



VIDENCENTER  
FOR SVINEPRODUKTION

Støtte af:



& *European Agricultural Fund for Rural Development.*

# TEST AF FARM AIRCLEAN 3-TRINS BIO FLEX FRA SKOV A/S I EN SLAGTESVINESTALD

MEDDELELSE NR. 930

Luftrensere Farm AirClean 3-trins BIO Flex reducerede ammoniak- og lugtkoncentrationen i luften fra slagtesvinestalden, men der var høje driftsomkostninger ved at rense al luft fra stalden.

INSTITUTION: DEN RULLENDE AFPRØVNING OG VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

FORFATTER: **ANDERS LEEGAARD RIIS**

UDGIVET: 16. FEBRUAR 2012

Dyregruppe: Slagtesvin

Fagområde: Stalde og Miljø

## Sammendrag

Formålet med afprøvningen var at dokumentere SKOV A/S' Farm AirClean BIO Flex 3-trins luftrenseres lugt-, støv- og ammoniakreduktion ved målinger gennem et helt år i en slagtesvinestald. Endvidere var formålet at dokumentere luftrenserens driftsstabilitet og -omkostninger.

Resultaterne viste, at luftrenseren over året reducerede ammoniakemissionen med gennemsnitlig 94 %.

Efter trin 2 i luftrenseren var ammoniakemissionen reduceret med gennemsnitlig 92 %.

Analyseresultaterne fra det tyske laboratorium LUFA Nord-West viste, at lugtkoncentrationen i luften fra stalden både sommer og vinter blev reduceret med 76 % ved at passere gennem de to første filtertrin.

Efter det 3. filtertrin var den reduceret med i alt 80 % om sommeren og med 84 % om vinteren. Disse resultater var i overensstemmelse med de resultater, der var opnået ved afprøvning af 3-trins luftrenseren i Tyskland, hvor lugtprøverne ligeledes blev analyseret ved LUFA Nord-West.

Analyseresultaterne fra det danske laboratorium Eurofins viste, at der ingen statistisk sikker reduktion

var af lugtkoncentrationen om sommeren, mens der var tendens til en mindre reduktion i luftprøverne sendt til det danske laboratorium DMRI. Om vinteren viste analyseresultaterne fra DMRI en statistisk sikker lugtreduktion, om end reduktionen var lavere end resultaterne fra LUFA Nord-West. Årsagen til at laboratorierne måler forskellige niveauer, og dermed giver anledning til forskellige procentuelle reduktioner, kendes ikke. Videncenter for Svineproduktion har derfor bedt Miljøstyrelsen undersøge problemstillingen.

Støv blev målt ved både 24 timers målinger og én times målinger. Én times målingerne viste, at støvkoncentrationen i luften fra stalden blev reduceret med gennemsnitlig 90 % om sommeren og med 70 % om vinteren. Én times målingerne viste en højere reduktionsgrad om sommeren, men en lidt lavere reduktionsgrad om vinteren set i forhold til 24 timers målingerne af støvkoncentrationen.

Vandforbruget til luftrenseren var 339 l. vand pr. produceret gris. Af den tilførte vandmængde blev 167 l. pr. produceret gris lænset fra luftrenseren til gylleopbevaringen, mens resten fordampede over luftrenseren. Elforbruget til luftrenser og ventilering af stalden udgjorde 13,9 kWh pr. produceret gris. De samlede forbrugsomkostninger til drift af luftrenseren udgjorde 7,40 kr. pr. produceret gris, når der fratrækkes 5,5 kWh pr. produceret gris til ventilering af en stald uden luftrensning.

Der blev gennemsnitlig anvendt 17 min. hver uge til tilsyn med driften af luftrenseren. Derudover blev forsiden af første filterrække vasket manuelt fem gange i afprøvningsperioden, hvor tidsforbruget var mellem 2 og 4,5 time pr. gang. Fire dage i afprøvningsperioden udførte SKOV A/S reparationer på luftrenseren. Service- og vedligeholdelsesomkostningerne for luftrenseren i afprøvningsperioden udgjorde 29.108 kr., svarende til 23,70 kr. pr. produceret gris. Inklusive forbrugsomkostningerne og filterskift udgjorde driftsomkostninger 35,00 kr. pr. produceret gris.

Resultatet af denne afprøvning viste, at driftsomkostningerne for luftrenseren i afprøvningsperioden var væsentlig højere, end det der regnes med i forudsætningerne for Miljøstyrelsens økonomiske beregninger for biologisk luftrensning. En medvirkende årsag til dette skyldtes, at omkostningerne skulle fordeles på én staldsektion med 350 stipladser svarende til 40 DE, hvor alt luft fra sektionen blev renset. Desuden var der i afprøvningen begyndende tilstopning af det første filterelement, som krævede at det blev vasket manuelt fem gange, ligesom der var en del driftsproblemer med den automatiske vasker.

#### TILSKUD

"Projektet har fået tilskud fra Svineafgiftsfonden samt EU og Fødevareministeriets Landdistriktprogram og har Projekt ID: 0910/60 samt journalnr.: 3663-U-11-00184"

# Baggrund

SKOV A/S har gennem flere år udviklet på det biologiske luftrensingsanlæg Farm AirClean BIO System, som i sin grundform er konstrueret med to rækker af befugtede cellulosepads, der er placeret vertikalt. Videntcenter for Svineproduktion har gennemført flere afprøvninger af systemet [1],[2],[3],[4],[5]. Systemet kan leveres i to forskellige løsninger afhængigt af behovet. Luftrensingsanlægget kan dels leveres som færdige moduler under betegnelsen Farm AirClean BIO moduler og dels under betegnelsen BIO Flex, som opbygges i ”metermål” afhængigt af rensebehovet. For at øge lugtreduktionen i Farm AirClean BIO systemet har SKOV A/S videreudviklet anlægget. Der er foretaget en ændring af styringsprincippet og overrislingen af filter 1 og 2. Endvidere er vaskerobotten i luftrenseren blevet modificeret. Desuden er der installeret et tredje filterelement, så luftrenseren i dag kan bestå af tre vertikale cellulosefiltre. Det tredje filterelement er 60 cm tykt i modsætning til filter 1 og 2, som hver kun er 15 cm tykke. For at sikre en ensartet luftbelastning af filtrene i luftrenseren er der monteret en perforeret luftfordelingsplade før det første filterelement. SKOV A/S har i 2010 fået foretaget en test af Farm AirClean BIO Flex 3-trins luftrenseren i Tyskland, som bl.a. viste, at luftrenseren kunne reducere lugtkoncentrationen over året med 77 % [6].

De internationale måleprotokoller for miljøteknologi (VERA) skal sikre, at test udføres ens i forskellige lande, således at resultater kan overføres mellem lande. Det betyder, at luftrensere, som søges optaget på Teknologilisten i Danmark, f.eks. kan være testet ét sted i udlandet og ét sted i Danmark.

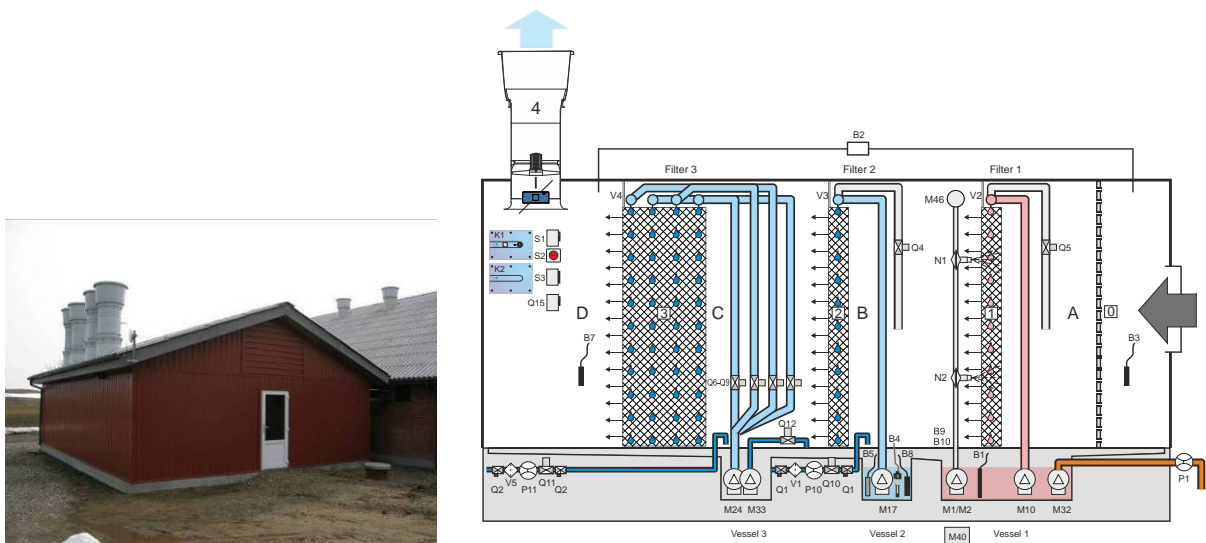
Formålet med nærværende afprøvning var at dokumentere Farm AirClean BIO Flex 3-trins luftrenserens lugt-, støv- og ammoniakreduktion ved målinger gennem et helt år i en slagtesvinestald i Danmark. Endvidere var formålet at dokumentere luftrenserens driftsstabilitet og -omkostninger. Resultater fra målinger foretaget i sommerperioden 2010, som blev gennemført ved produktionen af et hold grise, er tidligere publiceret [7], men er også gengivet i denne Meddelelse.

## Materiale og metode

Luftrenseren Farm AirClean 3-trins BIO Flex (version 1) fra SKOV A/S var monteret i en slagtesvinestald indrettet som storsti med i alt 350 stipladser. Aktivitets- og lejeområdet i storstien var adskilt fra foderområdet med en sorteringsvægt fra Domino A/S, se figur A1 i appendiks. Luftrenseren var placeret i en tilbygning ved siden af slagtesvinestalden, figur 1. Al afgangsluft blev ledt fra siden af stalden og ind igennem luftrenseren via 6 stk. Ø650 mm rør med afkastkonus. Stalden var 14,4 m i længden og 19,7 m i bredden. Væggene var 2,8 m i højden, og der var loft til kip med 30° taghældning. Stalden var indrettet med 1/3 drænet gulv og 2/3 fuldspaltegulv samt tørfoder ad libitum. Der var vakuumudslusning af gylle fordelt på otte tværgående kanaler med én prop pr. kanal. Luftindtaget bestod af 30 vægventiler (DA 1200). De eksisterende ventilationsafkast i stalden blev kun anvendt som nødventilation i afprøvningsperioden. I produktionsforløbet blev der anvendt to foderblandinger. Fra 30-55 kg var råproteinindholdet i den anvendte blanding 16,7 % og fra 55 kg til slaggt var råproteinindholdet

14,7 %. Mellem hvert hold slagtesvin blev stalden vasket, desinficeret og udtørret inden indsættelse af nye grise.

I luftrenseren var der efter det tredje filterelement monteret fire trinløse ventilatorer med en samlet udsugningskapacitet på 35.000 m<sup>3</sup>/time. Efter ventilatorerne var der monteret fire målevinger af fabrikatet Reventa. Filtermaterialet i alle tre filtertrin bestod af cellulose. De to første filtertrin havde hvert et volumen på 1,5 m<sup>3</sup>, idet de målte 5,0 m i bredden, 2,0 m i højden og 0,15 m i dybden. Det tredje filtertrin havde en volumen på 6,0 m<sup>3</sup>, idet det målte 5,0 m i bredden, 2,0 m i højden og 0,6 m i dybden. Den samlede filtervolumen i luftrenseren var dermed 9,0 m<sup>3</sup>. De to første filtertrin blev overrislet med vand, som blev recirkuleret fra et kar under hvert filtertrin, mens det tredje filtertrin kun blev befugtet via den fugtighed, der var i luften efter at den havde passeret de to første filtertrin. Rent vand blev tilført i karret under det andet filtertrin, hvorfra der var overløb til karret under det første filtertrin. Al lænsning af vand fra luftrenseren skete fra karret under det første filtertrin og blev ført til gylleopbevaring. Lænsning af vand fra kar 1 blev reguleret af ledningsevnen i kar 2. I mellem det første og andet filtertrin var der placeret en automatisk vasker, som vaskede det første filter fra bagsiden modsat ventilationsluftstrømmen med jævne mellemrum.



Figur 1. Luftrenseren fra SKOV A/S var placeret i tilbygning ved siden af slagtesvinestalden. Skitse: SKOV A/S.

## Registreringer

Afprøvning af Farm AirClean 3-trins BIO Flex blev gennemført over et helt år fra juli 2010 til og med juli 2011. I afprøvningsperioden blev besætningen besøgt hver uge af en tekniker fra Videntcenter for Svineproduktion samt af en servicemedarbejder fra SKOV A/S. Det var aftalt med besætningsejeren, at SKOV A/S foretog tilsyn med driften af luftrenseren, det såkaldte "landmandstilsyn". Udover de ugentlige registreringer af luftrenserens drift blev der i både sommerhalvåret og i vinterhalvåret gennemført en intensiv målekampagne over otte uger, hvor ammoniak- og lugtreduktionen blev undersøgt. Målingerne i sommerperioden blev gennemført over otte uger fra d. 3. august til og med d.

21. september 2010, mens det i vinterperioden blev gennemført 15. februar til og med d. 5. april 2011. Forbrugsomkostningerne samt service- og vedligeholdelsesomkostninger blev registreret i perioden 27. juli 2010 til og med 27. juli 2011.

Lugtmålingerne blev foretaget ved opsamling af en repræsentativ luftmængde før luftrenseren, mellem filterelement 2 og 3 samt efter luftrenseren i h. t. Dansk Standard [8]. I sommerperioden blev der på hver af ti måledage opsamlet to luftprøver ved hvert målepunkt, således at der i alt blev sendt seks prøver til lugtlaboratoriet ved DMRI i Roskilde. Til lugtlaboratoriet ved Eurofins i Galten blev der på hver af ti måledage sendt fire prøver, hvor to af prøverne var udtaget før luftrenseren, og to prøver var udtaget efter luftrenseren. På hver af de sidste otte måledage blev der yderligere opsamlet to luftprøver ved hvert målepunkt, således at der på hver måledag blev sendt seks prøver til lugtlaboratoriet ved LUFA Nord-West i Tyskland. I måleperioden om vinteren blev der på hver af otte måledage opsamlet fire luftprøver ved hvert af de tre målepunkter, således at der hver måledag blev sendt seks prøver til lugtlaboratoriet ved DMRI i Roskilde og seks prøver til lugtlaboratoriet ved LUFA Nord-West i Tyskland. Opsamling af luftprøverne blev foretaget ved, at der blev opsat en Teflon™ slange i hvert målepunkt, som blev monteret til en 30 l. nalophan pose. Den enkelte pose lå i en tæt, lukket kasse. Der blev dannet et vakuum i kassen ved hjælp af en pumpe, hvorved posen blev fyldt med luft fra målepunktet. Poserne blev fyldt over ca. 30 min. Første hold luftprøver blev opsamlet mellem kl. 11-12 og andet hold luftprøver umiddelbart efter kl. 12.30 på hver måledag. Luftprøverne blev ved alle laboratorierne analyseret den følgende dag i h. t. Dansk Standard [8].

På hver måledag bestemte LUFA Nord-West endvidere, om lugtkarakteren i luftprøverne udtaget før luftrenseren kunne detekteres i luftprøverne udtaget efter henholdsvis trin 2 og efter trin 3 i luftrenseren. Denne bestemmelse foretages ikke på de danske lugtlaboratorier på nuværende tidspunkt og er ikke beskrevet i en dansk eller international standard.

Under opsamling af luftprøverne til bestemmelse af lugtkoncentrationen blev der foretaget måling af ammoniak-, kuldioxid- og svovlbrintekoncentrationen i de samme målepunkter og efter trin 1 i luftrenseren. Ammoniakkoncentrationen blev målt med Kitagawa sporgasrør 105SD, mens kuldioxidkoncentrationen blev målt med Kitagawa sporgasrør 126SF, og svovlbrintekoncentrationen blev målt med en Jerome 631-XE svovlbrintemåler (Arizona Instrument LLC).

I sommerperioden 13. august til og med 3. september 2010 blev ammoniakkoncentrationen målt kontinuerlig med en INNOVA 1312 fotoakustisk gasmåler. Der blev via en 1303 Multipoint Sampler skiftevis leveret luft via teflonslanger fra hhv. før luftrenseren, efter 1. filterelement, efter 2. filterelement og efter 3. filterelement samt i udeluften til INNOVA 1312 gasmåleren. Data fra gasmåleren blev logget med software Type 7300. Der var med denne type software maksimalt mulighed for 40 målinger pr. målerunde svarende til 8 gentagne målinger pr. kanal.

I vinterperioden 8. februar til og med 5. april 2011 blev ammoniakkoncentrationen målt kontinuerlig med en INNOVA 1412 fotoakustisk gasmåler. Der blev via en 1309 Multipoint Sampler skiftevis leveret luft via teflonslanger fra hhv. før luftrenseren, efter 1. filterelement, efter 2. filterelement og efter 3. filterelement samt i udeluften til INNOVA 1412 gasmåleren. Data fra gasmåleren blev logget med software Type 7850. Der blev foretaget 50 målinger pr. målerunde svarende til 10 gentagne målinger pr. kanal. I løbet af begge måleperioder blev der løbende foretaget kontrollerende målinger af ammoniakkoncentrationen med Kitagawa sporgasrør. Kontrolmålingerne blev anvendt til at korrigere data fra INNOVA gasmåleren.

I måleperioden om sommeren blev der hhv. den 15. og 16. september 2010 foretaget en 24 timers måling af den totale støvkoncentration i luften før luftrenseren samt efter trin 2 og trin 3. Der blev i hvert målepunkt opsat to filtre. Der blev endvidere foretaget en 24 timers måling af den totale støvkoncentration i måleperioden om vinteren den 16. marts 2011 og om sommeren d. 27. juli 2011. Opsamlingen blev foretaget i h. t. Arbejdstilsynets procedure for måling af den totale støvkoncentration i indåndingsluften [9]. Vejning af filtrene blev foretaget af Teknologisk Institut (Taastrup). Derudover blev der hhv. den 16. marts 2011 og den 27. juli 2011 foretaget tre én times målinger af støvkoncentrationen før luftrenseren og efter trin 3 i luftrenseren i tidsrummet kl. 10.00 til kl. 13.00. Målingerne blev udført af FORCE Technology i h. t. Miljøstyrelsens vejledning 2/2001 (VDI 2066 bl.1). Det var metodemæssigt ikke muligt at foretage én times målinger af støvkoncentrationen efter trin 2.

I måleperioderne om sommeren og om vinteren blev dato for tømning af gyllekummerne registreret. Graden af svineri på det drænedede gulv i storstien blev registreret procentuelt på måledage med udtagning af lugtprøver.

Luftydelsen, registreret via Reventa målevinger monteret på ventilationsafkastene fra luftrenseren, blev logget hvert 2. minut. Efter afslutning af måleperioden om sommeren blev der på hver af de seks Ø650 mm ventilationsindløb til luftrenseren monteret en Fancor målevinge, hvorefter ventilationsanlægget blev steppet igennem for at korrigere den loggede luftydelse til en akkrediteret værdi. I januar 2011 blev registreringen af luftydelsen ændret til at blive logget via Dynamic Air (SKOV A/S). Umiddelbart efter denne ændring blev ventilationsanlægget igen steppet igennem med Fancor målevinger monteret på ventilationsindløbene for at korrigere den loggede luftydelse via Dynamic Air til en akkrediteret værdi, jf. figur A8 i app.

Antallet af dyr og dyrenes vægt - visuelt vurderet i stalden på hver måledag - blev sammenholdt med antallet af dyr og deres vægt registreret på sorteringsvægten fra Domino A/S i storstien. Luftens temperatur og relative fugtighed blev målt i målepunkterne efter opsamling af hver luftprøve. Udeluftens temperatur og relative fugtighed blev målt før opsamling af første luftprøve og efter opsamling af sidste luftprøve. Målingerne af luftens temperatur og relative fugtighed blev foretaget med TSI VelociCalc 8347 måler. Tryktabet over de enkelte filterelementer blev på hver måledag målt med et væskemanometer. Det totale elforbrug ved luftrenseren samt elforbruget til drift af selve luftrenseren (pumper mv.) blev registreret separat med elmålere. Elforbruget til ventilation blev beregnet som forskellen mellem det

totale elforbrug og elforbrug til drift af luftrenseren. Elforbruget til måleudstyr blev ligeledes registreret med elmåler og fratrukket i opgørelsen af elforbruget.

Tilført og lænset vand i luftrenseren blev registreret med vandmålere. På måledagene blev der foretaget målinger af pH og ledningsevne i en udtaget vandprøve fra vandkarrene under filterelement 1 og 2, som efterfølgende blev nedfrosset med henblik på analyse for indholdet af kvælstof. I de intensive målerunder om sommeren og om vinteren blev der løbende udtaget en prøve af lænsevandet, hver gang pumpen til lænsning af vand fra kar 1 kørte. Udtagningen af denne prøve forløb på ugeniveau, således at der hver uge var opsamlet ml. 5-20 l. lænsevand afhængig af behovet for lænsning. Af dette lænsevand blev der udtaget en prøve, som blev frosset ned med henblik på analyse for indholdet af kvælstof. Dernæst blev dunken tømt, og opsamlingen blev gentaget. Udtagne vandprøver i de intensive målerunder om sommeren og om vinteren, samt fra hver anden måledag i den øvrige del af afprøvningsperioden, blev efterfølgende sendt til analyse hos Eurofins Miljø i Vejen. Prøverne blev analyseret for indholdet af total N, ammoniumkvælstof, nitrit-N, nitrat-N og tørstof, mens pH og ledningsevne også blev målt. Tørstofindholdet blev bestemt efter metoden "DS 204", total N efter "DS/EN I 11905-1", mens ammoniak+ammonium-N, nitrit-N og nitrat-N blev bestemt efter metoden "SM 17 udg. 4500".

Lugtemissionen pr. 1.000 kg dyr blev beregnet ud fra den analyserede lugtkoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i staldsektionen ved følgende formel:

$$\text{OU}_E/\text{s pr. dyr} = (L \times Q \times 1.000) / (N \times W \times 3.600)$$

hvor

L: Lugtkoncentration,  $\text{OU}_E/\text{m}^3$

Q: Ventilationsydelsen,  $\text{m}^3/\text{time}$

N: Antal grise i sektionen, stk.

W: Gennemsnitlig vægt af grisene i sektionen, kg.

Ammoniakemissionen blev beregnet ud fra ammoniakkoncentration, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionen ved følgende formel:

$$\text{g NH}_3\text{-N}/\text{time}/\text{dyr} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N \times 1.000)$$

hvor

M: Molvægten af N, 14,007 g/mol

V: Koncentration, ppm =  $\text{ml}/\text{m}^3$

Q: Ventilationsydelsen,  $\text{m}^3/\text{time}$

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, 0,0821 liter x atm/(mol x K)

T: Temperaturen i Kelvin

N: Antal grise i sektionen, stk.

Svovlbrinteemissionen blev beregnet ud fra svovlbrintekonzentration, ventilationsydelse og antallet af grise i sektionen ved følgende formel:

$$\text{mg H}_2\text{S}/\text{time}/\text{dyr} = (M \times V \times Q \times P) / (R \times T \times N)$$

hvor

M: Molvægten af H<sub>2</sub>S, 34,076 g/mol

V: Koncentration, ppm = ml/m<sup>3</sup>

Q: Ventilationsydelsen, m<sup>3</sup>/time

P: Tryk, 1 atm.

R: Gaskonstanten, 0,0821 liter x atm/(mol x K)

T: Temperaturen i Kelvin

N: Antal grise i sektionen, stk.

## Statistik

Ammoniakkonzentrationer og –emissioner, svovlbrintekonzentrationer og –emissioner samt de logaritme-transformerede lugtkonzentrationer og –emissioner blev analyseret i en variansanalyse med proceduren MIXED i SAS under hensyn til gentagne målinger pr. dag.

## Resultater og diskussion

I afprøvningsperioden blev der i slagtesvinestalden produceret 3,5 hold slagtesvin svarende til i alt 1.228 slagtesvin (31-104 kg). Årsagen til at der ikke blev produceret fire hold slagtesvin, som ellers er normen i slagtesvinestalde, skyldtes, at der i hold 3 var et sygdomsudbrud, som forlængede produktionsperioden for dette hold. I forbindelse med målingerne i den intensive målerunde i sommerperioden var den gennemsnitlige udetemperatur 17,0 °C (interval: 13,7 – 23,7 °C) og den relative luftfugtighed 70 % (interval: 48 – 95 %). I forbindelse med målingerne i den intensive målerunde i vinterperioden var den gennemsnitlige udetemperatur 3,8 °C (interval: -2,7 – 8,9 °C) og den relative luftfugtighed 72 % (interval: 56 – 88 %). Luftens temperatur og relative fugtighed samt kuldioxidkoncentration i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement i måleperioden om sommeren kan ses i tabel A1 i appendiks og om vinteren i tabel A2 i appendiks. Tidspunkter for gylleudslusning i måleperioden om sommeren og om vinteren kan ses i appendiks tabel A3. Graden af svineri på det drænedes gulv, på de dage hvor der blev udtaget lugtprøver, kan ses i appendiks tabel A4.



## Ammoniak

I tabel 1 er vist den gennemsnitlige ammoniakkoncentration og -emission over året målt hhv. før luftrenseren samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren. Ved at lede luften fra slagtesvinestalden igennem luftrenseren fra SKOV A/S blev ammoniakemissionen over året reduceret med gennemsnitlig 94 %. Målt efter trin 2 i luftrenseren var ammoniakemissionen reduceret med gennemsnitlig 92 %. Ammoniakkoncentrationen målt efter trin 3 var kun numerisk lavere end koncentrationen målt efter trin 2. Ammoniakkoncentrationen målt efter trin 2 i denne afprøvning var lavere, end hvad der tidligere var målt ved afprøvning af SKOVs luftrenser i slagtesvinestalde [1],[2],[4]. Til gengæld var ammoniakreduktionen på niveau med en afprøvning af SKOVs Farm AirClean Biomoduler i en smågrisestald [5].

I figur A2 i appendiks er vist de enkelte målinger af ammoniakkoncentrationen over året. I den intensive målerunde i sommerperioden reducerede luftrenseren ammoniakkoncentrationen til gennemsnitlig 1,5 ppm efter trin 2 og 1,1 ppm efter trin 3 [7]. I den resterende del af afprøvningsperioden blev ammoniakkoncentrationen reduceret til et væsentligt lavere niveau, og på flere måledage blev der ikke målt ammoniak efter luftrenseren. Resultaterne fra den intensive måleperiode om sommeren er et udtryk for den variation, der kan være i driften af et biologisk luftrensningsanlæg også set i forhold til, at luftrenseren belastes med forskellig luftydelse og ammoniakkoncentration over året, og derfor bør ammoniakreduktionen generelt måles over et helt år.

**Tabel 1.** Ammoniakkoncentrationen målt med Kitagawa sporgasrør ca. 1 gang ugentlig over året i luften før luftrenseren, samt efter 1., 2. og 3. filterelement. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

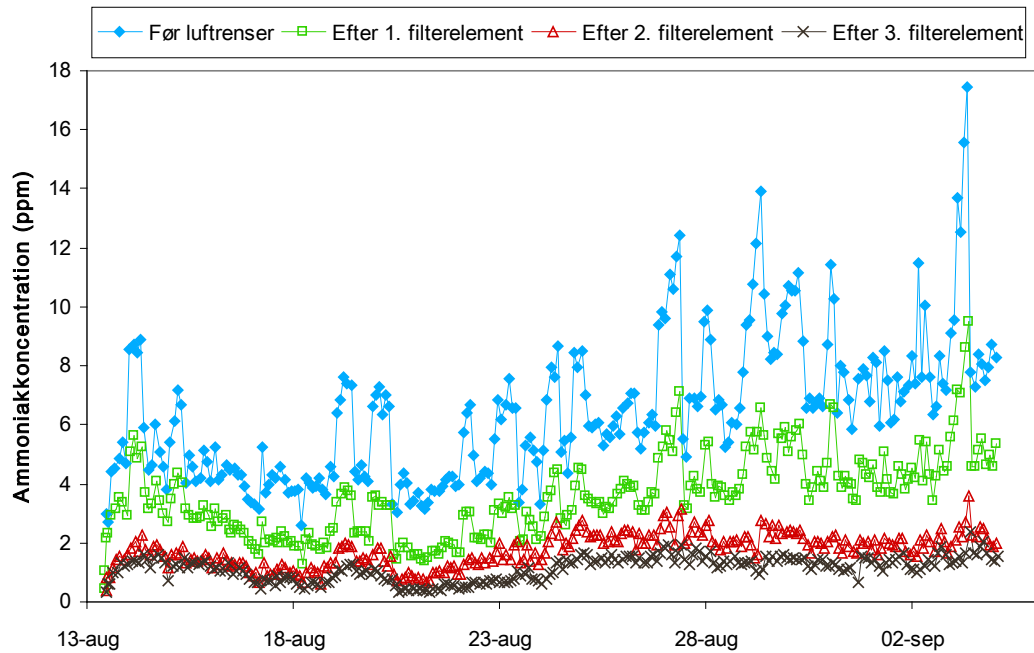
	Ammoniakkoncentration (ppm)	Ammoniakemission (g NH <sub>3</sub> -N/time/dyr)
N	48	48
Før luftrenser	14,0 (12,9 – 15,2)	0,35 (0,32 – 0,39)
Efter 1. filterelement	3,8*** (2,6 – 4,9)	0,13*** (0,088 – 0,16)
Efter 2. filterelement <sup>1</sup>	0,6*** (0 – 1,7)	0,029*** (0 – 0,067)
Efter 3. filterelement <sup>1</sup>	0,4*** (0 – 1,5)	0,020*** (0 – 0,058)

\*\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,001$  i forhold til ammoniakkoncentration og -emission før luftrenseren.

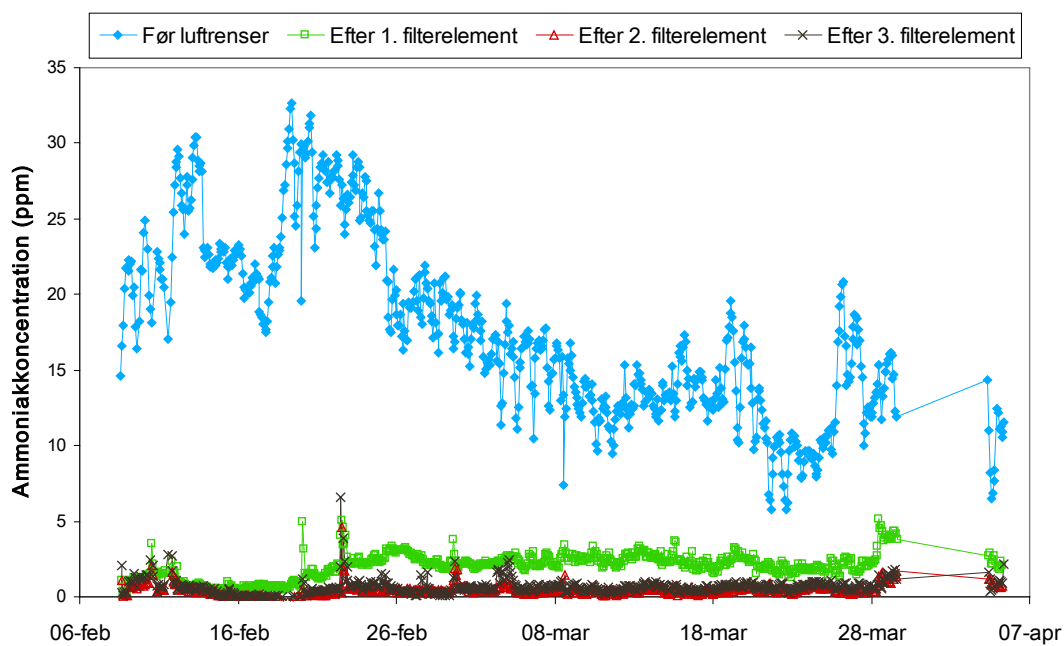
<sup>1</sup> I luftstrømmen efter trin 2 og trin 3 blev der flere gange målt ammoniakkoncentrationer under detektionsgrænsen på 0,1 ppm, disse målinger indgik i analysen med værdien 0.

I figur 2 og 3 er vist den kontinuerlige måling af ammoniakkoncentrationen med INNOVA gasmåler i en tre ugers periode i sommerperioden og i en otte ugers periode i vinterperioden. Målingerne viste, at der var en døgnvariation i ammoniakkoncentrationen i luften fra stalden, som skyldtes dyrenes døgnrytme og ændringer i ventilationsydelsen. Denne døgnvariation var også synlig i reduktionsgraden over

filterelementerne, dog var døgnvariationen mest udpræget efter 1. filterelement. I appendiks tabel A5 er vist de gennemsnitlige ammoniakkoncentrationer målt med INNOVA i sommerperioden. I appendiks tabel A6 er de gennemsnitlige ammoniakkoncentrationer målt med INNOVA i vinterperioden.



Figur 2. Ammoniakkoncentration målt kontinuerligt med INNOVA gasmåler i perioden 13. august til og med 3. september 2010 i luften før luftrensere, samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren.



Figur 3. Ammoniakkoncentration målt kontinuerligt med INNOVA gasmåler i perioden 8. februar til og med 5. april 2011 i luften før luftrensere samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren.

## Lugtreduktion om sommeren

I tabel 2 er vist lugtkoncentrationen før luftrenseren samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved LUFA Nord-West, DMRI og Eurofins på otte måledage om sommeren. Analyseresultaterne fra LUFA Nord-West i Tyskland viste, at lugtkoncentrationen i luften fra stalden blev reduceret statistisk sikkert ved at passere gennem luftrenseren om sommeren. Efter at have passeret de to første filterelementer var lugtkoncentrationen gennemsnitligt reduceret med 76 %, og efter 3. filterelement i luftrenseren var lugtkoncentrationen reduceret med i alt 80 %. Lugtkoncentrationen, der blev målt efter 3. filterelement var numerisk lavere i forhold til lugtkoncentrationen efter 2. filterelement, men var ikke statistisk sikker forskellig. Disse resultater var i overensstemmelse med de resultater, der var opnået ved afprøvning af 3-trins luftrenseren i Tyskland, hvor lugtprøverne ligeledes blev analyseret ved LUFA Nord-West [6]. Analyseresultaterne fra Eurofins i Danmark viste derimod ingen statistisk sikker reduktion af lugtkoncentrationen ved de otte dages målinger, mens der var tendens til en mindre reduktion i analyseresultaterne fra DMRI i Danmark. Desuden var spredningen på de danske analyseresultater større, hvorfor der kræves flere målinger, for at dokumentere om en eventuel mindre reduktion var statistisk sikker, jf. tabel 2. Ved de ti dages målinger analyseret ved DMRI var der en statistisk sikker reduktion af lugtkoncentrationen over luftrenseren på 20 %. Prøver analyseret ved Eurofins over alle ti måledage viste en statistisk sikker reduktion af lugtkoncentrationen på 16 %. Resultaterne for alle ti måledage om sommeren fra de to danske laboratorier kan ses i appendiks tabel A7.

Ved 6 af 16 prøver fra DMRI var lugtkoncentrationen højere i prøverne efter luftrenseren end i prøverne før luftrenseren. Ved 5 af 16 prøver fra Eurofins var lugtkoncentrationen højere i prøverne efter luftrenseren i forhold til prøverne før luftrenseren. Derimod var der ingen prøver fra LUFA Nord-West, hvor lugtkoncentrationen var højere efter luftrenseren i forhold til før luftrenseren, jf. figur A3 i appendiks. Analyser af enkeltstoffer herunder svovlforbindelser [10] og oplevelser på stedet gav forventning om en lavere lugtkoncentration efter end før luftrenseren.

Årsagen til at laboratorierne måler forskellige niveauer og giver anledning til forskellige procentuelle reduktioner kendes ikke. Videncenter for Svineproduktion har derfor bedt Miljøstyrelsen undersøge problemstillingen.

Målinger af lugtemissionen om sommeren henholdsvis før luftrenseren samt efter 2. og 3. trin kan ses i appendiks tabel A8.

**Tabel 2.** Lugtkoncentrationen før luftrenseren samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved lugtlaboratorierne LUFA Nord-West, DMRI og Eurofins på otte måledage om sommeren. Der blev ikke udtaget prøver efter 2. filterelement til Eurofins. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

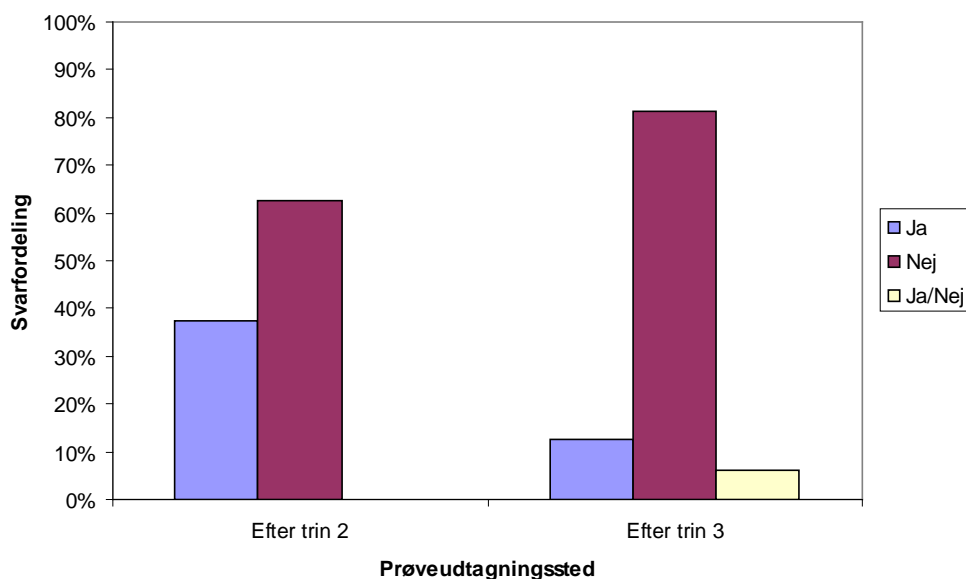
	Lugtkoncentration (OU <sub>E</sub> /m <sup>3</sup> )		
	LUFA Nord-West	DMRI	Eurofins
N	16	16	16
Før luftrenser	229 (169 – 311)	490 (349 – 686)	1437 (1080 – 1912)
Efter 2. filterelement	56*** (41 – 75)	394(*) (281 – 552)	-
Efter 3. filterelement	45*** (33 – 62)	404(*) (288 – 566)	1236 <sup>NS</sup> (928 – 1644)

\*\*\* Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til lugtkoncentrationen før luftrenseren.

(\*) Tendens til statistisk sikker forskel, P<0,10 i forhold til lugtkoncentrationen før luftrenseren.

<sup>NS</sup> Ingen statistisk sikker forskel i forhold til lugtkoncentrationen før luftrenseren.

I figur 4 er vist den procentuelle fordeling af paneldeltagernes bedømmelse af, hvorvidt lugtkarakteren i luftprøverne udtaget før luftrenseren kunne detekteres i luftprøverne udtaget hhv. efter 2. filterelement og efter 3. filterelement i luftrenseren analyseret ved LUFA Nord-West om sommeren. Resultaterne viste, at lugtkarakteren før luftrenseren kunne detekteres i 37,5 % af prøverne udtaget efter 2. filterelement, mens det efter 3. filterelement kun var i 12,5 % af prøverne. Der var én prøve udtaget efter 3. filterelement, hvor tre panelister angav ja, og tre panelister angav nej. Den lugtkarakter, der blev detekteret i luften før luftrenseren, blev således væsentlig ændret, når luften passerede gennem luftrenseren, målt på det tyske laboratorium. Bestemmelse af lugtkarakteren i luftprøverne indgår kun i den tyske miljøregulering og foretages endvidere ikke på de danske lugtlaboratorier på nuværende tidspunkt. Ligeledes er metoden ikke beskrevet i en dansk eller international standard.



Figur 4. Procentuel fordeling af svar på om lugtkarakteren i luftprøverne udtaget før luftrenseren kunne detekteres i luftprøverne udtaget henholdsvis efter trin 2 og efter trin 3 i luftrenseren i prøver analyseret ved LUFA Nord-West om sommeren.

## Lugtreduktion om vinteren

I tabel 3 er vist lugtkoncentrationen før luftrenseren samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved LUFA Nord-West og DMRI på otte måledage om vinteren. Analyseresultaterne fra LUFA Nord-West viste, at lugtkoncentrationen også om vinteren blev reduceret statistisk sikkert ved at passere gennem luftrenseren. Efter de to første filterelementer var lugtkoncentrationen gennemsnitligt reduceret med 76 %, og efter 3. filterelement i luftrenseren var lugtkoncentrationen reduceret med gennemsnitlig 84 % om vinteren. Lugtkoncentrationen målt efter 3. filterelement var statistisk sikker lavere end lugtkoncentrationen efter 2. filterelement ( $P < 0,05$ ) i analyseresultater fra LUFA Nord-West. Resultaterne fra vinterperioden fra LUFA Nord-West var også i overensstemmelse med de resultater, der var opnået ved afprøvning af 3-trins luftrenseren i Tyskland, hvor lugtprøverne ligeledes blev analyseret ved LUFA Nord-West [6]

Analyseresultaterne fra DMRI viste også en statistisk sikker lugtreduktion om vinteren, om end reduktionen var mindre end resultaterne fra LUFA Nord-West. Resultaterne fra DMRI viste, at lugtkoncentration var reduceret med gennemsnitlig 48 % efter 2. filterelement, mens den efter 3. filterelement var reduceret med i alt 67 %. Lugtkoncentrationen målt efter 3. filterelement var ligeledes statistisk sikker lavere end lugtkoncentrationen efter 2. filterelement ( $P < 0,01$ ) i analyseresultater fra DMRI om vinteren. I vinterperioden var der ingen prøver fra hverken DMRI eller LUFA Nord-West, hvor lugtkoncentrationen var højere efter luftrenseren i f. t. før luftrenseren, jf. figur A4 i appendiks. Målinger af lugtemissionen om vinteren hhv. før luftrenseren samt efter 2. og 3. trin kan ses i appendiks tabel A9.

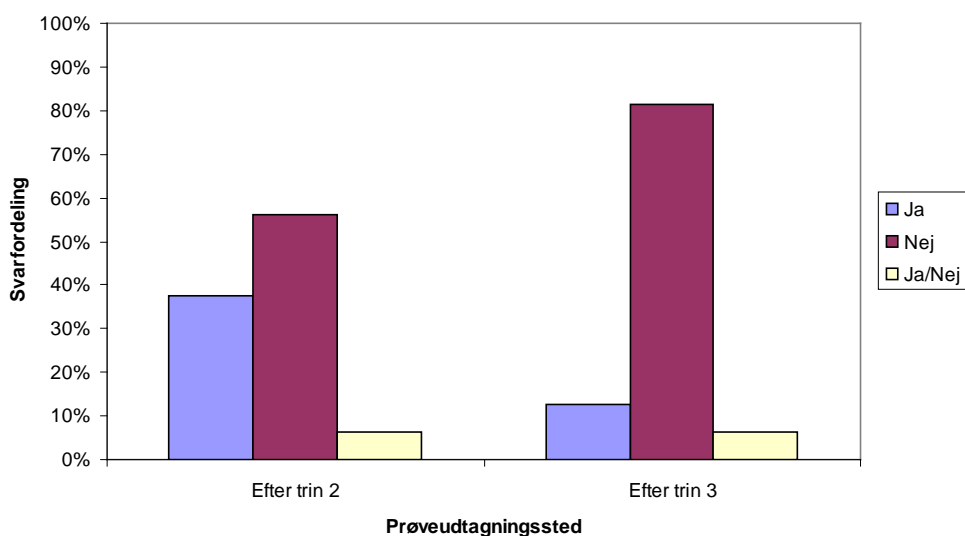
**Tabel 3.** Lugtkoncentrationen før luftrenseren samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved lugtlaboratorierne LUFA Nord-West og DMRI på otte måledage om vinteren. Der blev ikke udtaget prøver til Eurofins om vinteren. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Lugtkoncentration ( $\text{OU}_E/\text{m}^3$ )	
	LUFA Nord-West	DMRI
N	16	16
Før luftrenser	452 (298 – 687)	1760 (1456 - 2127)
Efter 2. filterelement	109 <sup>***</sup> (72 – 166)	922 <sup>**</sup> (763 - 1115)
Efter 3. filterelement	71 <sup>***</sup> (47 – 108)	575 <sup>***</sup> (475 - 695)

\*\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,001$  i forhold til lugtkoncentrationen før luftrenseren.

\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,01$  i forhold til lugtkoncentrationen før luftrenseren.

I figur 5 er vist den procentuelle fordeling af paneldeltagernes bedømmelse af, hvorvidt lugtkarakteren i luftprøverne udtaget, før luftrenseren kunne detekteres i luftprøverne udtaget hhv. efter 2. filterelement og efter 3. filterelement i luftrenseren analyseret ved LUFA Nord-West om vinteren. Resultaterne viste, at lugtkarakteren før luftrenseren kunne detekteres i 37,5 % af prøverne udtaget efter 2. filterelement, mens det efter 3. filterelement kun var i 12,5 % af prøverne. Om vinteren var der både én prøve udtaget efter 2. filterelement og én efter 3. filterelement, hvor tre panelister angav ja, og tre panelister angav nej. Den lugtkarakter, der blev detekteret i luften før luftrenseren, blev således også væsentlig ændret om vinteren, når luften passerede gennem luftrenseren målt på det tyske laboratorium. Bestemmelserne af lugtkarakteren om vinteren var dermed ikke forskellig fra målingerne om sommeren.



Figur 5. Procentuel fordeling af svar på om lugtkarakteren i luftprøverne udtaget før luftrenseren kunne detekteres i luftprøverne udtaget henholdsvis efter trin 2 og efter trin 3 i luftrenseren i prøver analyseret ved LUFA Nord-West om vinteren.

## Svovlbrinte

I tabel 4 er vist den gennemsnitlige svovlbrintekonzentration og –emission over året målt henholdsvis før luftrenseren samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren. Svovlbrintekonzentrationen var reduceret med 38 % efter det 1. filterelement, 41 % efter det 2. filterelement, og efter det 3. filtertrin var den reduceret med i alt 59 % i f. t. koncentrationen før luftrenseren. Hovedparten af svovlbrintereduktionen fandt således sted på det 1. og 3. filtertrin, jf. tabel 4. Selvom det 3. filterelement bidrog væsentlig til reduktion af svovlbrintekonzentrationen i luftrenseren, var der på dette filtertrin kun en mindre numerisk reduktion af lugtkonzentrationen i sommerperioden, mens der om vinteren var statistisk sikker reduktion af lugtkonzentrationen også på det 3. filterelement. I andre undersøgelser er der vist en reduktion af lugtkonzentrationen, når der har været en reduktion af svovlbrintekonzentrationen [4],[11],[12],[13]. I appendiks figur A5 er vist de enkelte målinger af svovlbrintekonzentrationen i afprøvningsperioden.

**Tabel 4.** Svovlbrintekonzentrationen målt ca. 1 gang ugentlig over året i luften før luftrensere, samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Svovlbrintekonzentration (ppb)	Svovlbrinteemission (mg H <sub>2</sub> S/time/dyr)
N	38	38
Før luftrensere	711 (632 – 790)	39,5 (35,0 – 44,0)
Efter 1. filterelement	441 <sup>***</sup> (362 – 520)	27,8 <sup>***</sup> (23,3 – 32,3)
Efter 2. filterelement	416 <sup>***</sup> (336 – 495)	25,6 <sup>***</sup> (21,1 – 30,1)
Efter 3. filterelement	294 <sup>***</sup> (215 – 373)	17,7 <sup>***</sup> (13,2 – 22,2)

\*\*\* Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til svovlbrintekonzentration og -emission før luftrenseren.

## Støv

I tabel 5 er vist den totale støvkonzentration målt over 24 timer hhv. før luftrenseren samt efter trin 2 og 3 i luftrenseren. I tabel 6 er vist tre én times målinger af den totale støvkonzentration hhv. før og efter luftrenseren. De tre én times målinger blev foretaget i tidsrummet mellem kl. 10.00 og kl. 13.00 i modsætning til de øvrige målinger, som blev opsamlet over 24 timer.

Ved 24 timers målingerne i sommerperioderne september 2010 og juli 2011 blev støvkonzentrationen gennemsnitlig reduceret med hhv. 68 % og 40 % over de to første filtertrin i luftrenseren. Efter det tredje filtertrin var støvkonzentrationen gennemsnitlig reduceret med 70 % og 55 % i de to sommerperioder. Der var således en relativ stor forskel på de procentuelle reduktioner i september 2010 og i juli 2011. 24 timers målingerne af støvkonzentrationen før luftrenseren i juli 2011 var af uforklarlige årsager lav også sammenlignet med én times målingerne samme dag. Koncentrationen ved én times målinger i juli 2011 var til gengæld på niveau med før niveauet af 24 timers målingerne i september 2010. Ved 24 timers målingen af støvkonzentrationen om vinteren blev den gennemsnitlig reduceret med 59 % efter trin 2 og med 80 % efter trin 3.

Én times målingerne af støvkonzentrationen viste, at støvkonzentrationen i luften fra stalden blev reduceret med gennemsnitlig 90 % om sommeren og med 70 % om vinteren ved at passere gennem luftrenseren. Én times målingerne viste en højere reduktionsgrad om sommeren, men en lidt lavere reduktionsgrad om vinteren i f. t. 24 timers målingerne.

**Tabel 5.** Den totale støvkonzentration målt over 24 timer før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement i luftrensere henholdsvis den 15. og 16. september 2010, 16. marts 2011 og den 27. juli 2011.

Minimum og maksimum af målte værdier er angivet i parentes.

	Total støvkonzentration (mg/m <sup>3</sup> )			
	15. september 2010	16. september 2010	16. marts 2011	27. juli 2011
N	2	2	2	2
Før luftrensere	1,4 (1,4 – 1,5)	1,6 (1,5 – 1,8)	2,3 (2,3 – 2,4)	0,47 (0,39 – 0,56)
Efter 2. filterelement	0,32 (0,11 – 0,53)	0,70 (0,64 – 0,76)	0,95 (0,93 – 0,97)	0,28 (0,27 – 0,28)
Efter 3. filterelement	0,40 (0,37 – 0,43)	0,53 (0,53 – 0,54)	0,45 (0,43 – 0,46)	0,21 (0,18 – 0,24)

**Tabel 6.** Den totale støvkonzentration målt ved tre én times målinger før luftrensere og efter 3. filterelement i luftrensere hhv. den 16. marts 2011 og den 27. juli 2011 i tidsrummet kl. 10.00 til 13.00.

Minimum og maksimum af målte værdier er angivet i parentes.

	Total støvkonzentration (mg/m <sup>3</sup> )	
	16. marts 2011	27. juli 2011
N	2 <sup>1</sup>	3
Før luftrensere	2,0 (1,7 – 2,2)	1,4 (0,61 – 2,1)
Efter 3. filterelement	0,61 (0,28 – 0,94)	0,14 (<0,09 – 0,17)

<sup>1</sup> Den sidste udtagne måling den 16. marts 2011 blev vurderet som en outlier af FORCE Technology og er derfor udeladt.

## Vandanalyser

I tabel 7 er vist analyseresultaterne af de udtagne vandprøver fra luftrensers kar 1 og kar 2 gennem afprøvningsperioden. Analyserne viste, at det gennemsnitlige indhold af total N, i det vand der blev lænset fra kar 1 til gylleopbevaring, var 4,39 g/l. Tabel A10 og A11 i appendiks dokumenterer imidlertid, at der var en stor årstidsvariation på kvælstofindholdet i det vand, der blev lænset til gylleopbevaring. I appendiks figur A6 er vist sammenhængen mellem total-N og ledningsevne analyseret i udtagne vandprøver af overrislingsvandet i kar 1 i luftrensere gennem afprøvningsperioden. Figuren illustrerer, at der var en god korrelation mellem ledningsevnen og indholdet af total-N i overrislingsvandet. Ved at måle ledningsevnen i overrislingsvandet kan den aktuelle gødningsskoncentration i det vand, som løbende lænset til gylleopbevaring derved aflæses på kurven. Gennemsnitlig over året var koncentrationerne af kvælstofforbindelserne i karrene højere end det, der er set i tidligere afprøvninger af luftrensere fra SKOV A/S [4],[5], hvilket kan forklares med at den gennemsnitlige ledningsevne i vandet i denne afprøvning også var højere i forhold til de tidligere undersøgelser. I appendiks tabel A10



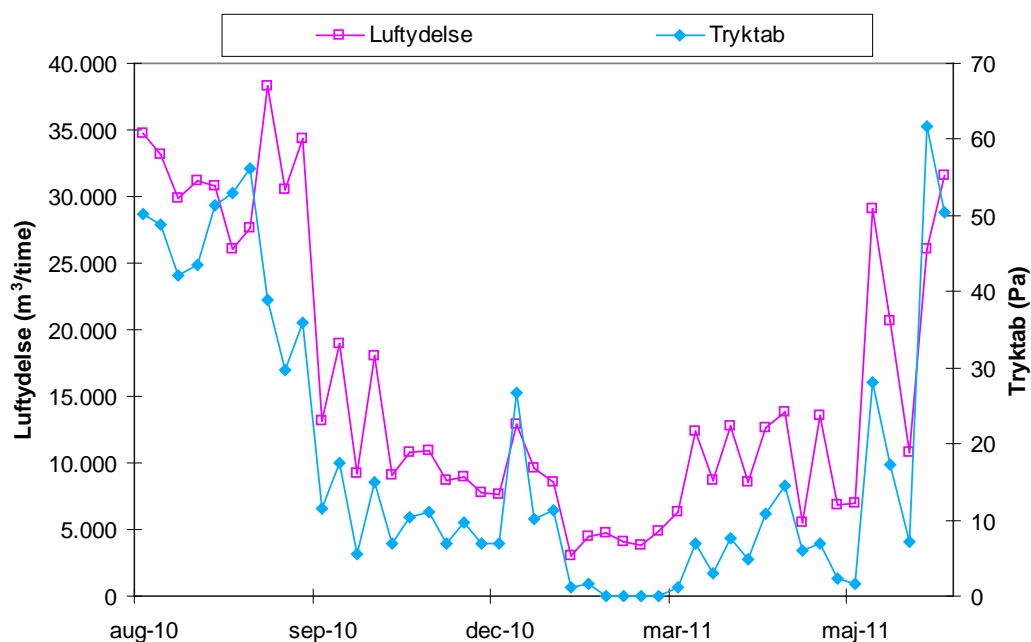
og A11 er vist analyseresultaterne af de udtagne vandprøver fra luftrensersens kar 1 og kar 2 i måleperioden henholdsvis om sommeren og om vinteren sammenholdt med den kontinuerlige ugentlige udtagning af vandprøverne, jf. beskrivelse i materiale og metode-afsnittet.

**Tablet 7.** Analyser af tørstof, pH, total N, ammonium-N, nitrit-N og nitrat-N i overrislingsvandet udtaget i karret under henholdsvis det første og andet filtertrin i luftrenserseren gennem afprøvningsperioden. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Kar 1	Kar 2
Antal målinger	31	31
pH	6,8 (6,3 – 7,3)	6,1 (4,1 – 7,1)
Ledningsevne (mS/cm)	19,6 (7,5 – 39)	2,6 (2,2 – 2,9)
Tørstof (g/l)	12,5 (2,80 – 28,0)	0,94 (0,57 – 1,40)
Total N (g/l)	4,39 (1,50 – 8,50)	0,39 (0,29 – 0,49)
Ammonium-N (g/l)	2,09 (0,67 – 3,90)	0,20 (0,12 – 0,24)
Nitrit-N (g/l)	0,08 (0,00 – 0,34)	0,06 (0,00 – 0,14)
Nitrat-N (g/l)	2,03 (0,55 – 4,50)	0,15 (0,07 – 0,23)

## Luftydelse og tryktab

I figur 6 er vist luftydelse igennem luftrenserseren og det samlede tryktab over filterelementerne på måledagene i afprøvningsperioden. I appendiks figur A7 er vist fordelingen af tryktab på de enkelte filtertrin på måledagene. Der blev flere gange konstateret stigende tryktab over det første filtertrin i luftrenserseren, hvilket skyldtes begyndende tilstopning af det 1. filterelement. Der blev foretaget en manuel vask af dette filterelement den 10. september 2010, den 6. januar 2011, den 4. februar 2011, den 6. maj 2011 og den 21. juli 2011. Selvom luftrenserseren var udstyret med en automatisk vasker, der med jævne mellemrum rengjorde det første filterelement, var det således nødvendigt at vaske det første filterelement manuelt fem gange i afprøvningsperioden. Ved afprøvning af to Farm AirClean BIO moduler fra SKOV A/S i en smågrisestald gennem et helt år blev der ligeledes konstateret begyndende tilstopning af det første filterelement, således at en manuel vask var nødvendigt to gange på den ene luftrenserser og tre gange på den anden luftrenserser [5]. I forbindelse med lugtmålingerne i den intensive måleperiode om sommeren var den gennemsnitlige luftydelse igennem luftrenserseren  $33.900 \pm 3.025$  m<sup>3</sup>/time. Ved lugtmålingerne om vinteren var den gennemsnitlige luftydelse igennem luftrenserseren  $8.600 \pm 4.500$  m<sup>3</sup>/time.



Figur 6. Luftydelse og tryktab over luftrenseren på måledagene i afprøvningsperioden. Der blev foretaget en manuel vask af det 1. filterelement i luftrenseren d. 10. september 2010, 6. januar 2011, 4. februar 2011, 6. maj 2011 og 21. juli 2011 pga. begyndende tilstopning.

## Driftsomkostninger

Driftsomkostninger ved anvendelse af luftrenseren udgøres af omkostninger til el og vand samt service- og vedligeholdelsesomkostninger. I tabel 8 er vist forbrugsomkostninger til el og vand i afprøvningsperioden.

Vandforbruget til luftrenseren var 339 l vand pr. produceret gris. Af den tilførte vandmængde blev 167 liter vand pr. produceret gris lænset fra luftrenseren til gylleopbevaringen. Den resterende tilførte vandmængde fordampede i forbindelse med, at luften fra stalden blev ledt igennem luftrenseren. Lænsevandsproduktionen hænger sammen med den ammoniakemission, der er fra stalden, og dermed den mængde ammoniak som fjernes. Den gennemsnitlige ammoniakemission målt i luften før luftrenseren var 0,35 g NH<sub>3</sub>-N/time/dyr, hvilket var højere end normtallet for den pågældende stalddtype. Normtallet for stalddypen svarer til 0,22 g NH<sub>3</sub>-N/time/dyr ved 13 ugers cyklus i slagtesvineholdet, og dermed kan lænsevandsmængden variere fra besætning til besætning. Der var ingen overrisling af det tredje filtertrin, men det blev manuelt gennemskyllet med vand én gang om måneden. Vandforbruget til gennemskylning af filtertrin 3 udgjorde 1,2 % af den tilførte vandmængde, mens den lænsede vandmængde fra filtertrin 3 udgjorde 2,0 % af den samlede lænsede vandmængde. Hovedparten af vandforbruget var således på de to første filtertrin.

Det samlede elforbrug til luftrenser og ventilering af stalden udgjorde 13,9 kWh pr. produceret gris. Til ventilering af slagtesvinestalde uden luftrensning anvendes typisk 5,5 kWh pr. produceret gris. Fratrækkes elforbruget til ventilation uden luftrensning fås det elforbrug, det kræver at lede luften

gennem luftrenseren svarende til 3,9 kWh pr. produceret gris. Ved en elpris på 0,75 kr. pr. kWh og en vandpris på 3,50 kr. pr. m<sup>3</sup> udgjorde de samlede forbrugsomkostninger til drift af luftrenseren og ventilering af staldsektionen 11,60 kr. pr. produceret gris. Fratrækkes omkostningen til ventilering af slagtesvinestalde uden luftrensning fås den reelle forbrugsomkostning for drift af luftrenseren svarende til 7,40 kr. pr. produceret gris. Der er ikke medregnet omkostninger til opbevaring og udbringning af lænsevand, ligesom værdien af ekstra kvælstof i lagertanken ikke er medregnet.

**Tabel 8.** El- og vandforbrug til luftrenseren i afprøvningsperioden.

	Forbrug i afprøvningsperioden	Forbrug pr. produceret gris
El luftrenser, kWh	5.541	4,5
El ventilation igennem luftrenser, kWh	11.547	9,4
El total, kWh	17.088	13,9
Vand tilført, m <sup>3</sup>	416	0,339
Vand lænset, m <sup>3</sup>	204	0,167

I tabel 9 er service- og vedligeholdelsesomkostningerne angivet for luftrenseren i afprøvningsperioden. I besætningen var det aftalt, at servicefolk fra SKOV A/S foretog tilsynet med driften af luftrenseren, det såkaldte "landmandstilsyn". Der blev gennemsnitlig anvendt 17 min. hver uge til tilsyn med driften af luftrenseren. Derudover blev første filterrække vasket manuelt fem gange i afprøvningsperioden. Til de manuelle vaske af første filterrække blev der anvendt mellem 2 og 4,5 time pr. gang. I luftrenseren var der ind i mellem et lavt vandtryk på tilførslen af vand, som skyldtes ejendommens vandboring. Det lave vandtryk influerede på den tid det samlet set krævede at vaske det første filterelement. Ligeledes var det flere gange i afprøvningsperioden nødvendigt at afstille alarmer på registrering af for lavt vandtryk, hvilket også påvirkede tidsforbruget til landmandstilsyn.

Fire dage i afprøvningsperioden udførte SKOV A/S reparationer på luftrenseren. Transportomkostninger for SKOV A/S vil afhænge af afstanden for SKOVs servicebil til besætningen. I tabel 9 er der regnet med en transportafstand for SKOV A/S til besætningen på 75 km og en transporttid hver vej på en time pr. besøg. I appendiks tabel A12 er vist datoer for servicebesøg samt hvilke reservedele, der blev udskiftet i afprøvningsperioden. I forhold til opgørelsen af reservedele blev vaskemotoren til den automatiske vasker udskiftet to gange i luftrenseren. I december 2010 og januar 2011 var der derudover seks besøg fra SKOV A/S, som skyldtes problemer med den automatiske vasker, som blev dækket af garantien fra leverandøren af den automatiske vasker. Servicebesøg dækket af garantien er derfor ikke medregnet i service- og vedligeholdelsesomkostningerne. Service- og vedligeholdelsesomkostningerne for luftrenseren i afprøvningsperioden udgjorde 29.108 kr. svarende til 23,70 kr. pr. produceret gris.

I forudsætningerne for Miljøstyrelsens økonomiske beregninger for biologisk luftrensning [14] er der indlagt at første filterrække i luftrenseren skiftes hvert andet år. Anden filterrække i luftrenseren er anført til at skulle udskiftes hver 3,5 år. Over en 10 års afskrivningsperiode for anlægget vil den årlige

omkostning til filterskift udgøre 4.725 kr. til filtre. Inklusive forbrugsomkostningerne og filterskift udgjorde driftsomkostninger dermed 35,00 kr. pr. produceret gris. Generelt var driftsomkostninger for luftrenseren i afprøvningsperioden væsentlig højere, end det der regnes med i forudsætningerne for Miljøstyrelsens økonomiske beregninger for biologisk luftrensning, hvilket dels skyldtes, at omkostningerne skulle fordeles på én staldsektion med 350 stipladser svarende til 40 DE, hvor alt luft fra sektionen blev rensat. Endvidere var der i afprøvningen begyndende tilstopning af det første filterelement, som krævede at det blev vasket manuelt fem gange, ligesom der var en del driftsproblemer med den automatiske vasker, som ligeledes påvirkede driftsomkostningerne.

**Tabel 9.** Service- og vedligeholdelsesomkostninger ved luftrenseren i afprøvningsperioden.

	Omkostninger i afprøvningsperioden
Tilsyn med driften "landmandstilsyn", kr. <sup>1</sup>	8.333
Serviceomkostninger – arbejds løn, kr. <sup>2</sup>	3.080
Serviceomkostninger – reservedele, kr.	12.039
Transportomkostninger, kr. <sup>3</sup>	5.656
<b>Totale omkostninger, kr.</b>	<b>29.108</b>

<sup>1</sup> For landmandstilsyn er der regnet med en timepris på 250 kr.

<sup>2</sup> For arbejds løn til service er der regnet med en timepris på 440 kr.

<sup>3</sup> For servicebesøg er der regnet med 2 timers transporttid og 150 km.

## Konklusion

Luftrenseren Farm AirClean 3-trins BIO Flex reducerede over året gennemsnitlig ammoniakemissionen med 94 %. Målt efter trin 2 i luftrenseren var ammoniakemissionen reduceret med gennemsnitlig 92 % og var kun numerisk lavere end reduktionen målt efter trin 3.

Analyseresultaterne fra LUFA Nord-West viste, at lugtkoncentrationen i luften fra stalden både sommer og vinter blev reduceret med 76 % ved at passere gennem de to første filtertrin. Efter det 3. filtertrin var den reduceret med i alt 80 % om sommeren og med 84 % om vinteren. Disse resultater var i overensstemmelse med de resultater, der var opnået ved afprøvning af 3-trins luftrenseren i Tyskland, hvor lugtprøverne ligeledes blev analyseret ved LUFA Nord-West. Analyseresultaterne fra Eurofins viste derimod, at der ingen statistisk sikker reduktion var af lugtkoncentrationen om sommeren, mens der var tendens til en mindre reduktion i analyseresultaterne fra DMRI. Om vinteren viste analyseresultaterne fra DMRI en statistisk sikker lugtreduktion, om end reduktionen var lavere end resultaterne fra LUFA Nord-West. Årsagen, til at laboratorierne måler forskellige niveauer og giver anledning til forskellige procentuelle reduktioner, kendes ikke. Videncenter for Svineproduktion har derfor bedt Miljøstyrelsen undersøge problemstillingen. Bestemmelserne af lugtkarakteren både sommer og vinter viste, at lugtkarakteren i luften før luftrenseren kunne detekteres i 37,5 % af prøverne udtaget efter 2. filterelement, mens det efter 3. filterelement kun var i 12,5 % af prøverne.

Svovlbrintekonzentrationen var gennemsnitlig over året reduceret med 38 % efter det 1. filterelement, 41 % efter det 2. filterelement og efter det 3. filtertrin, var den reduceret med i alt 59 % i f. t. konzentrationen før luftrenseren.

Ved at lede luften fra stalden igennem luftrenseren blev støvkonzentrationen også reduceret. Én times målinger af støvkonzentrationen viste, at støvkonzentrationen i luften fra stalden blev reduceret med gennemsnitlig 90 % om sommeren og med 70 % om vinteren ved at passere gennem luftrenseren. Én times målingerne viste en højere reduktionsgrad om sommeren, men en lidt lavere reduktionsgrad om vinteren i f. t. 24 timers målingerne af støvkonzentrationen.

Vandforbruget til luftrenseren var 339 l. vand pr. produceret gris. Af den tilførte vandmængde blev 167 l. vand pr. produceret gris lænset fra luftrenseren til gylleopbevaringen, mens resten fordampede over luftrenseren. Analyser, af det vand der lænses til gylleopbevaring gennem året, viste, at det gennemsnitlige indhold af total N var 4,39 g/l. Det samlede elforbrug til luftrenser og ventilering af stalden udgjorde 13,9 kWh pr. produceret gris. De samlede forbrugsomkostninger til drift af luftrenseren udgjorde 7,40 kr. pr. produceret gris.

I besætningen foretog servicefolk fra SKOV A/S tilsynet med driften af luftrenseren, det såkaldte "landmandstilsyn". Der blev gennemsnitlig anvendt 17 min. hver uge til tilsyn med driften af luftrenseren. Derudover blev første filterrække vasket manuelt fem gange i afprøvningsperioden. Til de manuelle vaske af første filterrække blev der anvendt mellem 2 og 4,5 time pr. gang. Fire dage i afprøvningsperioden udførte SKOV A/S reparationer på luftrenseren. Service- og vedligeholdelsesomkostningerne for luftrenseren i afprøvningsperioden udgjorde 29.108 kr., svarende til 23,70 kr. pr. produceret gris. Inklusive forbrugsomkostningerne og filterskift udgjorde driftsomkostninger dermed 35,00 kr. pr. produceret gris.

Generelt var driftsomkostninger for luftrenseren i afprøvningsperioden væsentlig højere, end det der regnes med i forudsætningerne for Miljøstyrelsens økonomiske beregninger for biologisk luftrensning, hvilket dels skyldtes, at omkostningerne skulle fordeles på én staldsektion med 350 stipladser svarende til 40 DE, hvor alt luft fra sektionen blev renset. Desuden var der i afprøvningen begyndende tilstopning af det første filterelement, som krævede, at det blev vasket manuelt fem gange, ligesom der var en del driftsproblemer med den automatiske vasker.

# Referencer

- [1] Jensen, T.L.; Hansen, M.J.: (2006): Slagtesvinestald med biologisk luftrensning fra SKOV A/S. [Meddelelse nr. 737, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [2] Lyngbye, M.; Hansen, M.J.: (2008): Slagtesvinestald med biologisk luftrensning fra SKOV A/S – filterarealets betydning ved maksimumventilation. [Meddelelse nr. 827, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [3] Lyngbye, M.: (2008): Test af filterareal og demonstration af Farm AirClean – BIO modul fra SKOV A/S i en smågrisestald ved maksimumventilation. [Meddelelse nr. 830, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [4] Riis, A.L.: (2009): Biofilter kombineret med Farm AirClean BIO modul fra SKOV A/S. [Erfaring nr. 1001, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [5] Riis, A.L.: (2011): Ammoniakreduktion og driftsomkostninger ved Farm AirClean BIO system fra SKOV A/S i en smågrisestald. [Meddelelse nr. 915, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [6] DLG e.V.: (2010): SKOV A/S Dreistufige Abluftreinigungsanlage BIO Flex 3-step (dreistufig). DLG-Prüfbericht 5955.
- [7] Riis, A.L.: (2011): Sommermålinger ved Farm AirClean BIO Flex fra SKOV A/S. [Meddelelse nr. 896, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [8] Dansk Standard: (2003): Luftundersøgelse – Bestemmelse af lugtkoncentration ved brug af dynamisk olfaktometri. DS/EN 13725:2003.
- [9] Valbjørn, O.: (1997): Måling og vurdering af indeklimaet. Arbejdsmiljøfondet. ISBN:87-7359-867-4.
- [10] Hansen, M.J.; Feilberg, A.; Liu, D.; Guldborg, L.B.: (2011): Application of Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry for assessment of odorant removal in a biological air cleaner for pig production. Submitted to Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- [11] Riis, A.L.; Jensen, T.L.: (2007): BIO-REX Hartmann Bio-Filter afprøvet ved en slagtesvinestald. [Meddelelse nr. 807, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [12] Riis, A.L.: (2009): Biologisk luftrenser fra VengSystem. [Erfaring nr. 1008, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [13] Riis, A.L.; Sørensen, K.: (2009): Biofilter kombineret med kemisk luftrenser fra ScanAirClean A/S. [Erfaring nr. 0907, Videncenter for Svineproduktion.](#)
- [14] Miljøstyrelsen (2010): Forudsætninger for de økonomiske beregninger ved biologisk luftrensning. Miljøstyrelsens hjemmeside [www.mst.dk](http://www.mst.dk).

## Deltagere

**Teknikere:** Tommy Nielsen, Kim Albrechtsen, Emil Dietz Fuglsang, Videncenter for Svineproduktion

**Statistikere:** Mai Britt Friis Nielsen, Videncenter for Svineproduktion

**Ph.d. studerende:** Michael Jørgen Hansen, DJF, Århus Universitet.

**Afprøvning nr.:** 1085

---

## VIDENCENTER FOR SVINEPRODUKTION

Tlf.: 33 39 40 00

Fax: 33 11 25 45

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



*en del af*

## Landbrug & Fødevarer

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

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

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

# Appendiks



Figur A1. Indretning af slagtesvinestalden, hvor afprøvningen blev gennemført.

**Tabel A1.** Temperatur, luftfugtighed og kuldioxid målt i måleperioden om sommeren hhv. i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement. Middelværdi og standardafvigelse er angivet.

	Temperatur (°C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxid (ppm)
N	20	20	20
Før luftrensere	20,7 ± 1,3	65 ± 8	800 ± 130
Efter 2. filterelement	16,8 ± 1,4	86 ± 7	780 ± 130
Efter 3. filterelement	16,7 ± 1,3	87 ± 8	800 ± 140

**Tabel A2.** Temperatur, luftfugtighed og kuldioxid målt i måleperioden om vinteren hhv. i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement. Middelværdi og standardafvigelse er angivet.

	Temperatur (°C)	Relativ luftfugtighed (%)	Kuldioxid (ppm)
N	16	16	16
Før luftrensere	18,0 ± 1,0	65 ± 4	2230 ± 950
Efter 2. filterelement	15,1 ± 0,6	73 ± 5	2250 ± 610
Efter 3. filterelement	14,3 ± 0,8	76 ± 5	2310 ± 630

**Tabel A3.** Tidspunkter for gylleudslusning i måleperioden om sommeren og om vinteren.

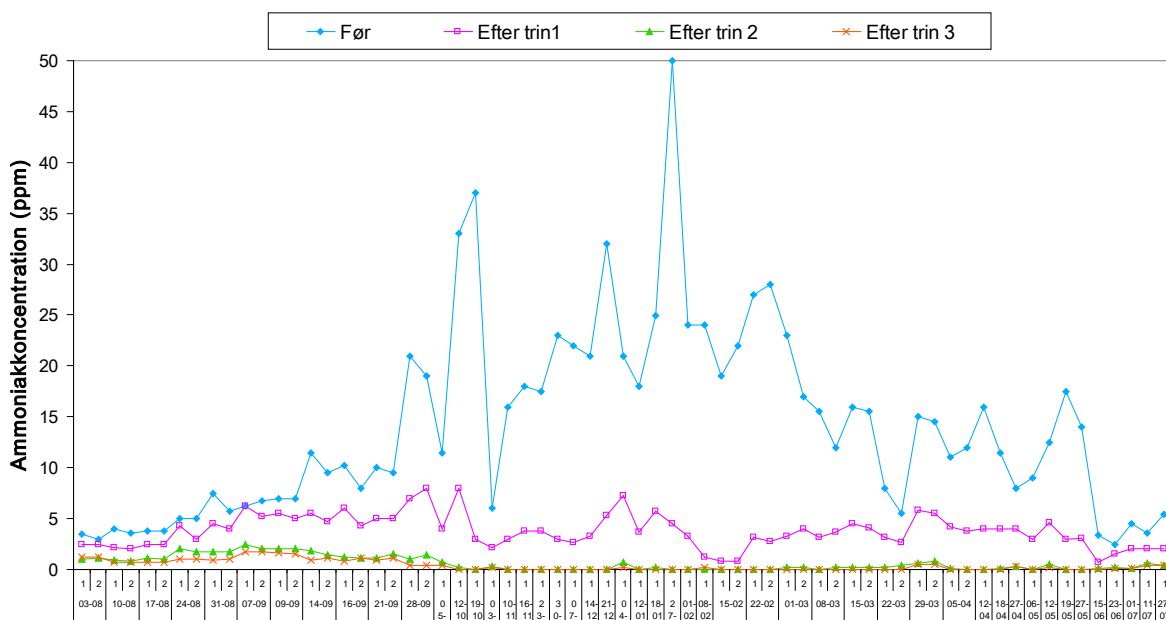
Dato	Gyllekanal							
	1	2	3	4	5	6	7	8
31. august 2010 <sup>1</sup>						x		x
28. marts 2011	x	x	x	x	x	x	x	x

<sup>1</sup> I måleperioden om sommeren var det kun kanal 6 og 8 der blev tømt



**Tabel A4.** Graden af svineri på det drænede gulv på dage med lugtmålinger opgjort som procent af det totale areal med drænet gulv.

Dato	Svineri på det drænede gulv (%)
03-08-2010	15
10-08-2010	20
17-08-2010	10
24-08-2010	15
31-08-2010	35
07-09-2010	50
09-09-2010	40
14-09-2010	30
16-09-2010	35
21-09-2010	60
15-02-2011	90
22-02-2011	30
01-03-2011	40
08-03-2011	50
15-03-2011	40
22-03-2011	30
29-03-2011	30
05-04-2011	50



Figur A2. Ammoniakkoncentration målt med Kitagawa sporgasrør ca. 1 gang ugentlig over året i luften før luftrensere, samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrensere.

**Table A5.** Ammoniakkoncentration målt kontinuerligt med INNOVA 1314 fotoakustisk gasmåler i perioden 13. august til 3. september 2010 i luften før luftrensere samt efter 1., 2. og 3. filterelement. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Ammoniakkoncentration (ppm)
Før luftrensere	6,4 (5,9 – 6,8)
Efter 1. filterelement	3,5*** (3,1 – 4,0)
Efter 2. filterelement	1,7*** (1,3 – 2,2)
Efter 3. filterelement	1,1*** (0,7 – 1,6)

\*\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,001$  i forhold til ammoniakkoncentrationen før luftrensere.

**Table A6.** Ammoniakkoncentration målt kontinuerligt med INNOVA 1412 fotoakustisk gasmåler i perioden 8. februar til og med 5. april 2011 i luften før luftrensere samt efter 1., 2. og 3. filterelement. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Ammoniakkoncentration (ppm)
Før luftrensere	17,5 (16,8 – 18,2)
Efter 1. filterelement	2,0*** (1,3 – 2,7)
Efter 2. filterelement	0,5*** (~0 – 1,2)
Efter 3. filterelement	0,7*** (~0 – 1,4)

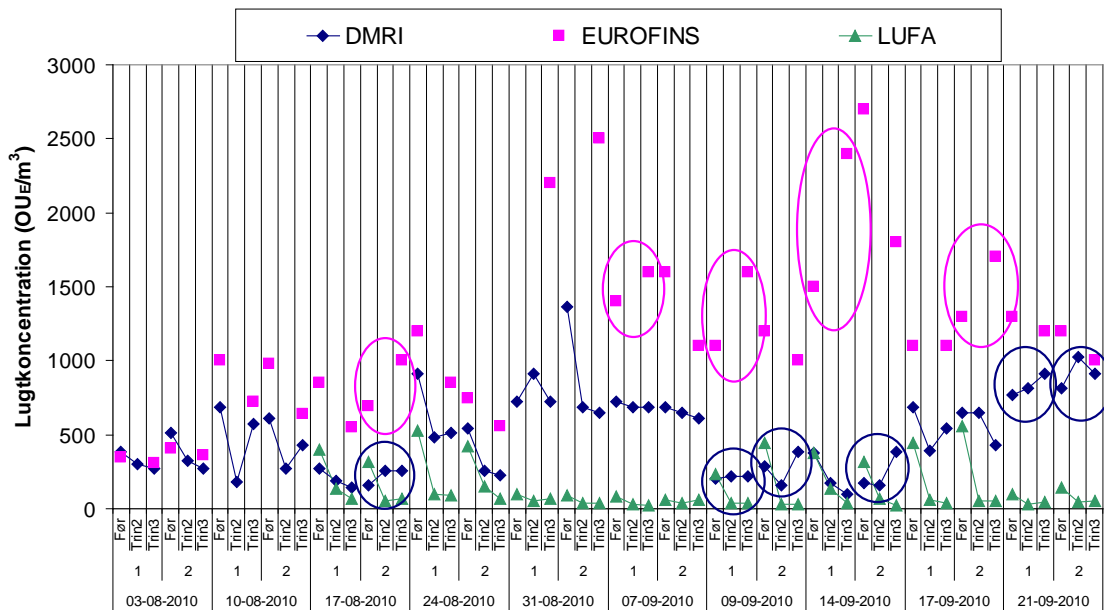
\*\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,001$  i forhold til koncentrationen før luftrensere.

**Table A7.** Lugtkoncentration i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved DMRI og Eurofins på 10 måledage om sommeren. Der blev ikke udtaget prøver efter 2. filterelement til Eurofins. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

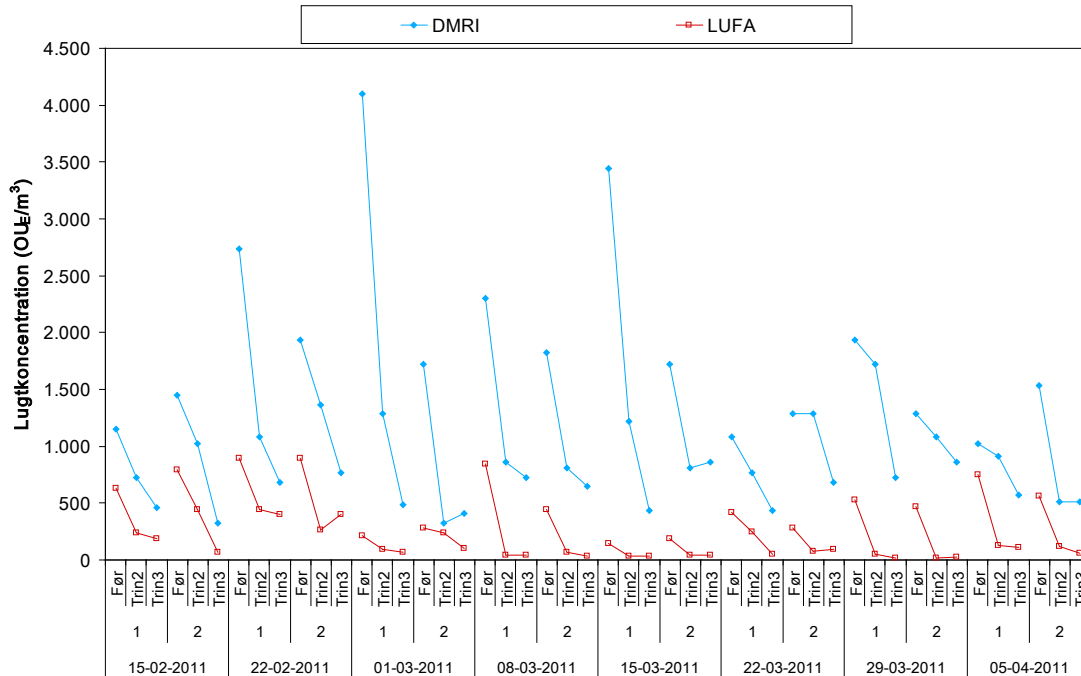
	Lugtkoncentration ( $\text{OU}_E/\text{m}^3$ )	
	DMRI	Eurofins
N	20	20
Før luftrensere	498 (378 – 656)	1212 (900 – 1631)
Efter 2. filterelement	364** (276 – 479)	-
Efter 3. filterelement	396* (301 – 522)	1021* (758 – 1374)

\*\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,01$  i forhold til lugtkoncentrationen før luftrensere.

\* Statistisk sikker forskel,  $P < 0,05$  i forhold til lugtkoncentrationen før luftrensere.



Figur A3. Lugtkoncentration i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved LUFA Nord-West, DMRI og Eurofins på de enkelte måledage om sommeren. Der blev ikke udtaget prøver til Eurofins efter 2. filterelement. Markeringerne omkring nogle af analyseresultaterne viser, hvor der blev målt højere lugtkoncentration efter luftrensere end før luftrensere.



Figur A4. Lugtkoncentration i luften før luftrensere samt efter 2. og 3. filterelement analyseret ved LUFA Nord-West og DMRI på de enkelte måledage om vinteren. Der blev ikke udtaget prøver til Eurofins om vinteren.

**Tabel A8.** Lugtemission om sommeren målt hhv. før luftrenseren samt efter 2. og 3. filtertrin analyseret ved LUFA Nord-West, DMRI og Eurofins. Der blev udtaget prøver til LUFA Nord-West på otte måledage og til DMRI og Eurofins på 10 måledage. Der blev ikke udtaget prøver efter 2. filterelement til Eurofins. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Lugtemission (OU <sub>E</sub> /s/1000 kg dyr)		
	LUFA Nord-West	DMRI	Eurofins
N	16	20	20
Før luftrenser	85 (59 – 123)	212 (163 – 276)	515 (409 – 648)
Efter 2. filterelement	21 <sup>***</sup> (14 – 30)	154 <sup>**</sup> (119 – 201)	-
Efter 3. filterelement	17 <sup>***</sup> (12 – 24)	168 <sup>*</sup> (129 – 219)	434 <sup>*</sup> (345 – 546)

\*\*\* Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til lugtemissionen før luftrenseren.

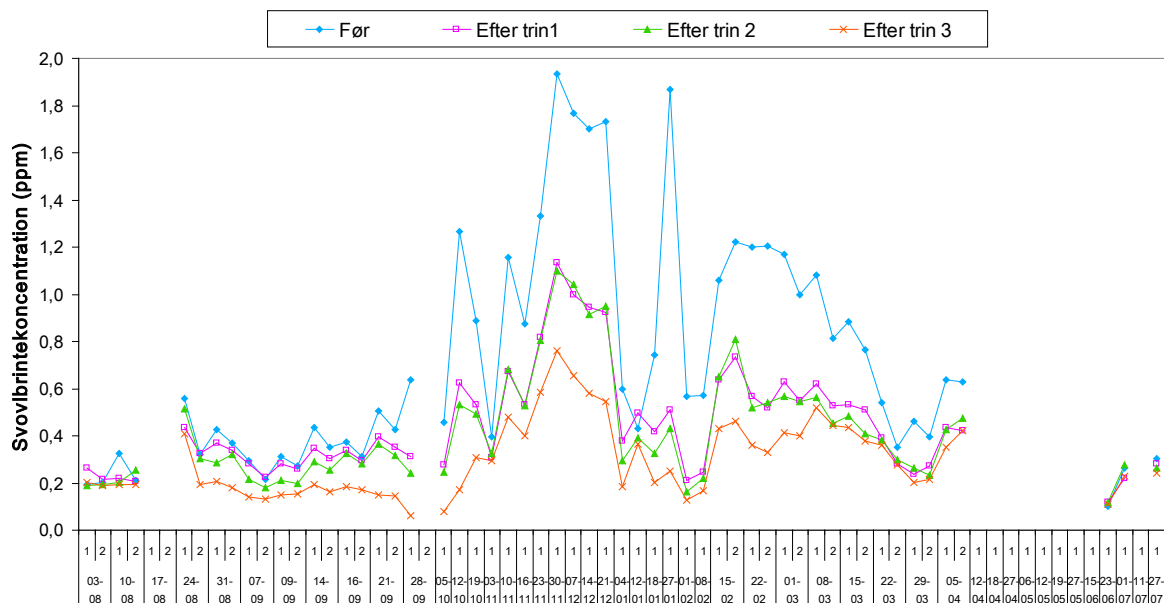
\*\* Statistisk sikker forskel, P<0,01 i forhold til lugtemissionen før luftrenseren.

\* Statistisk sikker forskel, P<0,05 i forhold til lugtemissionen før luftrenseren.

**Tabel A9.** Lugtemission om vinteren målt hhv. før luftrenseren samt efter 2. og 3. filtertrin analyseret ved LUFA Nord-West og DMRI. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

	Lugtemission (OU <sub>E</sub> /s/1000 kg dyr)	
	LUFA Nord-West	DMRI
N	16	16
Før luftrenser	50 (35 – 72)	194 (150 – 251)
Efter 2. filterelement	12 <sup>***</sup> (8 – 17)	102 <sup>***</sup> (79 – 132)
Efter 3. filterelement	8 <sup>***</sup> (5 – 11)	63 <sup>***</sup> (49 – 82)

\*\*\* Statistisk sikker forskel, P<0,001 i forhold til lugtemissionen før luftrenseren.



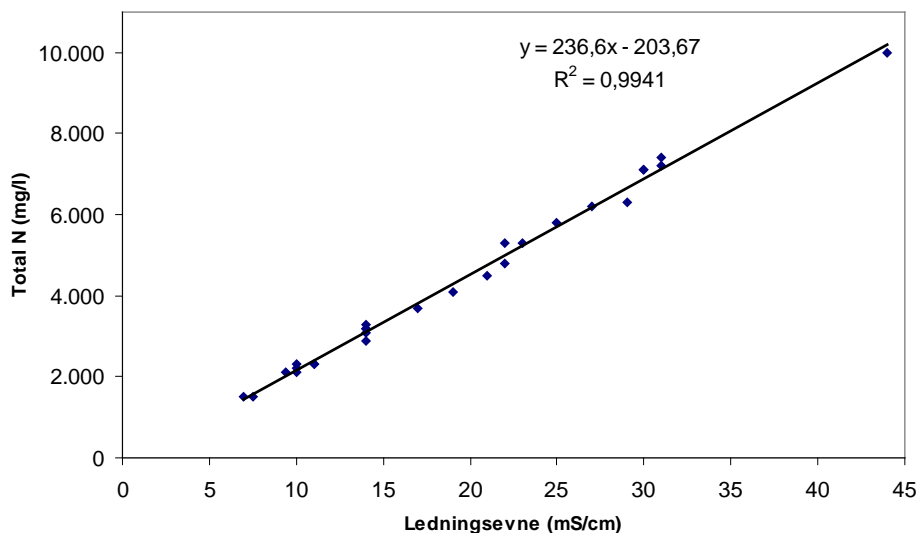
Figur A5. Svolbrintekonzentration målt ca. 1 gang ugentlig over året i luften før luftrensere samt efter 1., 2. og 3. filterelement i luftrenseren.

**Tabel A10.** Analyser af tørstof, pH, total N, ammonium-N, nitrit-N og nitrat-N i overrindingsvandet udtaget i karret under hhv. det første og andet filtertrin i luftrenseren i måleperioden om sommeren. Ligeledes er vist analyser af den kontinuerlige opsamling af vandprøver af den lænsede vandmængde fra kar 1 på ugeniveau i samme periode. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

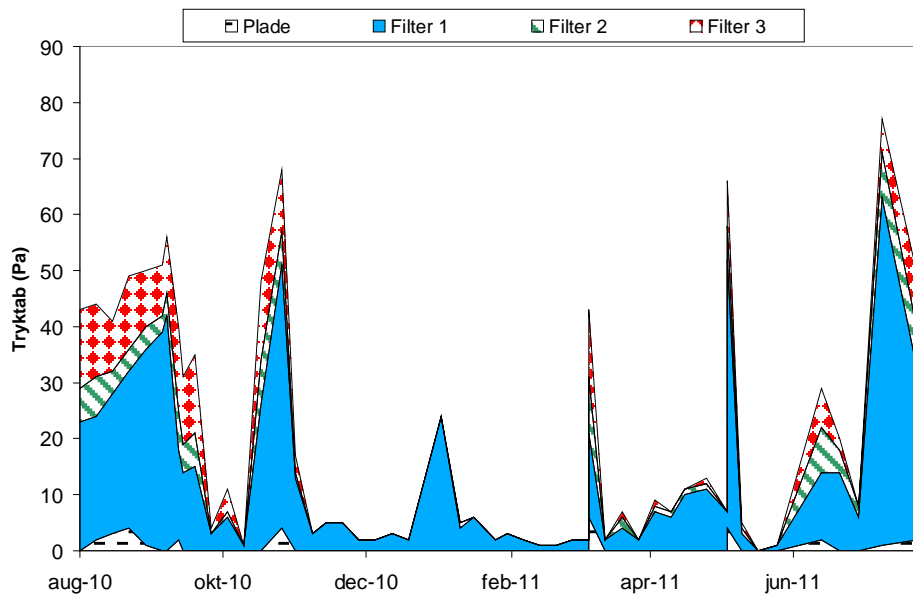
	Kar 1 Ugentlig opsamling	Kar 1	Kar 2
Antal målinger	9	10	10
pH	7,0 (6,7 – 7,5)	6,9 (6,4 – 7,1)	6,9 (6,6 – 7,1)
Ledningsevne (mS/cm)	12,0 (5,5 – 27,0)	12,7 (7,0 – 29,0)	2,7 (2,5 – 2,9)
Tørstof (g/l)	6,48 (1,20 – 19,0)	6,96 (2,60 – 21,0)	0,82 (0,57 – 1,10)
Total N (g/l)	2,61 (1,10 – 6,00)	2,79 (1,50 – 6,30)	0,44 (0,39 – 0,49)
Ammonium-N (g/l)	1,25 (0,54 – 2,80)	1,34 (0,67 – 3,20)	0,22 (0,19 – 0,24)
Nitrit-N (g/l)	0,10 (0,00 – 0,28)	0,12 (0,00 – 0,34)	0,08 (0,00 – 0,14)
Nitrat-N (g/l)	1,11 (0,43 – 2,90)	1,16 (0,49 – 3,10)	0,14 (0,07 – 0,26)

**Tabel A11.** Analyser af tørstof, pH, total N, ammonium-N, nitrit-N og nitrat-N i overrislingsvandet udtaget i karret under hhv. det første og andet filtertrin i luftrensere i måleperioden om vinteren. Ligeledes er vist analyser af den kontinuerlige opsamling af vandprøver af den lænsede vandmængde fra kar 1 på ugeniveau i samme periode. 95 % konfidensinterval er angivet i parentes.

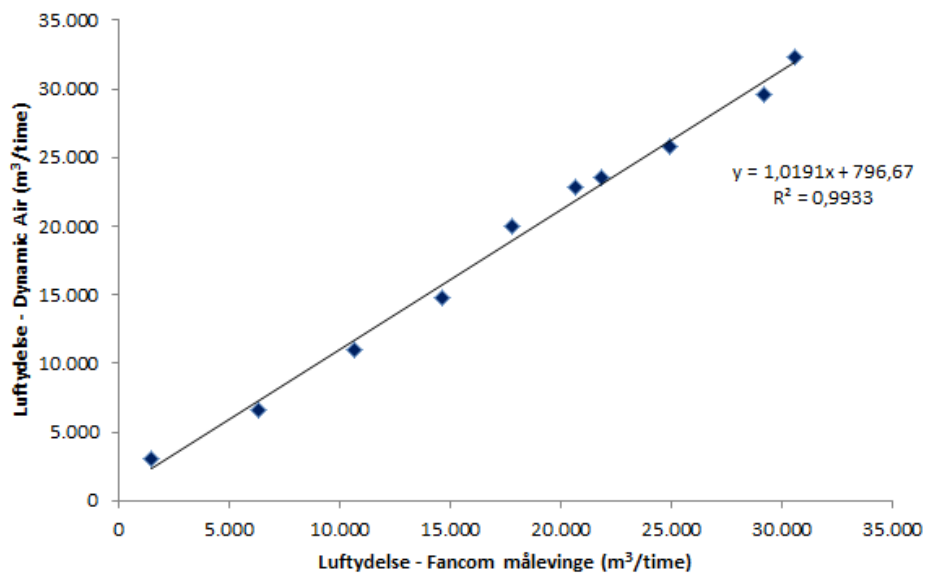
	Kar 1 Ugentlig opsamling	Kar 1	Kar 2
Antal målinger	7	8	8
pH	6,6 (6,5 – 6,8)	6,7 (6,4 – 6,9)	5,6 (3,5 – 6,8 )
Ledningsevne (mS/cm)	26,3 (16,0 – 38,0)	27,1 (19,0 – 44,0)	2,5 (2,3 – 2,8)
Tørstof (g/l)	17,8 (9,80 – 27,0)	18,0 (12,0 – 29,0)	1,10 (0,80 – 1,60)
Total N (g/l)	6,09 (3,60 – 9,20)	6,15 (4,10 – 10,0)	0,36 (0,31 – 0,45)
Ammonium-N (g/l)	3,13 (1,80 – 4,60)	3,20 (2,10 – 5,20)	0,18 (0,12 – 0,23)
Nitrit-N (g/l)	0,01 (0,00 – 0,04)	0,01 (0,00 – 0,04)	0,04 (0,00 – 0,14)
Nitrat-N (g/l)	2,99 (1,60 – 4,60)	3,04 (2,00 – 5,10)	0,18 (0,11 – 0,21)



Figur A6. Sammenhæng mellem ledningsevne og total-N i overrislingsvandet i kar 1 ved luftrensere fra SKOV A/S.



Figur A7. Fordeling af tryktab på filterelementerne i luftrenseren gennem afprøvningsperioden. Der blev foretaget en manuel vask af det 1. filterelement i luftrenseren den 10. september 2010, den 6. januar 2011, den 4. februar 2011, den 6. maj 2011 og den 21. juli 2011.



Figur A8. . Sammenhæng mellem luftydelse målt med henholdsvis Dynamic Air fra SKOV A/S og kalibrerede Fancom målevinger i afprøvningsperioden.

**Tabel A12.** Servicebesøg og udskiftning af reservedele i luftrenseren i afprøvningsperioden.

Dato	Type
11-09-2010	Ledning på vandur
18-11-2010	Motor på automatisk vasker
6-01-2011	Pumpe på automatisk vasker
14-02-2011	Kontraventil ved vandmåler renses