I hver sektion placeres en pumpe ved udsugningsenheden, der pumper 1-2 liter luft pr. minut til VE 18 Multisensor placeret. I VE 18 er der et ventilarrangement, så der kan skiftes mellem luftprøver fra for eksempel fem kanaler, hvoraf den ene kanal bruges til udeluft som reference, mens de fire andre måler på de enkelte staldsektioner. Luftprøverne blev herefter analyseret for koncentrationen af ammoniak og kuldioxid. Udstyret indstilles således, at der måles skiftevis 10 minutter på udeluft og 10 minutter på stalduft. I slutningen af hver måleperiode, umiddelbart før der skiftes kanal, lagres en måleværdi. Systemet anvender en elektrokemisk ammoniaksensor af fabrikatet Dräger Polytron I. Ammoniaksensoren kræver et system, hvor der hele tiden skiftes mellem udeluft og stalduft. Sensoren har en vis krydsfølsomhed over for blandt andet kuldioxid og er uegnet ved ammoniakkoncentrationer under 1-2 ppm og derfor ikke egnet til måling efter luftrenser. Der skal løbende foretages kontrolmålinger med for eksempel Kitagawarør.



Figur 4. Måling af ammoniak- og kuldioxidkoncentration kan foretages med sporgasrør. På billedet er der vist pumper af fabrikatet Gastec samt ammoniak- og kuldioxidrør af fabrikatet Kitagawa. Ammoniakmåling ved sporgasrør sker ved en kemisk reaktion. I for eksempel ammoniakrøret Kitagawa 105SD er det en reaktion af ammoniak med fosforsyre. Da det er en 1:1 kemisk reaktion, og der i staldluft ikke i nævneværdig grad er krydsfølsomhed overfor andre gasser, kan man lave en meget præcis måling ned til detektionsgrænsen på 0,2 ppm. Sporgasrør er derfor velegnede til at måle efter luftrensere og til at kontrollere elektronisk måleudstyr.



Figur 5. Kontinuerlig måling af ammoniak og eventuelt op til i alt fem gasser kan foretages med et måleinstrument fra Innova. Dermed kan der måles samtidigt for både ammoniak, CO_2 og eventuelt drivhusgasser i situationer, hvor det er relevant. Måleinstrumentet kan anvendes til både kontinuerlige målinger i stalde samt før/efter luftrensere. Ud over den viste måler skal systemet udbygges med slanger, pumper, filtre, ventilarrangement, kondenssikring m.m., før man har et komplet måleudstyr. De kontinuerlige elektroniske målinger bør løbende kontrolleres med sporgasmålinger.