



<b>Teknologiblad</b>	Version: 1. udgave
Dyretype: Æglæggende høner	Dato: 17.05.2011
Teknologitype: Staldindretning – Kemisk luftrensning	Revideret: -
Kode: TB	Side: 1 af 16

## Kemisk luftrensning med syre - æglæggende høns

### Resumé

Ammoniakfordampning	Der er gennemført to danske afprøvninger i henholdsvis en stald med æglæggende høner og en slagtekyllingestald, hvor det blev fundet, at kemisk luftrensning potentielt kan reducere ammoniakkoncentrationen med hhv. 59,1-72,7 % og 80-90 %. Renseeffekten forventes at ligge på 75 %, hvilket svarer til gennemsnittet af de opnåede renses effekter i de to danske undersøgelser. Renseeffekten afhænger af luftrenserfabrikat, delrensningsgrad og tilstopning af støv i filtrene.
Lugt fra stald	I en dansk undersøgelse af kemisk luftrensning i en æglæggestald blev der registreret en lugtreduktion på 19,3-31,4 % målt i en vinterperiode, mens der ikke var nogen signifikant effekt i sommerperioden. I en udenlandsk artikel blev der angivet en lugtreduktion på 34 % målt i luften fra en æglæggestald, som har passeret en kemisk luftrenser. På baggrund af de fundne resultater vurderes det, at teknologien kan reducere lugten med ca. 25 %.
Støv	Der er ingen effekt på støvkoncentrationen i stalden, da teknikken først anvendes, når luften forlader stalden. Til gengæld bliver støvkoncentrationen reduceret i den luft, som passerer luftrenseren.
Emission af miljøfremmede stoffer	Der er ikke fundet dokumentation for, at teknologien øger emissionen af miljøfremmede stoffer.
Energi og ressourceforbrug	Der vil være et øget elforbrug og vandforbrug ved anvendelse af teknikken. Derudover vil der være et forbrug af svovlsyre.
Arbejds miljø	Teknikken har ikke nogen indvirkning på arbejdsmiljøet. Der er dog særlige forhold, som skal overholdes ved håndtering af svovlsyre.
Smittorisiko	Det vurderes, at teknikken ikke giver anledning til øget smittorisiko.
Dyrevelfærd	Der er ikke fundet dokumentation for, at dyrevelfærden ændres ved anvendelse af teknikken. Der kan dog opstå nedsat ventilationsydelse på grund af risiko for tilstopning af filtre med støv, hvilket vil have stor indflydelse på dyrevelfærden - specielt i perioder med et stort behov for ventilation.
Affald og spildevand	Teknikken giver ikke anledning til produktion af affald. Vand lænset fra anlægget skal opbevares i separat tæt beholder før udbringning i mark.
Miljøfremmede stoffer	Effekten er ikke dokumenteret.
Virkning på lager og mark	Den kvælstofmængde, der opsamles i luftrenseren vil øge gødningsmængden og dermed potentialet for markudbytte, hvis lænse vandet udnyttes som et gødningsmiddel.
Driftssikkerhed	Driftssikkerheden er endnu ikke påvist. Både danske og udenlandske undersøgel-

ser har vist, at der forekommer hyppige problemer med tilstopning af støv i filterne. Tilstopning af støv nedsætter renseseffekten, øger energiforbruget samt øger risikoen for et dårligere klima og dårligere dyrevelfærd i stalden.

Merinvestering | Teknologien fører til øgede etableringsomkostninger.

Driftsomkostninger | Teknologien fører til øgede driftsomkostninger i form af svovlsyre-, el- og vandforbrug, vedligeholdelse, tidsforbrug til alarmer ved driftsstop, rengøring af tilstoppede filtre samt til serviceaftale.

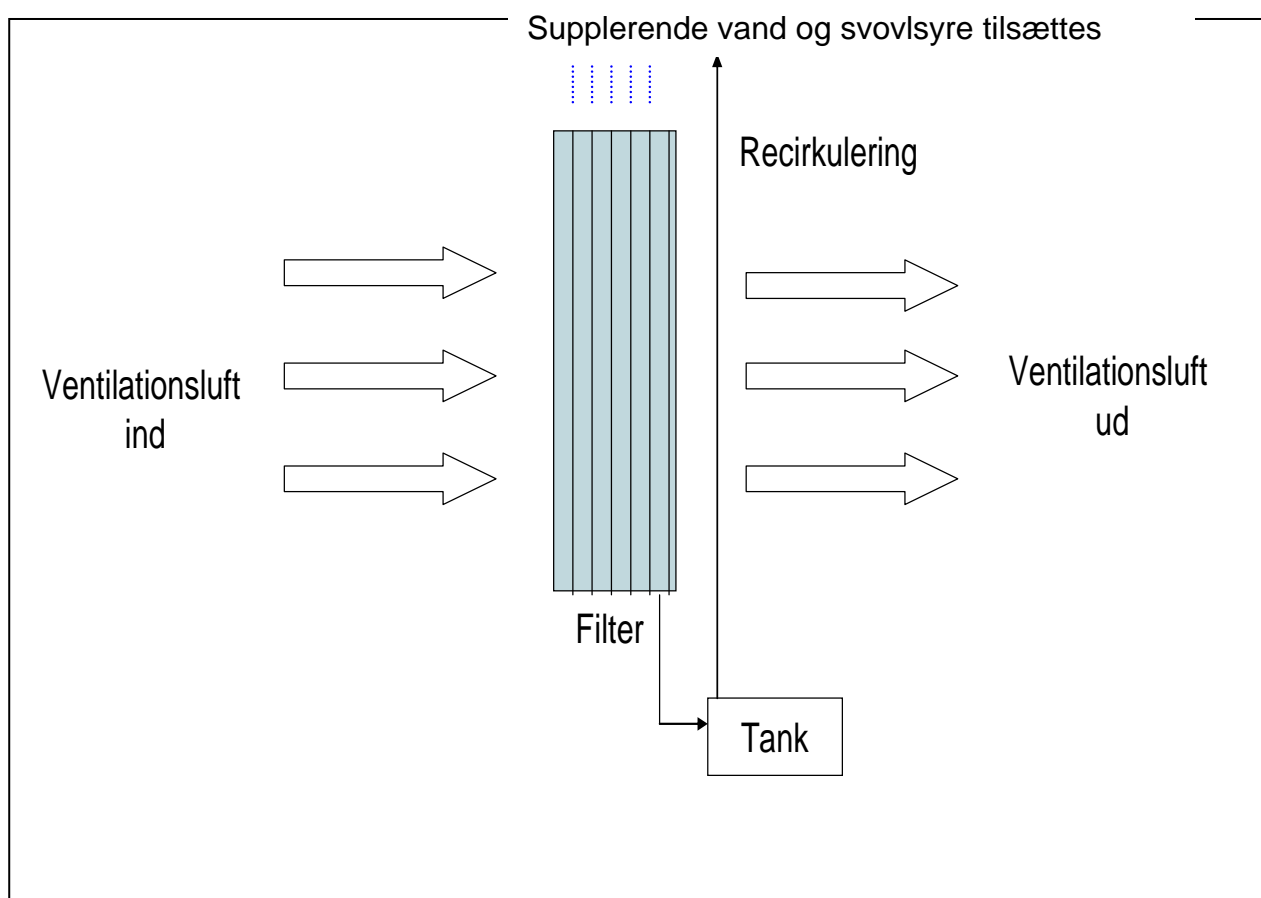
Dette Teknologiblad er udarbejdet for Miljøstyrelsen af:

AgroTech A/S (teknisk del), NIRAS Konsulenterne (økonomisk del) og Miljøstyrelsen (forslag til vilkår).

### Kort beskrivelse af teknologien

Ventilationsluften fra stalden ledes gennem et uorganisk filtermateriale, der overrisles via dyser med en syreopløsning, som har en pH under 4 (Melse & Ogink, 2005; Melse & Timmermann, 2009). Syreopløsningen er typisk en svovlsyreopløsning. Ved luftens passage gennem filteret sker der en absorption af ammoniak og støv i syreopløsningen. Filtermaterialet øger kontaktoverfladen mellem luften og syreopløsningen (ammoniakvand) og kan bestå af forskellige materialer. Fælles for alle filtermaterialer er, at de er porøse således, at luften kan ledes herigennem. Som oftest recirkuleres ammoniakvandet, indtil det opsamles i en beholdnings-tank.

Ammoniakabsorptionen afhænger af filterets areal, fugtighed og pH i vandet, som filteret overrisles med. Princippet i en kemisk luftrenser er afbilledet i figur 1.



Figur 1. Overordnede principper ved en kemisk luftrenser (modificeret efter Melse & Ogink, 2005).

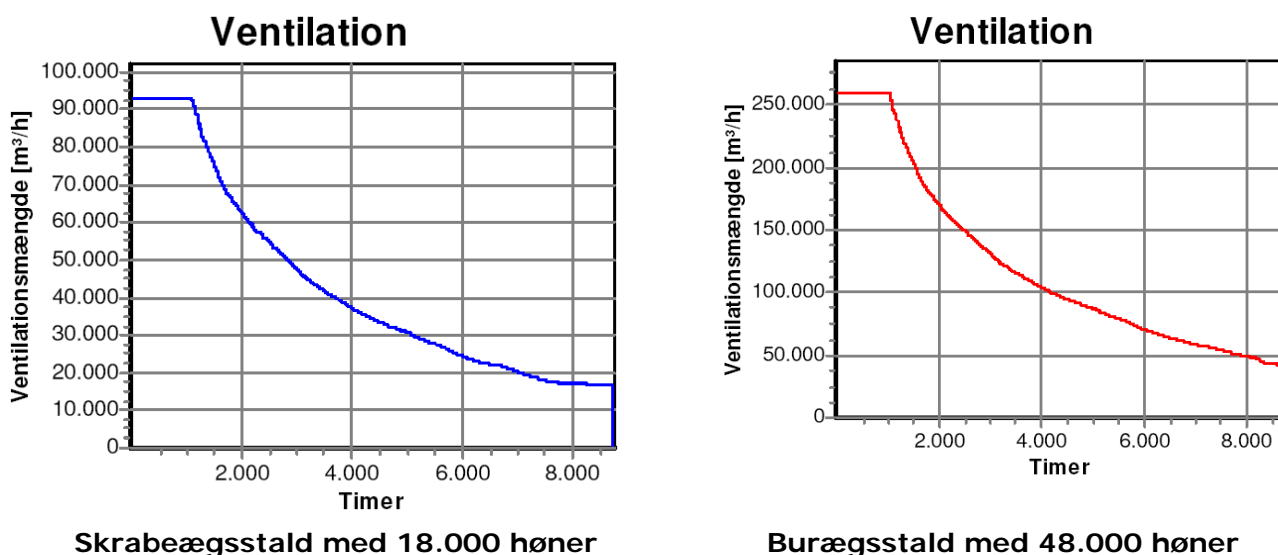
Generelt kan luftrenseren placeres centralt eller decentralt. Det vil være en mulighed, at placere luftrenseren uden for stalden. Dette gør det muligt at udføre service af luftrenseren samt at håndtere syren uden at skulle ind i stalden, hvorved en høj smittebeskyttelse kan opretholdes.

### Delrensning

Der skelnes mellem rensning af al afgangsluft fra stalden og delrensning, hvor kun en del af den samlede ventilationsluft renses i perioder med et meget højt ventilationsbehov. Det er muligt ved delrensning at opnå en forholdsvis høj ammoniakreduktion, da ventilationsbehovet i hovedparten af året er væsentligt under den maksimale ventilationskapacitet. Luftrenserens kapacitet kan således reduceres sammenlignet med fuldrensning af afgangsluften fra stalden, hvorved drifts- og etableringsomkostningen til luftrenseren kan reduceres. Beregninger viser, at en delrensningsgrad på mellem 10-30 % af den maksimale ventilationskapacitet eksempelvis kan medføre en ammoniakreduktion på mellem 20 og 55 %. (se tabel 3, 4, 5 og 6).

Ved delrensning af afgangsluften fra slagtesvinestalde viser beregninger foretaget i programmet StaldVent, at al udsugningsluft vil blive rensat omkring halvdelen af året, hvis 25 % af udsugningsluften renses (Kai et al., 2007). Den samlede ammoniakreduktion, som kan opnås ved at lede en del af udsugningsluften gennem en luftrenser, kan beregnes i programmet StaldVent (Kai et al., 2007). Ifølge beregningerne foretaget af Kai et al. (2007) kan der opnås en ammoniakreduktion på ca. 70 % i slagtesvinestalde ved at rense 25 % af ventilationskapaciteten med en luftrenser, som har en renseeffekt på 95 %. Ved delrensning er omkostningerne til etablering og drift markant reduceret samtidig med, at der kan opnås en betydelig ammoniakreduktion.

Ventilationsbehovet i en æglæggestald er mere ens gennem hele produktionsperioden sammenlignet med slagtekyllingestalde. Der er især behov for maksimumventilation i sommerperioden. I figur 2 er antallet af driftstimer ved en given ventilationsmængde ( $\text{m}^3/\text{time}$ ) for et helt år skitseret for en skrabeægsstald med 18.000 høner og for en burægsstald med 48.000 høner. Skitserne er udarbejdet i programmet StaldVent.



Figur 2. Antallet af driftstimer ved en given ventilationsmængde for et helt år for en skrabeægs- og en burægsstald.

Af figur 2 kan det for eksempel ses, at det er forholdsvis få timer (under 1.500 timer) i en skrabeægsstald med 18.000 høner, hvor der er et behov for maksimumventilation ( $92.786 \text{ m}^3/\text{time}$ ). Minimumsventilationen i en skrabeægsstald til 18.000 høner vil ligge på ca.  $18.000 \text{ m}^3/\text{time}$ . Hvis der installeres en luftrenser med en kapacitet på  $18.000 \text{ m}^3/\text{time}$ , hvilket svarer til minimumsventilationen i skrabeægsstalden, vil luftrenseren være i drift hele året.

Delrensning vil derfor være egnet til anvendelse i æglæggestalde. Hvis luftrenserens kapacitet for eksempel er 50.000 m<sup>3</sup>/time, vil en stor del af staldluften passere gennem luftrenseren. Til gengæld er det en forholdsvis lille andel af ammoniaktabet, der yderligere kan reduceres ved at anvende en luftrenser med en kapacitet på for eksempel 50.000 m<sup>3</sup>/time eller derudover. Dette kan forklares ved, at der er forholdsvis få timer gennem et år, hvor der er et behov for en ventilationsmængde over 50.000 m<sup>3</sup>/time. I tabellerne 3, 4, 5 og 6 (se fornedet) er der gennemført beregninger af, hvor stor en ammoniakbegrænsende effekt der kan opnås ved varierende grader af delrensning.

### Tilslaget effekt

#### Ammoniakemission

I en undersøgelse udført af Domino et al. (2007) blev en decentral kemisk luftrenser (Farm Airclean) afprøvet i en økologisk æglæggestald. Luftrenseren blev etableret i en pilotopstilling, hvor en del af afgangsluften fra stalden passerede en container, hvor luftrenseren var etableret. Ammoniakmålingerne blev foretaget i perioden: 21. april - 5. maj (forår); 28. maj - 10. juni (sommer); 26. juni - 2. juli (sommer); 15. december - 19. december (vinter). Ventilationsydelsen gennem renseren blev i gennemsnit målt til henholdsvis 2.924 m<sup>3</sup> pr. time, 4.905 m<sup>3</sup> pr. time og 2.725 m<sup>3</sup> pr. time (forår, sommer, vinter). Kapaciteten af luftrenseren var oplyst til at være maksimalt 10.000 m<sup>3</sup> pr. time.

Tabel 1. Den gennemsnitlige renseeffekt for ammoniak.

	21. april til 5. maj	28. maj til 10. juni	26. juni til 2. juli	15. december til 19. december
<b>Den gennemsnitlige renseeffekt for ammoniak</b>	69,8	59,1	59,1	72,7

Resultaterne af afprøvningen viste, at den kemiske luftrenser reducerede ammoniakkoncentrationen i den luft, der passerede luftrenseren, med mellem 59,1 og 72,7 % afhængig af årstid og pH i syrevæsken. Der blev i afprøvningsperioden tilsat et additiv til luftrenseren for at mindske støvophobninger i filteret, men det er ikke oplyst, hvad additivet består af. Der blev ikke observeret problemer med støv i filteret i afprøvningsperioden.

Herudover er der gennemført en dansk afprøvning af en kemisk luftrenser etableret i en slagtekyllingestald (Hansen, 2008). Målingerne blev foretaget ved ét hold slagtekyllinger. Resultaterne viste, at ammoniakkoncentrationen kunne reduceres med 80-90 % i den luft, som blev ført gennem renseren. I slutningen af testperioden skete der en tilstopning af filteret med støv, hvorved luftrenserens kapacitet faldt fra ca. 7.000 m<sup>3</sup> pr. time til ca. 6.000 m<sup>3</sup> pr. time. Tilstopningen af filteret indebar en stigning i tryktabet fra 30 til 95 Pa og resulterede dermed i et øget energiforbrug. Problemerne med støv og tilstopning af filteret vurderes at være det samme i stalde med æglæggende høner.

I en undersøgelse udført af Hol & Satter (1998) i en konsumægsstald blev der opnået en gennemsnitlig reduktion af ammoniakkoncentrationen på 90 %. Denne undersøgelse er ikke tilgængelig på dansk eller engelsk, men er angivet i et review udarbejdet af Melse & Ogink (2005). Det har derfor ikke været muligt at vurdere undersøgelsen fagligt.

Det har ikke været muligt at finde anden udenlandsk litteratur, hvor kemiske luftrensere er undersøgt i fjerkræstalder. Der gennemført en del danske afprøvninger af kemiske luftrensere i svinestalde, hvilket er angivet i tabel 2.

Afprøvningsresultaterne af kemiske luftrensere under danske forhold i svinestalde har vist, at ammoniakkoncentrationen kan reduceres med 92,0-99,7 % i luften, der ledes gennem luftrenseren (tabel 1). Der var problemer med støv i flere af undersøgelseerne, og dette forventes at være et

større problem i fjerkræstalde, hvorfor resultaterne opnået i svinestalde ikke direkte kan overføres til luftrensere etableret i fjerkræstalde.

Tabel 2. Oversigt over danske og udenlandske undersøgelser af luftrensning i svine- og fjerkræstalde.

Danske undersøgelser					
Luftrensere	Evt. firma	Reduktion af NH <sub>3</sub> (Svin)	Reduktion af NH <sub>3</sub> (Fjerkræ)	Lugt	Litteratur
TLV-Ammon	Munters A/S	Ikke undersøgt	80-90 % (slagtekyllingestald)	Ikke målt	Hansen, 2008
Farm AirClean	Big Dutchman/SKOV A/S	Ikke undersøgt	59,1-72,7 % (økologisk ægproduktion)	Vinter: 19,3-31,4 % Sommer: Ingen reduktion	Domino et al., 2007
Bovema S-air – ét trins luftrensere	Bovema	98,9 %	Ikke undersøgt	Ingen reduktion	Riis, 2007
Bovema S-air – to trins luftrensere	Bovema	96,9 %	Ikke undersøgt	Ingen reduktion	Pedersen, 2007
Bovema S-air – ét trins luftrensere	Bovema	99,7 %	Ikke undersøgt	Ikke målt	Riis, 2008
Central luftrensere fra Scanairclean A/S	MHJ Agroteknik A/S	92,0 %	Ikke undersøgt	Ingen reduktion	Riis, 2009
Udenlandske undersøgelser					
Kemisk luftrensere	Ej oplyst	Ikke undersøgt	95 % (slagtekyllingestald)	Ikke undersøgt	*Hol et al., 1999
Kemisk luftrensere	Ej oplyst	Ikke undersøgt	90 % (konsumægstald)	Ikke undersøgt	*Hol & Satter, 1998
Kemisk luftrensere	Ej oplyst	Ikke undersøgt	-	34 % (konsumægstald)	*Klarenbeek et al., 1998

\*Artikel ikke tilgængelig på dansk eller engelsk, men er angivet i Melse & Ogink (2005).

### Lugt

Som tidligere nævnt er der få undersøgelser, hvor det er undersøgt, om lugten kan reduceres ved anvendelse af kemisk luftrensning i fjerkræstalde. De undersøgelser, der er foretaget på kemiske luftrensere tilkoblet svinestalde, har vist, at der ikke er en statistisk sikker lugtreduktion (Pedersen, 2007; Riis, 2007; Riis, 2009). I undersøgelsen foretaget af Domino et al. (2007), hvor en kemisk luftrensere var tilkoblet en æglæggestald, blev der opnået en lugtreduktion på 19,3-31,4 % i vinterperioden, mens der ikke var nogen signifikant effekt i sommerperioden. I en undersøgelse udført af Klarenbeek et al. (1998) i en æglæggestald, blev der opnået en gennemsnitlig lugtreduktion på 34 % med en kemisk luftrensere. Resultaterne fra undersøgelsen er angivet i et review udarbejdet af Melse & Ogink (2005), men undersøgelsen er ikke tilgængelig. I en udenlandsk artikel er det angivet, at der kan opnås en gennemsnitlig lugtreduktion på 30 % ved anvendelse af kemiske luftrensere (Melse et al., 2009). Det vurderes på baggrund af de fundne resultater, at kemisk luftrensning kan reducere lugten med 25 %, men reduktionen afhænger af årstiden.

### Utilsigtede effekter

Der kan opstå utilsigtede effekter, når filtrene tilstoppes med støv, hvilket der er stor risiko for i fjerkræstalde. Når filtrene tilstoppes, medfører det følgende:

- Ammoniakreduktionen mindskes.
- Ventilationsydelsen for stalden reduceres.
- Energiforbruget stiger.

I forsøg med kemisk luftrensning i svinebesætninger var der i flere tilfælde problemer med tilstopning af filteret og driftsstop (Lyngbye, 2010). Støv var også et problem i flere af undersøgelserne. Et forsøg i en slagtekyllingestald har vist, at filtrene bliver tilstoppet af støv efter en kortere driftsperiode (Hansen, 2008). Når filtrene tilstoppes med støv, øges tryktabet, hvorved reduktionen af ammoniakkoncentrationen falder, og omkostningerne til strømforbruget af ventilationen øges (Melse & Timmermann, 2009). Støvet i fjerkræstalde har en anderledes struktur end støv i svinestalde, og det kan forventes, at problemet med tilstopning af støv vil være større i en luftrenser tilkoblet en fjerkræstald. I undersøgelsen udført af Riis (2007) var det en nødvendighed at rengøre filteret jævnlige, men på trods af rengøring var det svært at gøre filteret helt rent, og der blev observeret svampevækst på filteret.

Der var allerede under afprøvning af nye luftrensere problemer med blandt andet driftsstop, regulering af pH i ammoniakvandet og tilstopning af filteret (Hansen, 2008; Riis, 2007; Riis, 2008; Riis, 2009). Ved etablering af et luftrensningsanlæg bør der indgås en flerårig serviceaftale med leverandøren således, at luftrenseren bliver serviceret og gennemgået for fejl og mangler ca. tre gange årligt.

### Miljøfremmende stoffer

Dette er ikke undersøgt. Kemiske luftrensere forventes ikke at give anledning til udledning af miljøfremmede stoffer.

### Støv

Støvkonzentrationen i staldluften vil ikke ændre sig ved anvendelse af en kemisk luftrenser, da teknikken først anvendes, når luften forlader stalden. Der er registreret en lavere støvemission fra stalden ved anvendelse af en luftrenser (Aarnink et al., 2005).

### Dyrevelfærd

Der er ikke fundet dokumentation for, at dyrevelfærden forringes ved anvendelse af teknikken. Ventilationsanlægget og luftrenseren fungerer som en samlet enhed. Det er dog vigtigt, at ventilationen i stalden kan opretholdes trods driftsmæssige stop af luftrenseren for at sikre, at dyrevelfærden ikke forringes. Tilstopning af filtre eller direkte driftsstop vil reducere staldens ventilationskapacitet.

### Smitterisiko

Det vurderes, at der ikke er nogen smitterisiko ved anvendelsen af teknikken. En undersøgelse udført af Aarnink et al. (2005) i en slagtesvinestald viste, at antallet af bakterier i udgangsluften fra luftrenseren blev reduceret, hvilket mindsker risikoen for smitte med bakterier til andre nærliggende besætninger. Til gengæld viste undersøgelsen, at indholdet af patogener ikke blev reduceret ved at lede luften gennem en kemisk luftrenser. Det vurderes, at det samme vil gøre sig gældende for luften fra fjerkræstalde.

### Arbejds miljø

Luftrensning vil ikke have en effekt på luftkvaliteten i stalden, da det er afgangsluften fra stalden, som renses.



Arbejdssikkerheden ved håndtering af koncentreret svovlsyre er meget vigtig. Svovlsyren skal opbevares i tætte beholdere. Koncentreret svovlsyre er stærkt ætsende og der er fare for dannelse af svovlbrinte ved håndteringen. Der skal desuden forefindes en leverandørbrugsanvisning og en arbejdspladsbrugsanvisning til anlægget (Arbejdstilsynet, 2003; Arbejdstilsynet, 2005).

### **Produktion af affald og spildevand**

Anvendelsen af teknikken giver ikke anledning til produktion af affald og spildevand. Der er en produktion af ammoniakvand fra luftrenseren, som skal opbevares i en lukket tank indtil udbringning på mark.

### **Energi og ressourceforbrug**

Kemisk luftrensning øger energi- og vandforbruget. Det er vanskeligt at estimere det forøgede energi- og vandforbrug ved anvendelse af en luftrenser i en stald til æglæggende høner, da det vil afhænge af fabrikatet og opbygningen af luftrenseren. Det vurderes dog, at forbruget vil ligge på niveau med forbruget registreret i svinestalde. Der er dog behov for undersøgelser for at klarlægge energi- og vandforbruget ved en luftrenser etableret i en fjerkræstald.

Der vil være et tidsforbrug for producenten til at efterse og vedligeholde teknikken, samt til rengøring af filtre og tilsyn af luftrenseren. Der er desuden et forbrug af svovlsyre.

### **Driftssikkerhed**

Teknologien er kun indført og anvendt i et begrænset antal bedrifter i Holland og ingen i Danmark. I det fundne datamateriale er der gentagne problemer med, at teknologien ikke kører stabilt. Det betyder, at renseseffekten formentlig vil være lavere end det angivne. Det kan ikke afvises at en ekstra foranstaltning som eksempelvis hyppig rensning af filtermaterialet renses eller installation af en foranstaltning, som renser luften for støv, inden luften føres videre til luftrenseren, vil kunne mindske problemer med tilstopning af støv. Der er ikke muligt at vurdere, hvad renseseffekten på teknologien vil være ved installation af sådanne ekstra foranstaltninger – det kan både kan resultere en højere eller lavere renseseffekt. Driftssikkerheden er dermed ikke påvist endnu.

Det er ikke muligt at vurdere, hvor store ekstraomkostningerne vil være for at sikre en stabil drift af teknologien med henblik på at opnå den angivne renseseffekt.

### **Virksomheder på lager og mark**

Ifølge Kai (2009) indeholder ammoniakvandet fra luftrenseren ca. fem procent ammoniumsulfat-opløsning. Væske der læses fra anlægget bør opbevares i en lukket tank indtil udbringning for at undgå lugtgener og ammoniaktab.

### **Udbredelse af teknikken**

På nuværende tidspunkt er der kun kendskab til, at én luftrenser er etableret i en konsumægsstald i Danmark. Der er ifølge Melse & Timmermann (2009) etableret luftrensere i 30 fjerkræbesætninger i Holland pr. 1. januar 2008. Det oplyses ikke, hvor mange af dem, som er kemiske luftrensere, og om de er etableret i konsumægsstalde.

Nogle fabrikater af luftrensere kan etableres i eksisterende stalde. Det vurderes, at størstedelen af luftrenserne kun er kan etableres i nybyggeri, da det er vigtigt, at ventilationsanlægget og luftrenseren tilpasses til at være en samlet enhed.

### **Helhedsvurdering af teknikken**

Der er gennemført to danske undersøgelser med kemiske luftrensere i henholdsvis en stald med æglæggende høner og i en slagtekyllingestald. I disse undersøgelser blev der opnået en ammoniakreduktion på 59,1-72,7 % og 80-90 %. Reduktionen i den første undersøgelse varierede på grund af årstidsvariationen, hvor den højeste reduktion blev opnået i vinterperioden.

Både danske og udenlandske undersøgelser viser, at der er problemer med driften. Der er derfor behov for en videreudvikling af teknologien med henblik på at opnå en større driftssikkerhed, mindske servicearbejdet samt rengøring af filtrene. Driftssikkerheden er således endnu ikke påvist.

Der er gennemført flere undersøgelser og afprøvninger med kemiske luftrensere i svinestalde. Der kunne i disse undersøgelser opnås en ammoniakreduktion på 92,0-99,7 % i den luft som passerede den kemiske luftrensere. Det vurderes, at renseseffekten vil være lavere i fjerkræstalde på grund af den øgede risiko for tilstopning med støv i filtrene. Det vil derfor ikke være realistisk at overføre de opnåede resultater i svinestalde direkte til stalde med fjerkræ. Renseeffekten forventes at ligge på et niveau mellem 60-90 % i fjerkræstalde afhængig af luftrenserefabrikat og tilstopning af støv i filtrene. Der er en forholdsvis stor spredning i renseseffekten. På grund af få resultater for kemiske luftrensere i fjerkræstalde er det valgt at fastsætte renseseffekten til 75 %, hvilket svarer til et gennemsnit af de opnåede resultater for kemiske luftrensere i fjerkræstalde. Renseeffekten på 75 % vil blive anvendt i de økonomiske beregninger.

På baggrund af de ovennævnte resultater vurderes det, at kemisk luftrensning i fjerkræstalde kan reducere lugten med ca. 25 %, men reduktionen afhænger af årstiden.

### Økonomi

Teknologien medfører øgede etableringsomkostninger. De forøgede etableringsomkostninger udgøres af luftrenseren, ekstra rørføringer i ventilationssystemet, etablering af forstærkningspær, større gangbroer, døre og trapper.

Teknologien medfører øgede driftsomkostninger. Driftsomkostningerne udgøres af ekstra vandforbrug, energi til pumper, øget energiforbrug til ventilation, svovlsyreforbrug samt omkostninger til vedligeholdelse og servicering af anlægget samt reservedele. Merforbruget baserer sig på producentoplysninger og er opgjort ved nyanlæg. Forudsætningerne for beregningerne kan ses i det økonomiske baggrundsnotat for fjerkræ.

Alle omkostninger er opgjort i forhold til et staldmodul på 2.000 m<sup>2</sup>. Antallet af dyreenheder i et staldmodul varierer dog med driftsformen. I en rugeægstald er der således 67 DE, men der i en konsumægstald er 65 DE ved økoæg, 100 DE ved skrabeæg og 274 DE ved buræg.

Den ammoniakreducerende effekt ved varierende delrensningsgrader er beregnet i programmet StaldVent for en skrabeægstald, burægstald og rugeægstald for at kunne beregne reduktionsgraderne af ammoniak ved forskellige størrelser af luftrensere. Der er taget udgangspunkt i en renseseffekt på 75 % på luftrenseren, hvilket er baseret på de fundne resultater af kemiske luftrensere i fjerkræstalde. Der er taget udgangspunkt i ammoniakfordampningen for hvert driftssystem.

De totale meromkostninger følger den installerede luftkapacitet, men omkostningerne varierer betydeligt, når de opgøres i forhold til antal årshøner og den mængde N, der reduceres. I tabel 3-6 ses omkostninger ved installation af varierende niveauer af delrensning samt fuldrensning, og i figur 3-6 ses meromkostningerne som funktion af andel af den maksimale ventilation, der renses. Bortset fra burægstalde ses de laveste reduktionsomkostninger ved de laveste rensesprocenter.

Tabel 1. Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en øko-ægstald (65 DE) ved varierende grader af delrensning.

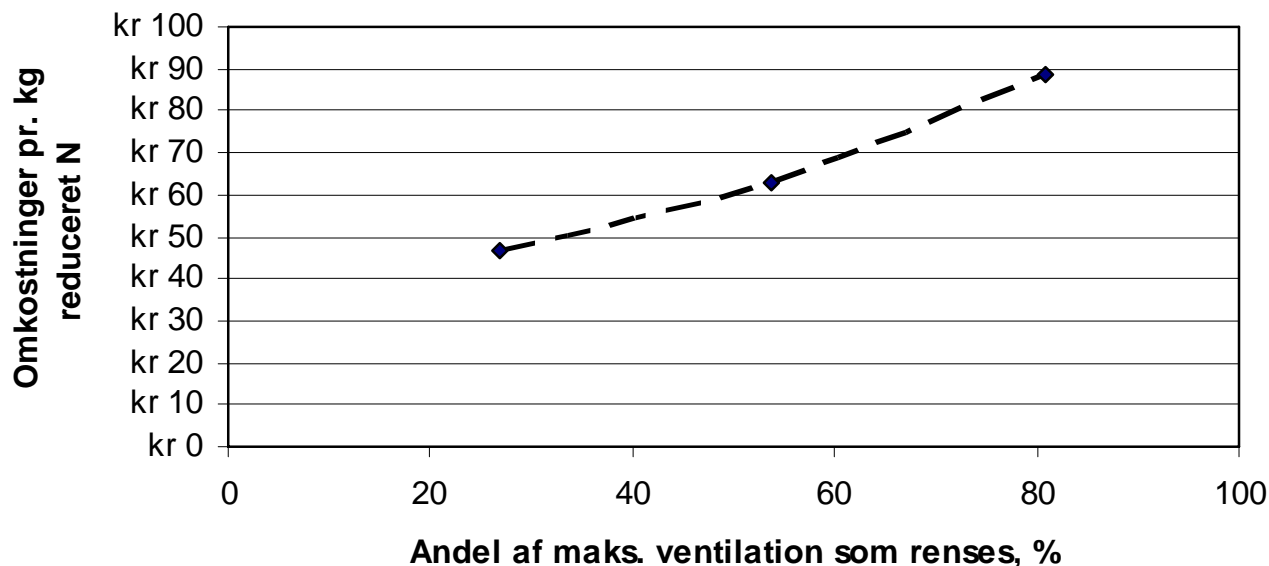
Antal moduler	Andel af maksimum ventilationen som renses, %	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi	Meromkostning pr. produceret årshøne	Meromkostning pr. kg. N reduceret
1	27	61,4	1.960	92.061	8,5	47
2	54	72,4	2.320	145.766	13,4	63



3	81	74,9	2.390	211.217	19,5	88
---	----	------	-------	---------	------	----

Øko-ægsstald til 10.840 høner svarende til en ammoniakfordampning på 3200 kg NH<sub>3</sub>/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m<sup>3</sup> luft/time. Ved indsættelse af 3 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.

### Konsumæg (øko-æg)



Figur 3. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med øko-æg ved varierende grader af delrensning.

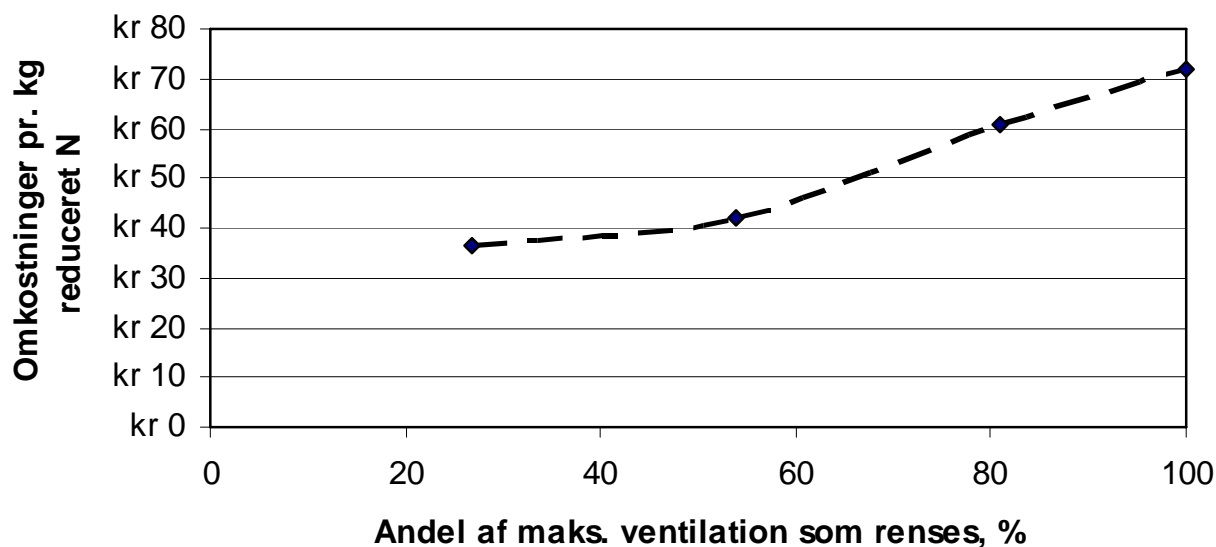
**Tablet 2.** Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en skrabeægstald (100 DE) ved varierende grader af delrensning.

Antal moduler	Andel af maksimum ventilationen som renses, %	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N*	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi, kr.	Meromkostning pr. produceret årshøne, kr.	Meromkostning pr. kg. N reduceret, kr.
1	27	51	2.492	90.731	5,5	36
2	54	67,1	3.274	138.201	8,3	42
3	81	72,7	3.343	203.655	12,3	61
4	100	74,9	3.366	241.630	14,6	72

\* Samlet effekt: stald, lager og mark

Skrabeægstald til 16.600 årshøner svarende til en ammoniakfordampning på 4.880 kg NH<sub>3</sub>/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m<sup>3</sup> luft/time. Ved indsættelse af 4 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.

## Konsumæg (skrabe-æg)



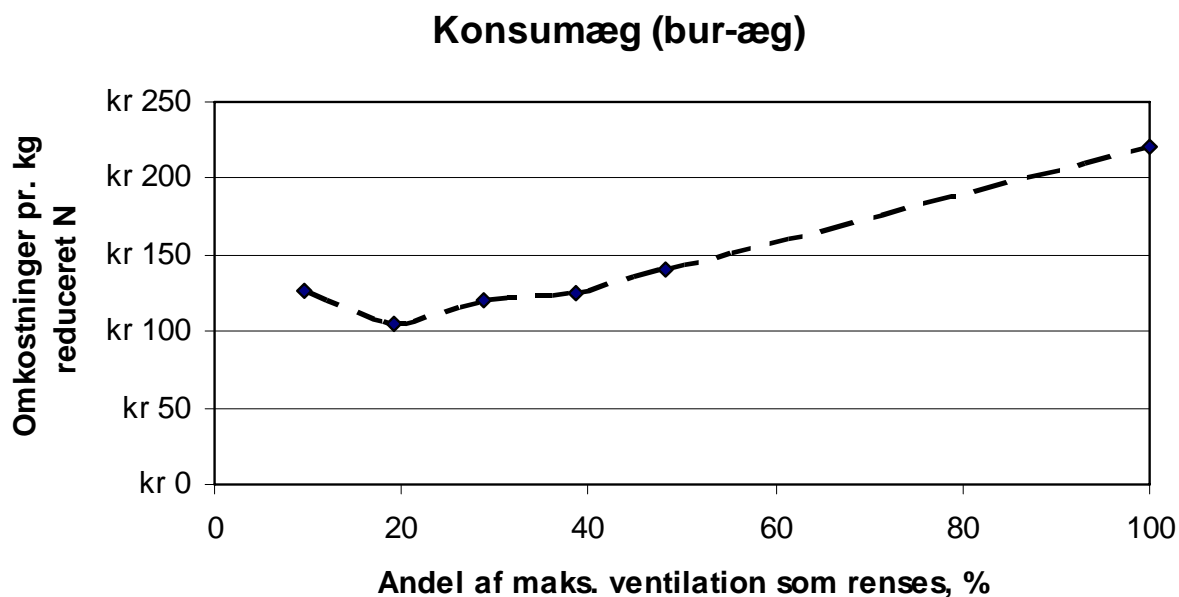
Figur 4. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med skrabe-æg ved varierende grader af delrensning.

Tabel 3. Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en burægstald (274 DE) ved varierende grader af delrensning.

Antal moduler	Andel luft af maksimum ventilationen som renses, %	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N*	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi	Meromkostning pr. produceret årshøne	Meromkostning pr. kg. N reduceret
1	10	19,9	752	95.082	2,1	127
2	19	39,6	1.362	142.981	3,1	105
3	29	52,3	1.726	207.696	4,6	120
4	39	59,8	1.968	245.125	5,4	125
5	48	64,2	2.091	292.410	6,4	140
11	100	72,5	2.364	522.513	11,5	221

\* Samlet effekt: stald, lager og mark.

Burægstald på 45.550 årshøner svarende til en ammoniakfordampning på 3.320 kg NH<sub>3</sub>/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m<sup>3</sup> luft/time. Ved indsættelse af 11 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.

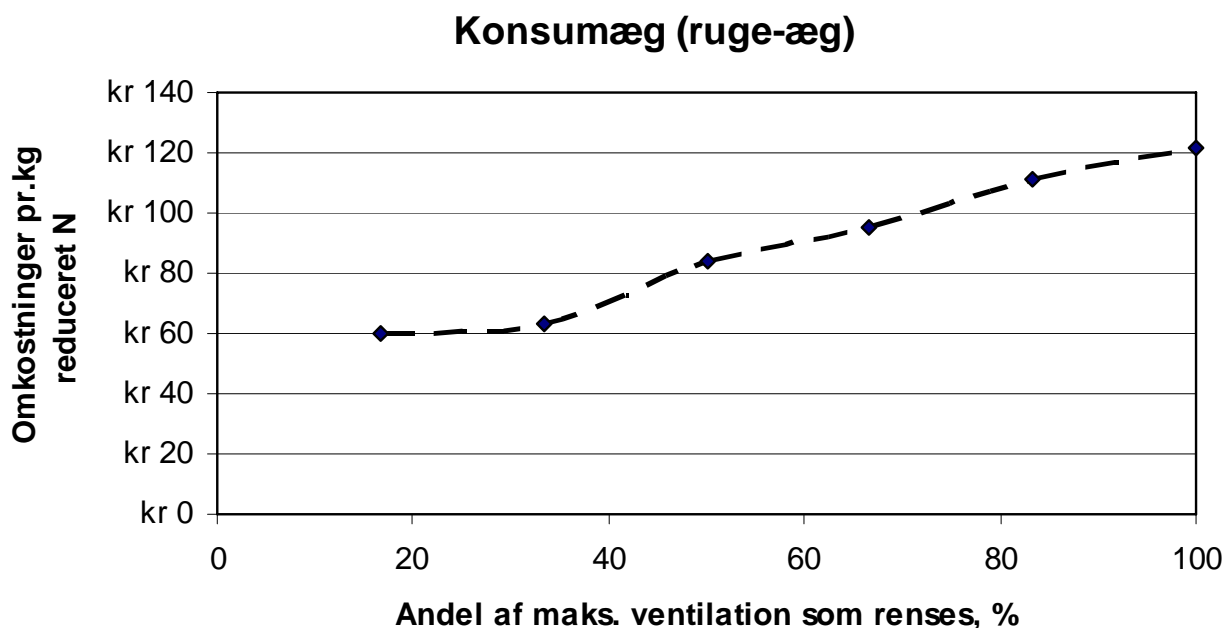


Figur 5. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med bur-æg ved varierende grader af delrensning.

Tabel 4. Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en rugeægsstald (67 DE) ved varierende grader af delrensning.

Antal moduler	Andel luft af maksimum ventilationen som renses, %	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi	Meromkostning pr. produceret årshøne	Meromkostning pr. kg. N reduceret
1	17	44,1	1.560	93.061	8,4	60
2	33	62,5	2.220	140.836	12,6	63
3	50	68,9	2.450	205.887	18,5	84
4	67	71,8	2.550	243.670	21,9	96
5	83	73,6	2.610	291.112	26,1	112
6	100	74,9	2.660	322.711	29,0	121

Rugeægsstald på 11.135 årshøner svarende til en ammoniakfordampning på 3.530 kg NH<sub>3</sub>/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m<sup>3</sup> luft/time. Ved indsættelse af 6 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.



Figur 6. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med rugeæg ved varierende grader af delrensning.

#### Vejledende indretnings-, drifts- og egenkontrolvilkår

I det følgende er der formuleret forslag til indretnings-, drifts- og egenkontrolvilkår, som kan være relevante, såfremt den ovenfor beskrevne teknologi anvendes i forbindelse med miljøgodkendelser af husdyrbrug. Formålet hermed er at henlede opmærksomheden på, hvordan den beskrevne miljøeffekt opnås i praksis ved fastsættelse af vilkår.

I relation til fastsættelse af vilkår skal det understreges, at vilkår kun skal meddeles efter en konkret vurdering og skal være præcise og forudsigelige i deres indhold, så en manglende efterlevelse af vilkårene let kan påvises og håndhæves af tilsynsmyndigheden.

De vejledende vilkår er udarbejdet af Miljøstyrelsen i samarbejde med en kommunal sparringsgruppe sammensat af et repræsentativt udsnit af landets kommuner – i såvel geografisk som størrelsesmæssig henseende - samt med de forfattere, som har udarbejdet den tekniske del af Teknologibladene."

#### Indretning og drift

1. Afkast fra staldafsnit \_\_\_\_\_ skal tilsluttes et kemisk luftrensningsanlæg.
2. Luftrensningsanlægget skal forsynes med en trykmåler, vandmåler og pH-måler.
3. Luftrensningsanlægget skal indstilles til at behandle udsugningsluften op til \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> luft pr. time, hvor m<sup>3</sup> luft pr. time svarer til \_\_\_\_\_ % af den maksimale ventilationskapacitet fra staldafsnit \_\_\_\_\_. De første 0 - \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup> luft pr. time udsugningsluft skal altid ledes gennem luftrensningsanlægget.
4. Luftrensningsanlægget skal være i drift året rundt.
5. Der må kun anvendes svovlsyre i luftrensningsanlægget.
6. Svovlsyreopløsningen, der overrisler filteret, må maksimalt have en pH-værdi på \_\_\_\_\_.
7. Tryktabet over luftrensningsanlægget må ikke overstige \_\_\_\_\_ pascal (Pa).
8. Luftrensningsanlægget skal vedligeholdes i overensstemmelse med producentens vejledning. Producentens vejledning skal opbevares på husdyrbruget.

## Egenkontrol

9. Der skal føres en logbog for luftrensningsanlægget, hvori følgende registreres:

- Månedlige målinger af vandforbruget og tryktabet
- Luftrensningsanlæggets driftstid
- Tidspunkter for rengøring/skiftning af filtre
- Enhver form for driftsstop med angivelse af årsag og varighed.

Faktura for indkøbt svovlsyre samt udskrifter af pH-målinger skal indsættes i logbogen.

10. Der skal indgås en skriftlig aftale med producenten/leverandøren om serviceeftersyn af luftrensningsanlægget, herunder kalibrering af pH-målere. Luftrensningsanlægget skal kontrolleres af producenten/leverandøren mindst hver fjerde måned. Serviceaftale med producenten skal opbevares på husdyrbruget.

11. Tilsynsmyndigheden skal underrettes, såfremt luftrensningsanlægget er ude af drift i en periode på mere end \_\_\_\_\_ dage/uger.

12. Logbogen/den elektroniske registrering af data, data for pH-målinger, kontrolrapporter samt dokumentation for kalibrering af pH-måler skal opbevares på husdyrbruget i mindst fem år og forevises på tilsynsmyndighedens forlangende.

## Vejledning til den kommunale sagsbehandler

Det skal først og fremmest bemærkes, at der findes flere forskellige typer af luftrensningsanlæg. Derfor er der behov for, at de oven for nævnte forslag til vilkår rettes til ud fra de muligheder, som det konkrete luftrensningsanlæg giver. Det anbefales således at rette henvendelse til den pågældende producent med henblik på en afklaring heraf.

Dernæst skal ovenstående forslag til vilkår rettes til efter oplysninger og beregninger i for eksempel programmet StaldVent leveret af producenten.

For så vidt angår vilkår nr. 3 er det producenten, som opsætter og indstiller anlægget samt kobler det til ventilationssystemet. Værdierne for m<sup>3</sup> luft pr. time og procentsatsen af den maksimale ventilationskapacitet vil fremgå af leverandørens beregning fra programmet StaldVent eller lignende.

De forsøg, som indtil videre er udført i relation til kemisk luftrensning, er alle udført med svovlsyre. Svovlsyren kan derfor ikke erstattes af andre former for syre såsom salpetersyre, saltsyre, fosforsyre, eddikesyre, myresyre eller propionsyre, idet effekten og følgevirkningerne af en sådan anvendelse endnu ikke kendes.

For så vidt angår opbevaring af svovlsyre, fremgår det af § 38 i bekendtgørelse nr. 50 af 12. januar 2011 om klassificering, emballering, mærkning, salg og opbevaring af kemiske stoffer og produkter, at svovlsyre blandt andet skal opbevares forsvarligt, utilgængeligt for børn, og ikke sammen med eller i nærheden af foderstoffer. Hvis kommunen konkret vurderer, at det er nødvendigt, kan disse generelle regler skærpes/præciseres med vilkår om en støbt bund under svovlsyretanken, særlige foranstaltninger til sikring mod påkørsel af svovlsyretanken eller lignende med henblik på at forebygge uheld og lækage.

Det bemærkes, at det i dag ikke teknisk muligt at måle før- og efterværdier for ammoniak - den primære miljøeffekt. I stedet skal det dokumenteres på anden vis, at anlægget har været i drift. Relevante specifikke vilkår vil som nævnt ovenfor afhænge af den enkelte luftrensningsanlægs opbygning og den konkrete opsætning i stald- og ventilationssystemet. Uafhængig af produkttypen, er der dog en række parametre, som generelt set kan indikere, at anlægget reelt har været i drift og dermed opnået den ammoniakreducerende effekt i praksis. Disse parametre er: Vandforbruget, driftstiden og pH-værdien.

Den forventede miljøeffekt ved både 100 procent rensning og delvis rensning forudsætter, at anlægget er i drift hele året. Der vil dog kunne forventes mindre driftstop i forbindelse med rengøring, vedligeholdelse og serviceeftersyn. Sådanne kortvarige driftsstop i forbindelse med vedligeholdelse og service har under

normale omstændigheder ingen praktisk betydning for den ammoniakreducerende effekt. Der bør i øvrigt være taget højde for sådanne mindre tomstald-effekter i StaldVentberegningen.

I forhold til vilkår nr. 6 bemærkes det, at det er forskelligt fra fabrikat til fabrikat, ved hvilken pH-værdi udsugningsluften skal renses for at opnå den ammoniakreducerende effekt. Kommunen skal derfor indsætte den pH-værdi, hvorved anlægget er testet og efterfølgende godkendt.

Forbrug af vand og syre indikerer som nævnt også, at der har været kontakt mellem NH<sub>3</sub>-holdig luft og vandet i luftrensningsanlægget. Hvis der er dårlig kontakt mellem væskefase og luft (hvis en pumpe for eksempel er gået i stykker) er der intet forbrug og dermed ingen miljøeffekt. pH-værdien i den væske, der befinder sig i bunden af anlægget, kan godt samtidig være efter anbefalingerne. Oplysninger om vand- og syreforbrug vil derfor være relevante for tilsynsmyndigheden, når det skal vurderes, om luftrensningsanlægget har været i drift. Vandforbrug kan aflæses på vandmåleren, og syreforbruget dokumenteres med fakturaer. Det skal dog bemærkes, at det er vanskeligt at angive præcise mængder af vand og svovlsyre, der skal forbruges, da den beregnede emission fra det enkelte staldanlæg er baseret på normalt, hvori der ligger en vis variation.

For så vidt angår vilkår nr. 7 bemærkes det, at tryktabet er en meget central parameter for kemisk luftrensning i relation til en hensigtsmæssig drift, da dette indikerer, hvornår filtrene trænger til at blive rengjort. Størrelsen af tryktabet er individuelt for det enkelte anlæg og afhænger af luftrenserens design og dimensionering. Det er meget individuelt, hvor meget støv der tilføres, og en rengøringshyppighed baseret på bestemte tidsintervaller alene er derfor ikke hensigtsmæssig. Det maksimale, acceptable tryktab vil kunne oplyses af producenten.

I relation til egenkontrolvilkåret om logbog (vilkår nr. 9), skal det bemærkes, at der i visse af de øvrige Teknologiblade også stilles vilkår om, at landmanden skal føre logbog samt opbevare visse former for dokumentation sammen med denne logbog. Kommunen bør – af hensyn til både landmand og tilsyn – i sin fastsættelse af vilkår om egenkontrol tilstræbe, at der føres én samlet logbog på husdyrbruget for alle relevante oplysninger, såfremt det er praktisk muligt. Det vil både lette landmandens administrative byrder i forbindelse med driften af husdyrbruget og samtidig sikre, at tilsynet vil have en nem adgang til alle relevante oplysninger i forbindelse med tilsynets udøvelse.

Hvis det konkrete anlæg giver mulighed for elektronisk registrering og lagring og udskrivning af de parametre, som er omtalt i vilkår nr. 9 – driftstiden, herunder eventuelle driftsstop, målinger af pH-værdien og vandforbruget - på en lokal database hos landmanden, er det ikke relevant at stille vilkår om førelse af en manuel logbog for så vidt angår disse parametre.

Landmanden skal måle tryktabet over luftrensningsanlægget og føre en registrering af disse målinger, da dette også har betydning for, om luftrensningsanlægget fungerer optimalt. En manuel tryktabsmåling er det letteste og mest valide måling, men elektroniske målinger vil også kunne accepteres. Dette fordrer, at producenten giver en udførlig beskrivelse af, hvordan landmanden foretager en måling af tryktabet, samt hvad han skal gøre, når tryktabet overstiger det niveau, som indikerer, at en rengøring af filtrene er nødvendig. Målinger af tryktabet skal som minimum ske hver måned. Landmanden vil dog ofte have en interesse i at foretage målingerne oftere af hensyn til energiforbruget og af hensyn til ventilationsanlægget generelt.

For så vidt angår aftale om serviceeftersyn, er det Miljøstyrelsens opfattelse, at det er nødvendigt med indgåelse af aftale med producenten/leverandøren om udvidet service for at sikre en hensigtsmæssig drift af luftrensningsanlægget – det såkaldte superserviceaftale med tre årlige besøg.

Længerevarende driftsstop kan indikere, at der er problemer med luftrensningsanlægget. Det kan derfor være relevant for kommunen som tilsynsmyndighed – som skal føre tilsyn med, at vilkårene i godkendelsen overholdes, jf. husdyrgodkendelseslovens § 44, stk. 2 – at få underretning i sådanne situationer, da dette kan have betydning for, om emissionsgrænseværdien for ammoniak overholdes i praksis. Det bemærkes, at luftrensningsanlægget kortvarigt kan være ude af drift i forbindelse med regelmæssig vedligeholdelse og service. Eksempler kan være skift af reservedele eller slukning af pumper i forbindelse med tilsyn. Der kan desuden forventes nogle uger uden fuld miljøeffekt efter eventuelt skift af filtre. Dette bør indgå i kommunens overvejelser, når perioden i vilkår nr. 11 fastsættes.

## Litteratur

- Aarnink, A. J. A., W. J. M. Landman, R. W. Melse & T. T. T. Huynh (2005): Systems for eliminating pathogens from exhaust air of animal houses. Paper, Proceedings of the seventh international symposium, 18-20 may 2005 (Beijing, China). American Society of Agricultural Engineers.
- Arbejdstilsynet (2003): Leverandørbrugsanvisning (sikkerhedsdatablad) og teknisk datablad for stoffer og materialer. At-vejledning C.0.12. Tilgængelig online: [http://www.at.dk/REGLER/At-vejledninger-mv/Stoffer-og-materialer/At-vejledninger-om-stoffer-og-materialer/C0-Generelt-og-diverse/C012-Leverandorbrugsanv-stof-og-materi.aspx?sc\\_lang=da](http://www.at.dk/REGLER/At-vejledninger-mv/Stoffer-og-materialer/At-vejledninger-om-stoffer-og-materialer/C0-Generelt-og-diverse/C012-Leverandorbrugsanv-stof-og-materi.aspx?sc_lang=da).
- Arbejdstilsynet (2005): Arbejdspladsbrugsanvisning for stoffer og materialer. At-vejledning C.0.11. Tilgængelig online: [http://www.at.dk/REGLER/At-vejledninger-mv/Stoffer-og-materialer/At-vejledninger-om-stoffer-og-materialer/C0-Generelt-og-diverse/C011-Arbpladsbrugsanv-for-stof-og-mat.aspx?sc\\_lang=da](http://www.at.dk/REGLER/At-vejledninger-mv/Stoffer-og-materialer/At-vejledninger-om-stoffer-og-materialer/C0-Generelt-og-diverse/C011-Arbpladsbrugsanv-for-stof-og-mat.aspx?sc_lang=da).
- Büscher, W. (2003): Messungen von Staub, Geruch und Ammoniak an einer dreistufigen "MagixX"-Abluftreinigungsanlage der Firma Big Dutchman.
- Domino, H. B., B. L. Riis, J. Thorup & L. Harritsø (2007): Dokumentation og demonstration af Farm Airclean – en kemisk luftrensner til fjerkræstalde. FarmTest nr. 40. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret (nu Videncentret for Landbrug).
- Hansen, M. J. (2008): Kemisk luftrensning ved en slagtekyllingestald – undersøgelse og demonstration af TLV-Ammon. AgroTech A/S udarbejdet for Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret (nu Videncentret for Landbrug).
- Henze, M. (1992): Grundlæggende biologiske processer. I: Henze, M., P. Harremoës, J. L. C. Jansen, & E. Arvin (1992). *Spildevandsrensning. Biologisk og kemisk*. Polyteknisk Forlag, Lyngby. Pp. 53-108
- Hol, J. M. G., A. C. Wever & P. W. G. Groot Koerkamp (1999): Acid scrubbing of exhaust air from broilers (in Dutch). Report P 99-23. Wageningen, The Netherlands.
- Kai, P., J. S. Strøm & B-E. Jensen (2007): Delrensning af ammoniak i staldluft. Grøn Viden, DJF Markbrug. Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet.
- Kai (2009): Luftrensning med syreskrubber. Teknisk revidering af BAT-blade for landbrug. AgroTech A/S.
- Klarenbeek, J. V., N. W. M. Ogink, J. M. G. Hol & I. H. G. Satter (1998): Odor reduction by acid scrubbing of exhaust air from free-range layer breeders (In dutch). Internal report. Wageningen, The Netherlands.
- Lyngbye, M. (2010): Miljøteknologi i drift. Artikel i Magasinet Svin, Dansk Landbrugs Medier. Nr. 1, Januar 2010.
- Melse, R. W. & N. W. M. Ogink (2005): Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands. *Transactions of the ASAE*. Vol. 48(6), pp. 2303-2313.
- Melse, R. W. & M. Timmermann (2009): Sustainable intensive livestock production demands manure and exhaust air treatment technologies. *Bioresource Technology*. Vol. 100, pp. 5506-5511.
- Melse, R. W., N. W. M. Ogink & W. H. Rulkens (2009): Air treatment techniques for abatement of emissions from intensive livestock production. *The Open Agriculture Journal*, vol. 3, pp. 6-12.
- Pedersen, P. (2007): Delrensning med to-trins Bovema S-Air luftrensner i en slagtesvinestald. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 775.
- Riis, A. L. (2007): Bovema S-air to-trins luftrensner afprøvet i en smågrisestald under sommerforhold. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 776.
- Riis, A. L. (2008): Ammoniakreduktion og driftsomkostninger ved Bovema S-air ét-trins luftrensner i en smågrisestald. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 820.
- Riis, A. L. (2009): Central luftrensner fra Scanairclean A/S afprøvet i en kombineret smågrise- og poltestald. Meddelelse nr. 842
- Riis, A. L. (2010a): Biologisk luftrensner fra Vengsystem. Videncenter for Svineproduktion. Erfaring nr. 1008.
- Riis, A. L. (2010b): Biofilter kombineret med Farm AirClean biomodul fra SKOV A/S. Videncenter for Svineproduktion. Erfaring nr. 1001.
- Sørensen, K. & A. L. Riis (2008): Ammoniak og lugtreduktion i en biologisk luftrensner, "Cleantube", fra Skiold A/S. Erfaring nr. 0807.

