



Teknologiblad	Version: 1. udgave
Dyretype: Slagtekyllinger	Dato: 17.05.2011
Teknologitype: Staldindretning – Kemisk luftrensning	Revideret: -
Kode: TB	Side: 1 af 15

Kemisk luftrensning med syre - slagtekyllinger

Resumé

Ammoniakfordampning	Der er gennemført to danske afprøvninger i henholdsvis en stald med æglæg- gende høner og en slagtekyllingestald, hvor det blev fundet, at kemisk luftrens- ning potentielt kan reducere ammoniakkoncentrationen med henholdsvis 59,1- 72,7 % og 80-90 %. Renseeffekten forventes at ligge på 75 %, hvilket svarer til gennemsnittet af de opnåede renseseffekter i de to danske undersøgelser. Ren- seeffekten 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 maksimalt 25 %, men det afhæn- ger af årstiden.
Støv	Der er ingen effekt på støvkonzentrationen i stalden, da teknikken først anven- des, når luften forlader stalden. Til gengæld bliver støvkonzentrationen reduce- ret i den luft, som passerer luftrenseren.
Emission af miljøfremmede stoffer	Der er ikke fundet dokumentation for, at teknologien øger emissionen af miljø- fremmede stoffer.
Energi og ressourceforbrug	Der vil være et øget el- 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. En under- søgelse har vist, at antallet af bakterier reduceres, når luften har passeret luft- renseren. Til gengæld var der ingen effekt på luftens indhold af patogener.
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 ventilationsbehov.
Affald og spildevand	Teknikken giver ikke anledning til produktion af affald. Vand lænset fra anlæg- get skal opbevares i separat tæt beholder før udbringning på 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 lænsevandet udnyttes som et gød- ningsmiddel.

Driftssikkerhed		Driftssikkerheden er endnu ikke påvist. Både danske og udenlandske undersøgelser har vist, at der forekommer hyppige problemer med tilstopning af støv i filtrene. Tilstopning af støv nedsætter renseeffekten, øger energiforbruget samt øger risikoen for et dårligere klima og dårligere dyrevelfærd i stalden.
Merinvestering		Teknologien fører til øgede investeringsomkostninger.
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.

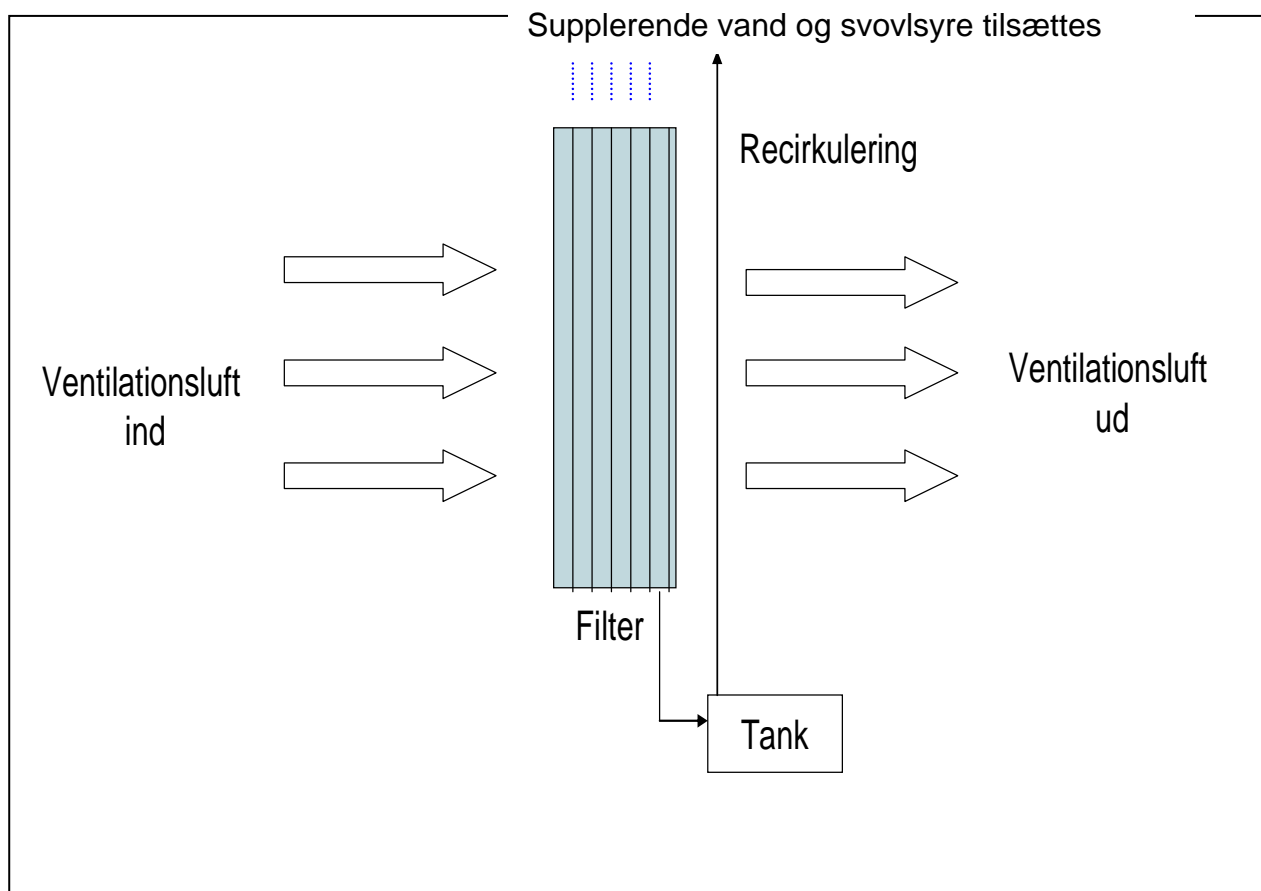
Dette Teknologiblاد er udarbejdet for Miljøstyrelsen af:

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 luftrensere placeres centralt eller decentralt. I slagtekyllingestalde vil hovedparten af udsugningsenhederne være placeret på taget. Herudover vil der være placeret nogle gavluudsugningsenheder i hver ende af stalden, som igangsættes ved et stort ventilationsbehov. Det vil være muligt at placere luftrenseren således, at udsugningsluften fra stalden kan renses.

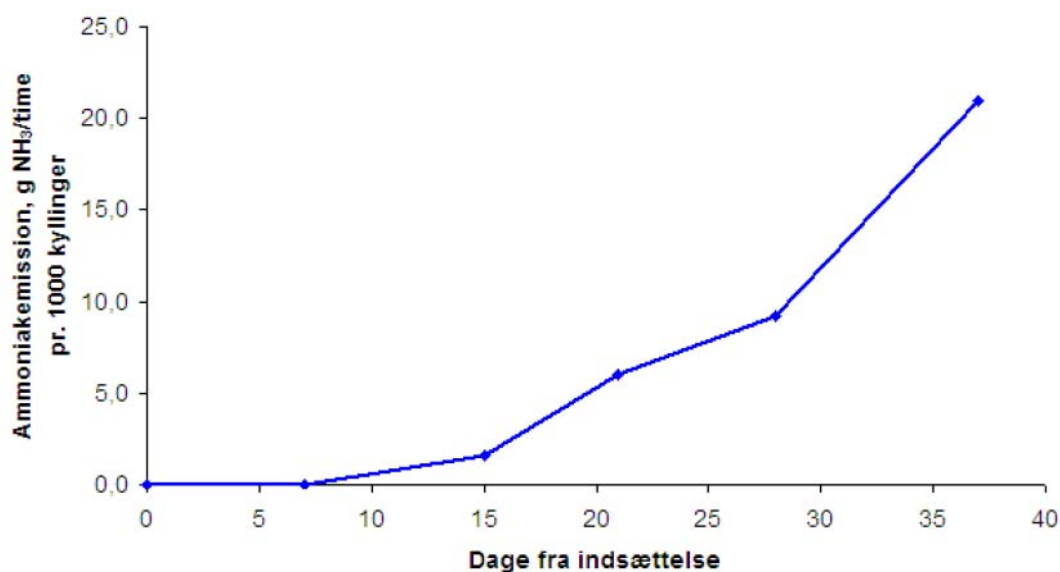
En stor del af forsøgene og afprøvningerne af kemiske luftrensere er foretaget i svinestalde. Der er få forsøg udført i fjerkræstalde, hvorfor resultaterne opnået i svinestalde medtages i vurderingen af kemiske luftrensere.

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. Behovet for ventilation afhænger af dyrenes størrelse og af årstiden. Ventilationsmængden er derfor en væsentlig andel af tiden langt under den maksimale ventilationskapacitet.

Ved delrensning af afgangsluften fra slagtesvinestalde viser beregninger foretaget i programmet StaldVent, at al udsugningsluft vil blive renses omkring halvdelen af året, hvis 25 % af ventilationskapaciteten 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 renses 25 % af ventilationskapaciteten med en luftrenser, som har en renseseffekt på 95 %. Ved delrensning er omkostningerne til etablering og drift markant reduceret samtidig med, at der kan opnås en betydelig ammoniakreduktion.

Resultaterne fra slagtesvin kan ikke direkte overføres fra slagtesvin til fjerkræ, da der er andre forhold omkring ammoniakfordampning og ventilationsbehov i en slagtekyllingestald. Forsøg viser, at der først sker en ammoniakfordampning fra ca. dag 14 i produktionsperioden af slagtekyllinger (Hansen, 2008). I figur 2 er ammoniakemissionen afbilledet for et hold slagtekyllinger i perioden september/oktober.

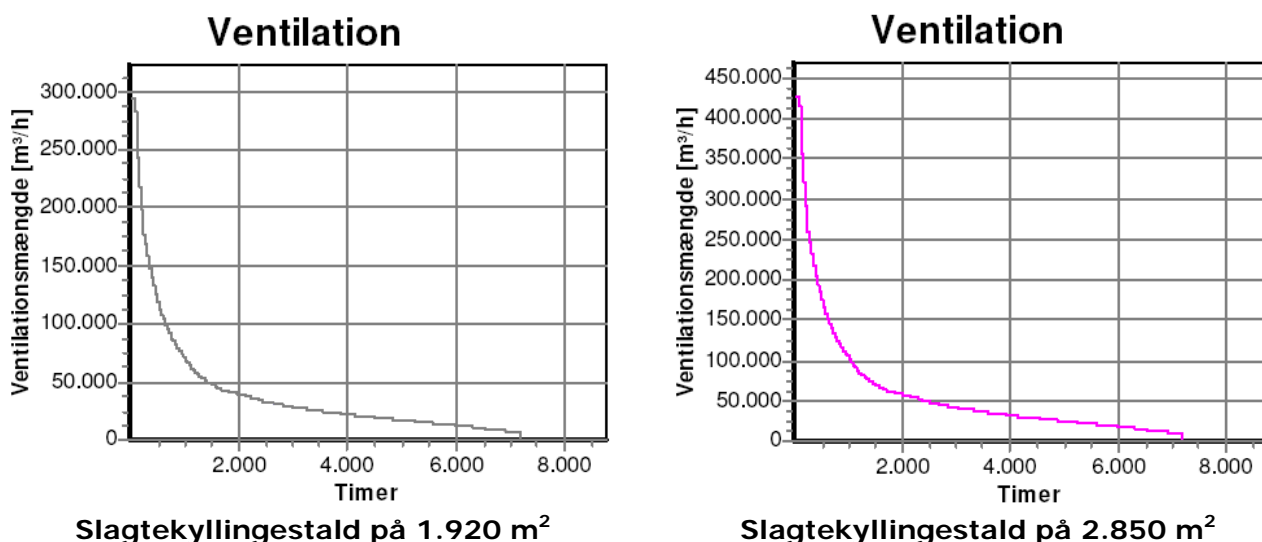


Figur 2: Ammoniakemissionen for et hold slagtekyllinger registreret i perioden september/oktober (Hansen, 2008).

Der vil derfor være en periode på ca. tre uger (en tomgangsperiode på en uge samt de første to uger af produktionsperioden), hvor ammoniakkoncentrationen i afgangsluften er meget begrænset. Der kan derfor kun opnås en effektiv begrænsning af ammoniakemissionen ved anvendelse af luftrensning i ca. 21 dage forudsat, at luftrenseren tilkøbes på dag 14 ved en 35 dages produktion. Da der normalt produceres 8,5 hold slagtekyllinger pr. år, vil der derfor være ca. 179 dage om året, hvor det vil være muligt at reducere ammoniakkoncentrationen i afgangsluften fra slagtekyllingestalde, når den passerer luftrenseren.

Ventilationsbehovet i en slagtekyllingestald er i starten af produktionsperioden lav, og herefter er den kraftigt stigende igennem produktionsperioden. Der er især behov for maksimumventilation i slutningen af produktionsperioden, og særligt i sommerperioden. I figur 3 er antallet af driftstimer ved en given ventilationsmængde (m^3/time) for et helt år skitseret for en slagtekyllingestald på henholdsvis 1.920 m^2 og 2.850 m^2 . Skitserne er udarbejdet i programmet Stald-Vent, hvor det er forudsat at:

- Produktionsperioden er 35 dage.
- 8,5 hold gennem et år.
- En tomgangsperiode mellem hvert hold på 8 dage.
- Start og sluttemperatur på henholdsvis $34 \text{ }^\circ\text{C}$ og $20 \text{ }^\circ\text{C}$ i produktionsperioden.



Figur 3. Antallet af driftstimer ved en given ventilationsmængde for et helt år for en slagtekyllingestald på henholdsvis 1.920 m^2 og 2.850 m^2 .

Af figur 3 kan det ses, at det er forholdsvis få timer (under 500 timer), hvor der er et behov for maksimumventilation. Derimod er der en stor andel af tiden gennem et år, hvor ventilationsbehovet er $50.000 \text{ m}^3/\text{time}$ eller derunder, hvilket svarer til ca. 11-17 % af maksimumventilationen (afhænger af staldstørrelsen). Delrensning vil derfor være fordelagtig at anvende i slagtekyllingestalde, da der en stor del af tiden gennem et år vil være fuld rensning af al udsugningsluft, hvis en luftrenser med en kapacitet på for eksempel $50.000 \text{ m}^3/\text{time}$ tilkøbes stalden. 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 $100.000 \text{ m}^3/\text{time}$. Dette kan forklares ved, at der er forholdsvis få timer gennem et år, hvor der er et behov for en ventilationsmængde over $50.000 \text{ m}^3/\text{time}$. I tabel 3 og 4 (se forinden) er det beregnet, hvor stor en ammoniakbegrænsende effekt der kan opnås ved varierende grader af delrensning.

Tilsigtet effekt

Ammoniakemission

En undersøgelse udført af Hansen (2008) er den eneste danske afprøvning af en kemisk luftrenser i en slagtekyllingestald udført i Danmark på nuværende tidspunkt. En kemisk luftrenser af typen TLV-Ammon fra Munters A/S (tidligere Turbovent Environment A/S) er afprøvet under produktionen af ét hold slagtekyllinger under danske forhold i september/oktober måned (Hansen 2008). Luftrenseren havde en kapacitet på ca. 7.000 m³ pr. time, hvilket svarede til 3 % af staldens samlede ventilationskapacitet på ca. 220.000 m³ pr. time. Det var dermed en lille andel af staldens afgangsluft, som blev renset. Resultaterne viste, at ammoniakkoncentrationen kunne reduceres med 80-90 % i luften, som passerede luftrenseren. I slutningen af testperioden skete der en tilstopning af filteret med støv, hvorved luftrenserens kapacitet faldt fra ca. 7.000 m³ luft pr. time til ca. 6.000 m³ pr. time. Tilstopningen af filteret betød en stigning i tryktabet fra 30 til 95 Pa og resulterede dermed i et øget energiforbrug.

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 m³ pr. time, 4.905 m³ pr. time og 2.725 m³ pr. time (forår, sommer, vinter). Kapaciteten af luftrenseren var oplyst til at være maksimalt 10.000 m³ pr. time.

Table 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
Den gennemsnitlige renseeffekt for ammoniak	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.

I slagtekyllingestalde vil der forekomme otte fjerskift pr. år (ét fjerskift pr. hold), hvilket giver anledning til en anderledes støvsammensætning sammenlignet med en æglæggestald (ét fjerskift pr. år). Det vurderes derfor, at risikoen for tilstopning med støv i filtrene i en luftrenser vil være forholdsvis stor i en slagtekyllingestald som observeret af Hansen (2008). En tilstopning af filteret vil betyde nedsat renseeffekt af ammoniakkoncentrationen, lavere ventilationsydelse samt højere energibehov.

I et review udarbejdet af Melse & Ogink (2005) er der angivet resultater fra en undersøgelse udført af Hol et al. (1999) med en luftrenser i en slagtekyllingestald. I denne undersøgelse var det muligt gennemsnitligt at reducere ammoniakkoncentrationen med 95 %. Undersøgelsen blev udført i en stald med 30.000 slagtekyllinger og er angivet i en hollandsk rapport. Da rapporten ikke er tilgængelig på dansk eller engelsk, er det ikke muligt at vurdere undersøgelsen fagligt. Det har ikke været muligt at finde anden udenlandsk litteratur, hvor anvendelsen af kemiske luftrensere er undersøgt i slagtekyllingestalde. En af grundene til de få undersøgelser skyldes den praktiske erfaring med fjerskistalde og luftrensere, hvor der opstår tilstopning af filtre på grund af Støvmængden. Dette resulterer i et højt tryktab, et højt energibehov samt reduceret renseeffekt (Ogink et al., 2004).

Der er til gengæld gennemført en del danske afprøvninger af kemiske luftrensere i svinestalde, og resultaterne heraf er angivet i tabel 2.

Afprøvningerne 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 (se tabel 2). Der var problemer med støv i flere af undersøgelseerne, og dette vil 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					
Luftrenser	Evt. firma	Reduktion af NH ₃ (Svin)	Reduktion af NH ₃ (Fjerkræ)	Lugt	Litteratur
TLV-Ammon	Munters A/S	Ikke undersøgt	80-90 % (slagtekyllingestald)	Ikke undersøgt	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 undersøgt	Riis, 2008
Central luftrensere fra Scainairclean 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	Ikke undersøgt	34 % (konsu-mægsstald)	*Klarenbee k 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 sommer-

perioden. I en undersøgelse udført af Klarenbeek et al. (1998) i en æglæggestald, blev der opnået en gennemsnitlig lugtreduktion på 34 % med en kemisk luftrensning. Resultaterne fra undersøgelsen er angivet i et review udarbejdet af Melse & Ogink (2005), men undersøgelsen er ikke tilgængelig, da den er publiceret på hollandsk. I en udenlandsk artikel er det angivet, at der kan opnås en gennemsnitlig lugtreduktion på 30 % ved anvendelse af kemiske luftrensnere målt i svinestalde (Melse et al., 2009). Det vurderes på baggrund af de ovennævnte resultater, at kemisk luftrensning kan reducere lugten med 25 %, men reduktionen afhænger af årstiden.

Utsigtede 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 luftrensning 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 luftrensnere 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.

Støv

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

Miljøfremmende stoffer

Det er ikke undersøgt. Kemiske luftrensnere forventes ikke at give anledning til udledning af miljøfremmende stoffer.

Dyrevelfærd

Der er ikke fundet dokumentation for, at dyrevelfærden ændres 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 medføre en mindre kapacitet af ventilationen i stalden. Ved driftsstop på en varm sommerdag, og hvor al afgangsluften renses, vurderes det, at slagtekyllingernes risiko for varmestress forøges på grund af nedsat ventilationskapacitet, og dermed forøges risikoen for en øget dødelighed.

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.

Arbejdsmiljø

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. Der er et øget energiforbrug til pumper og ventilation. Det er vanskeligt at estimere det forøgede energi- og vandforbrug ved anvendelse af en luftrenser i slagtekyllingestalde, da det vil afhænge af driftstid, 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 kemisk luftrenser etableret i en slagtekyllingestald.

Der vil være et tidsforbrug for producenten til at efterse og vedligeholde teknikken samt et tidsforbrug til rengøring af filtre og tilsyn af luftrenseren. Tidsforbruget til vedligeholdelse forventes at være dobbelt så højt som i svinestalde på grund af øget risiko for tilstopning af filtrene i luftrenseren tilkøbet fjerkræstalde.

Endelig er der 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 renses 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. Væsken, 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 slagtekyllingestald 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 slagtekyllingestalde.

Nogle fabrikater af luftrensere kan etableres i en allerede eksisterende stald. Det vurderes, at størstedelen af luftrensere kun 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 luftrenser. Det vurderes, at renseeffekten 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 luftrenserfabrikat og tilstopning af støv i filtrene. Der er en forholdsvis stor spredning i renseeffekten. På grund af få resultater for kemiske luftrensere i danske fjerkræstalde er det valgt at fastsætte renseeffekten til 75 %, hvilket svarer til et gennemsnit af de opnåede resultater for kemiske luftrensere i fjerkræstalde. Renseeffekten på 75 % er anvendt i de økonomiske beregninger.

På baggrund af de ovennævnte resultater vurderes det desuden, at kemisk luftrensning i fjerkræstalde kan reducere lugten med maksimalt 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 1.920 m² og 2.850 m². Antallet af dyreenheder i et staldmodul er henholdsvis 109 DE og 160 DE afhængig af staldstørrelse.

Den ammoniakreducerende effekt ved varierende delrensningsgrader er beregnet i programmet StaldVent for en slagtekyllingestald for at kunne beregne reduktionsgraderne af ammoniak ved forskellige størrelser af luftrensere. Der er taget udgangspunkt i en renseeffekt på 75 % på luftrenseren, hvilket er baseret på de fundne resultater af kemiske luftrensere i fjerkræstalde.

Det ses, at der er forholdsvis stor renseseffektivitet ved indsættelsen af de første moduler, mens effekten af indsættelsen af flere moduler fører til forholdsvis lavere reduktionseffekter.

De totale meromkostninger følger den installerede luftkapacitet, men omkostningerne varierer betydeligt, når de opgøres i forhold til antal producerede slagtekyllinger og den reducerede ammoniakemission. Udgiften til luftrensning går fra 0,2 – 0,6 kr. pr. produceret slagtekylling, når der delrenses, og 1,2-1,3 kr. ved fuldrensning. Reduktionsomkostningerne varierer mellem 65 og 200 kr. pr. kg N. Reduktionsomkostningerne er lavest i en stald på 2850 m² med to moduler svarende til ca. 12 % rensning af den maksimale ventilationskapacitet.

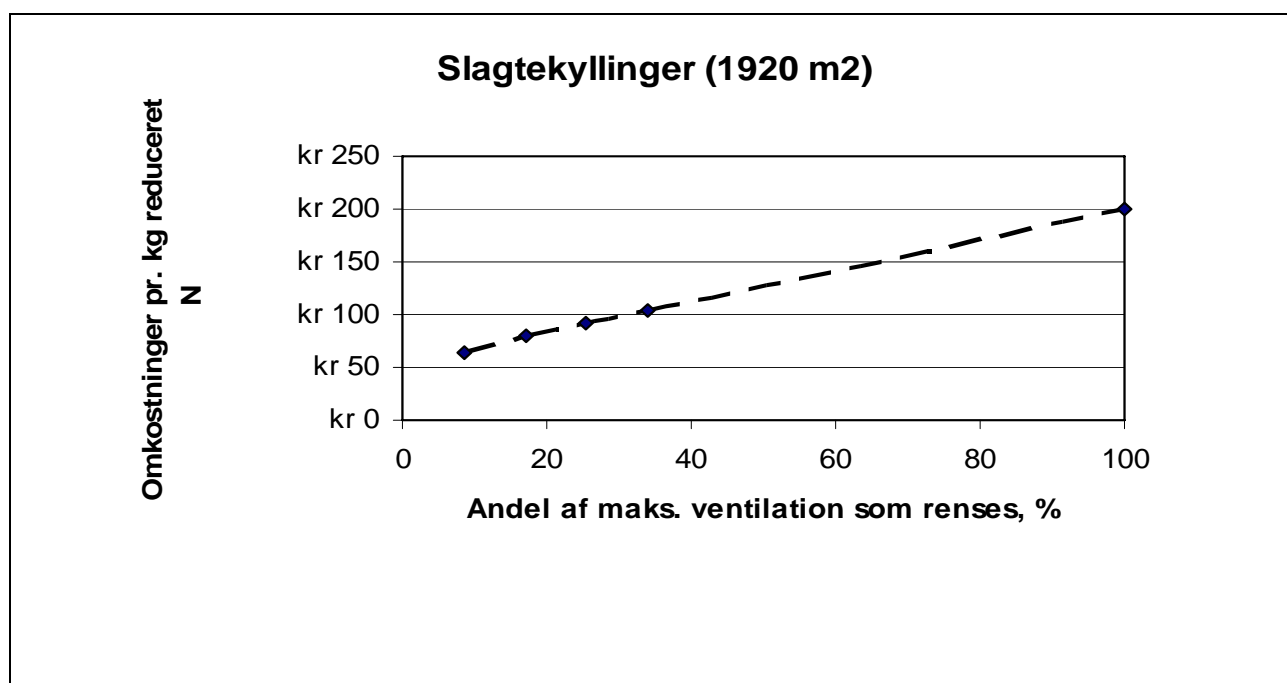
I tabel 3 og 4 ses omkostninger ved installation af varierende niveauer af delrensning samt fuldrensning, og i figur 4 og 5 ses meromkostningerne som funktion af andelen af maksimal ventilation, der renses.

Tabel 3. Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en 1920 m² slagtekyllingestald (109 DE) ved varierende grader af delrensning.

Antal moduler	Andel af maksimum ventilationen som renses, % (delrensningsgrad)	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N*	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi	Meromkostning pr. produceret slagtekylling	Meromkostning pr. kg. N reduceret
1	9	37,2	1.176	76.272	0,23	65
2	17	53,9	1.717	136.635	0,42	80
3	26	59,4	1.907	174.053	0,53	91
4	34	62,3	1.971	205.486	0,63	104
12	100	67,7	2.161	432.023	1,32	200

* Samlet effekt: stald, lager og mark.

Slagtekyllingestald (1920 m²) til produktion af 326.400 slagtekyllinger per år svarende til en ammoniakfordampning på 2.680 kg NH₃/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m³ luft/time. Ved indsættelse af 12 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.



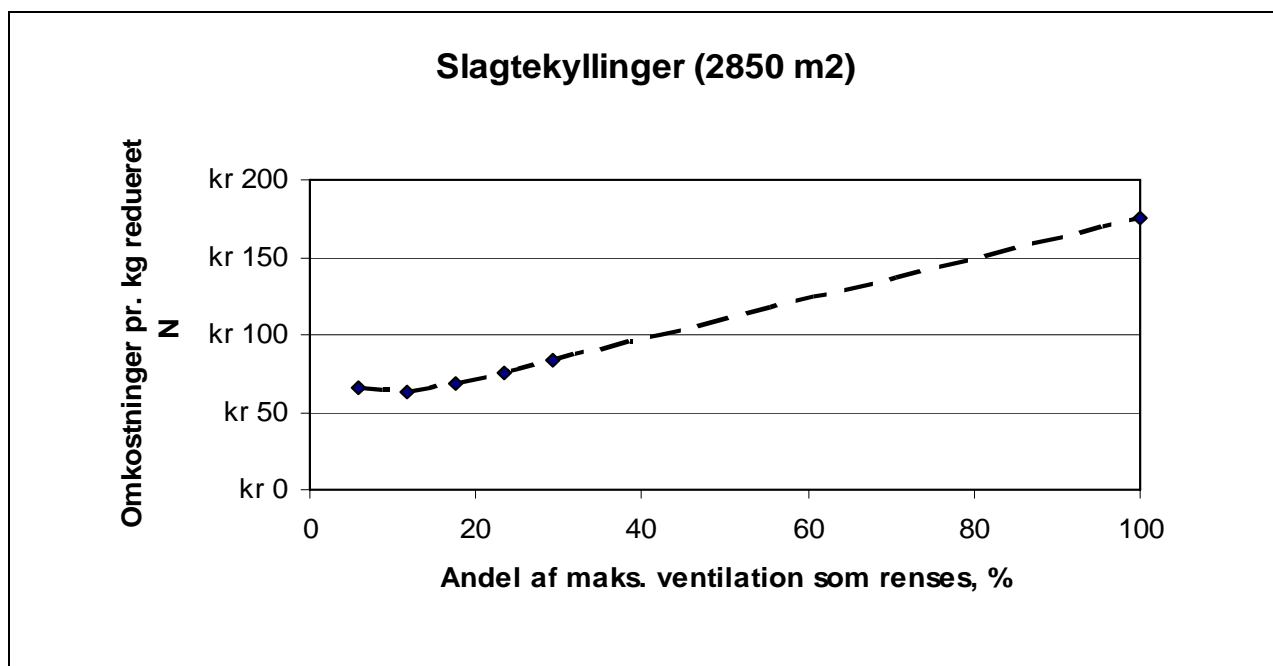
Figur 4. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med slagtekyllinger (1920 m²) ved stigende grader af delrensning.

Tabel 4. Rensningskapacitet, ammoniakreduktion og omkostninger i en 2850 m² slagtekyllingestald (160 DE) ved varierende grader af delrensning.

Antal moduler	Andel af maksimum ventilationen som renses, % (delrensningsgrad)	Ammoniakreduktion, %	Kg. reduceret N, kg*	Årlig meromkostning fratrukket N-værdi	Meromkostning pr. produceret dyr	Meromkostning pr. kg. N reduceret
1	5,9	25,2	1.167	76.294	0,16	65
2	11,7	46	2.148	148.445	0,28	63
3	17,6	54,3	2.521	172.518	0,36	68
4	23,4	58,2	2.709	203.641	0,42	75
5	29,3	60,8	2.848	238.565	0,50	84
17	100	67,7	3.174	556.123	1,16	175

* Samlet effekt: stald, lager og mark.

Slagtekyllingestald (2850 m²) til produktion af 479.400 slagtekyllinger per år svarende til en ammoniakfordampning på 3.940 kg NH₃/år. Hver modul af renseren har en luftkapacitet på 25.000 m³ luft/time. Ved indsættelse af 17 moduler kan alt ventilationsluften renses ved maksimal ventilationsbehov.



Figur 5. Reduktionsomkostninger ved luftrensning i anlæg med slagtekyllinger (2850 m²) ved stigende andele 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 _____ m³ luft pr. time, hvor m³ luft pr. time svarer til _____ % af den maksimale ventilationskapacitet fra staldafsnit _____. De første 0 - _____ m³ luft pr. time udsugningsluft skal altid ledes gennem luftrensningsanlægget.
4. Luftrensningsanlægget skal være i drift i året rundt bortset fra de første tre uger af hver produktionscyklus.
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 med angivelse af start og sluttidspunkt for hver enkelt produktionscyklus
 - 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. Dette gør sig særligt gældende for produktion af slagtekyllinger, da luftrensningsanlægget ikke er i drift de første tre uger af en produktionscyklus.

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^3 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 forudsætter, at anlægget er i drift hele året rundt bortset fra de første tre uger af hver produktionscyklus. Der vil endvidere 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.

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_3 -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. Herudover skal der som nævnt tages hensyn til, at luftrensningsanlægget ikke er i drift de første tre uger af en produktionscyklus.

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/CO-Generelt-og-diverse/CO12-Leverandørbrugsanvisning-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/CO-Generelt-og-diverse/CO11-Arbpladsbrugsanvisning-for-stof-og-mat.aspx?sc_lang=da.

Domino, H. B., B. L. Riis, J. Thorup & L. Harritsø (2007): Dokumentation og demonstration af Farm Airclean – en kemisk luftrenser 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).

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.

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 luftrenser i en slagtesvinestald. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 775.

Riis, A. L. (2007): Bovema S-air to-trins luftrenser afprøvet i en smågrisestald under sommerforhold. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 776.

Riis, A. L. (2008): Ammoniakreduktion og driftsomkostninger ved Bovema S-air ét-trins luftrenser i en smågrisestald. Dansk Svineproduktion. Meddelelse nr. 820.

Riis, A. L. (2009): Central luftrenser fra Scanairclean A/S afprøvet i en kombineret smågrise- og poltestald. Meddelelse nr. 842.