



PraktijkRapport Pluimvee 16

# Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen



Juni 2005

**Pluimvee**





## Colofon

### Uitgever

Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek  
Postbus 65, 8200 AB Lelystad  
Telefoon 0320 - 238238  
Fax 0320 - 238050  
E-mail [info.po.asg@wur.nl](mailto:info.po.asg@wur.nl)  
Internet [www.asg.wur.nl](http://www.asg.wur.nl)

### Redactie en fotografie

Praktijkonderzoek

### © Animal Sciences Group

Het is verboden zonder schriftelijke toestemming van de uitgever deze uitgave of delen van deze uitgave te kopiëren, te vermenigvuldigen, digitaal om te zetten of op een andere wijze beschikbaar te stellen.

### Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

### Bestellen

ISSN 1570-8624  
Eerste druk 2005  
Prijs € 17,50

Losse nummers zijn per E-mail of via de website te bestellen bij de uitgever.

## Referaat

ISSN 1570-8624

Ellen, H.H., Harn, J. van, Veldkamp, T.  
(Praktijkonderzoek)

Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen (2005)  
PraktijkRapport Pluimvee 16  
23 pagina's, 7 figuren, 4 tabellen

De mogelijkheden om de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen te reduceren zijn geïnventariseerd en worden in dit rapport beschreven. Achtereenvolgens beschrijven we welke mogelijkheden er zijn via het voer, mest/strooisel en stallucht. Bij de inventarisatie worden, voorzover bekend, zowel de effectiviteit als de kosten van de toepassing beschreven.

## Trefwoorden:

Vleeskuikens, ammoniak, emissie, stof, milieu, geur

## Abstract

Possibilities to reduce ammonia emission from broiler houses were studied and presented in this publication. Possibilities by dietary treatments, manure/litter and air treatment were described, subsequently. Both, efficacy and costs of the treatments were described if known.

## Key words:

Broilers, ammonia, emission, dust, environment, odor



PraktijkRapport Pluimvee 16

# Inventarisatie mogelijkheden reductie ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen

## Desk study on possibilities to reduce ammonia emission from broiler houses

H.H. Ellen  
J. van Harn  
T. Veldkamp

Juni 2005

## Voorwoord

Het op handen zijnde Besluit Ammoniakemissie huisvesting veehouderij bepaalt voor de huisvesting van verschillende diercategorieën maximale waarden voor de ammoniakemissie per dierplaats. Volgens het ontwerpbesluit Ammoniakemissie huisvesting veehouderij moeten vleeskuikenstallen vanaf 1-1-2010 voldoen aan de maximale emissiewaarde van 45 gram NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar. Veel van de huidige vleeskuikenstallen voldoen niet aan die maximale waarde. Nieuw gebouwde of verbouwde stallen moeten direct emissiearm zijn. Er zijn echter weinig alternatieven die deze drempelwaarde halen en vaak hangt er ook een behoorlijk prijskaartje aan.

Het Productschap Pluimvee en Eieren (PPE) heeft de divisie Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR gevraagd een inventarisatie te maken van de mogelijkheden om de NH<sub>3</sub>-emissie uit vleeskuikenstallen te reduceren. Het resultaat van deze inventarisatie ligt voor u. Het rapport geeft zowel inzicht in de verschillende mogelijkheden om te komen tot een reductie van de NH<sub>3</sub>-emissie als de huidige kennisleemten.

Kees de Koning  
Clustermanager Productkwaliteit en Borging

## Samenvatting

Het PPE heeft de divisie Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR gevraagd een inventarisatie te maken van voermaatregelen en systemen (of combinaties van beide) die kunnen leiden tot een ammoniakemissie beneden de drempelwaarde van 45 gram NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar.

In de Nederlandse Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn enkele systemen opgenomen die voldoen aan de eis van maximaal 45 gram ammoniak/dierplaats/jaar. Door praktische bezwaren en/of hoge kosten worden deze systemen in de praktijk niet of nauwelijks toegepast. Een inventarisatie en onderzoek naar goedkope(re) mogelijkheden de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen te reduceren is dus gewenst. In dit rapport wordt het resultaat van deze inventarisatie gegeven. Globaal genomen kan de ammoniak op twee wijzen worden gereduceerd: door aanpassing van het huisvestingssysteem en door het nemen van voermaatregelen.

### Aanpassing huisvestingssysteem

Het is algemeen bekend dat men door aangepast huisvestingssystemen de ammoniakemissie kan reduceren. Vloerverwarming heeft in onderzoek niet tot een vermindering van de NH<sub>3</sub>-emissie geleid. Een reductie van de ammoniakemissie is wel gehaald door strooiselbeluchting of het drogen van de mest. Op dit moment staan er vijf systemen op de Rav lijst (van de zesde loopt de aanvraag nog) (zie tabel 1). De eerste twee systemen worden in de praktijk niet meer toegepast vanwege hoge investeringen, hogere stofconcentraties en praktische bezwaren rond het schoonmaken van de systemen. Bovendien zijn deze systemen moeilijk in bestaande stallen in te bouwen. Het houden van pluimvee op volledig roostervloeren wordt in Nederland niet gestimuleerd uit het oogpunt van dierenwelzijn en daarmee heeft het etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting in Nederland geen opgang gemaakt.

Het Imago-systeem heeft goede perspectieven. Een lage emissie en, volgens berekeningen van de leverancier, geen hoge investeringen (€ 1,20 per plaats) en extra kosten (€ 0,05 per plaats per jaar).

**Tabel 1** Systemen die werken op het principe van strooiselbeluchting in Regeling ammoniak en veehouderij

Nummer Rav	Systeem	NH <sub>3</sub> -emissie (kg/dierpl./jr)
E 5.1	Zwevende vloer met strooiseldroging	0,005
E 5.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	0,014
E 5.3	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	0,005
E 5.4	Chemisch luchtwassysteem 90% emissiereductie, grondhuisvesting	0,005
E 5.5	Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling	0,045
E.. <sup>1</sup>	Mixluchtventilatie (Imago-systeem)	0,011

<sup>1</sup> Aanvraag loopt nog, januari 2005. Emissiefactor is voorlopig.

Ook het verwarmen en koelen van het strooisel, zoals bij het kombideksysteem, reduceert de NH<sub>3</sub> emissie. Koelen van mest/strooisel is ook een optie om de ammoniakvorming af te remmen. Het effect is het grootst als de temperatuur van de mest beneden de 10 °C komt. Normaal ligt de temperatuur rond of net boven de 30 °C, waarbij de mest gaat broeien. Een bijkomend effect van koeling is dat door condensvorming het strooisel dicht slaat en de gevormde ammoniak niet vrij kan komen. Het Kombideksysteem maakt gebruik van deze techniek. Bij dit systeem kan men gebruik maken van opslag en uitwisseling van warmte en koude in de grond. Volgens de leverancier zijn dan besparingen mogelijk van 50% op de totale energiekosten op een bedrijf. De extra jaarlijkse kosten per plaats worden dan geschat op € 0,15 (excl. BTW). Bij het Vencomatic Broiler System wordt de ammoniakemissie ook gereduceerd door de combinatie van koeling van het strooisel en het dichtslaan van het strooisel. Dit systeem zal binnen afzienbare tijd worden opgenomen in de Rav.

Het verwijderen van de ammoniak uit de stallucht (tabel 2) kan op twee momenten: in de stal en bij het verlaten van de stal. In de stal kan gebruik worden gemaakt van een elektrostatisch filter, ozon, of een interne reiniging/wasser. Reiniging van uitgaande stallucht kan door luchtwassers te gebruiken en door water te vernevelen. Van genoemde systemen is alleen de chemische wasser opgenomen in de Rav, met een verwijderingsrendement van 90%. Het effect van een elektrostatisch filter op de ammoniakemissie is nog niet onderzocht in vleeskuikenstallen. De vermelde ammoniakreductie is behaald bij vleeskuikenouderdieren. De kosten van dit systeem zijn niet bekend. Toepassing van ozon in stallen vermindert de ammoniakemissie ook, maar ozon is bij hoge concentraties gevaarlijk. Interne reiniging/wasser met toevoeging van zwavelzuur is ook mogelijk. De kosten van deze manier van luchtreiniging schat de leverancier op € 0,30 per plaats (excl. BTW).

**Tabel 2** Systemen die werken op het principe van luchtzuivering

Systeem	Maximaal behaalde ammoniakreducties (%)
<i>In de stal</i>	
Elektrostatisch filter	> 50
Ozon	58
Interne reiniging/wasser	80
<i>Uitgaande stallucht</i>	
Biobedden	50
Biologische wassers	70
Chemische wassers	95
Waternevelen	70

Nadeel van chemische en biologische wassers zijn de hoge jaarlijkse kosten. Voor chemische luchtwassers liggen die op € 0,50 - € 0,75 per vleeskuikenplaats (excl. BTW). Voor biologische luchtwassers zijn de extra kosten afhankelijk van de afzet van het spuiwater (Melse en Willers, 2004). Bij afzet volgens de mestafzetterieven variëren de totale kosten van € 0,63 tot € 1,06 per plaats per jaar. Bij afzet van het spuiwater op eigen land zijn de extra kosten € 0,47 - € 0,60 (alle bedragen excl. BTW). De kosten van luchtwassing kunnen worden beperkt als men slechts een gedeelte van de geventileerde lucht zuivert. Volgens onderzoek van het A&F blijft de ammoniakemissie nog beneden de grenswaarde van 45 gram als 30% van de geventileerde lucht wordt behandeld met een chemische wasser met een verwijderingrendement van 95%. De kosten van de luchtwasser nemen ook af tot ongeveer 30% van de kosten in vergelijking met op volledige capaciteit wassen.

Een andere mogelijkheid om de kosten van de luchtwassing te reduceren kan door de binnenkomende ventilatielucht te koelen. In dat geval is er minder ventilatiecapaciteit nodig en kan men de luchtwasser kleiner uitvoeren. In Nederland wordt op dit moment onderzoek uitgevoerd aan dit systeem. Volgens de leverancier zijn de totale extra kosten voor dit systeem (warmtewisselaar en luchtwasser) ongeveer € 0,46 per plaats. Hierbij is al rekening gehouden met de mogelijke energiebesparing via de warmtewisselaar. Onduidelijk is het effect van een watergordijn voor stallen met lengteventilatie op de ammoniakemissie.

Bij kalkoenen is de ammoniakemissie in de praktijk gemeten bij tussentijds uithalen van de mest. De mest werd iedere 14-21 dagen, afhankelijk van de leeftijd van de dieren, uit de stal verwijderd en daarna bracht men een nieuwe laag strooisel aan. De gemeten NH<sub>3</sub>-emissie was ongeveer 40% van de emissiefactor van een traditionele stal. Door bij vleeskuikens het strooisel op circa 28 dagen leeftijd uit de stal te verwijderen, kan een aanzienlijke ammoniakreductie worden bereikt. In hoeverre dit praktisch uitvoerbaar is en welke reductie behaald kan worden, moet nader worden onderzocht.

Op dit moment is een mobiel voer- en drinksysteem uitgerust met beluchtingsbuizen in onderzoek bij de divisie Praktijkonderzoek van ASG in Lelystad. Het systeem beweegt in de dwarsrichting van de stal. Tijdens deze beweging worden de dieren gedwongen tijdelijk op te staan en ruimte te maken voor de voerpannen. Door de beluchtingsbuis wordt het strooisel belucht en omdat dit plaatsvindt in het gebied waar geen dieren zijn kan het oppervlak efficiënt worden belucht/gedroogd. Ook omdat de mestproductie over het gehele staloppervlak is verspreid, moet dit in principe voldoende zijn voor een aanzienlijke ammoniakreductie. Indicatieve metingen gaven een forse ammoniakreductie (50 - 75%) bij deze wijze van beluchten.

### Voermaatregelen

In verschillende onderzoeken is aangetoond dat men de ammoniakemissie door voermaatregelen kan reduceren. Het is hierbij belangrijk dat de verstrekte hoeveelheid nutriënten (met name eiwit/aminozuren) overeenkomt met de behoefte van het dier. De behoefte van een haan verschilt van die van een hen. Bij gescheiden mesten kan men de voersamenstelling beter afstemmen op de behoefte van het dier (de sekse) en hiermee kan naar verwachting de ammoniakemissie worden gereduceerd. Bij verlaging van het ruw eiwitgehalte in het voer is het belangrijk dat de essentiële aminozuren worden aangevuld in synthetische vorm zodat de technische resultaten op peil blijven. Een recente ontwikkeling is het voeren naar behoefte per dag. Hierbij wordt de eiwitgift dagelijks afgestemd op de behoefte van het dier. Bij de combinatie van voeren naar behoefte en gescheiden mesten kan het mogelijk dat men de ammoniakemissie met meer dan 50% reduceert op basis van literatuurgegevens van de afzonderlijke factoren. Onderzoek om de ammoniakemissie bij deze combinatie vast te stellen is wenselijk.

In onderzoek zijn verschillende micro-organismen getest zoals *Bacillus subtilis* culture, *Lactobacilli*, gisten en algen, maar ook andere stoffen die de vorming van NH<sub>3</sub> remmen of binden zoals kleimineralen en *Yucca*-extracten. Van alle toevoegingen aan het voer gaat een ammoniakreducerende werking uit, maar zowel dosering als kosten van deze middelen zijn vaak niet beschreven. Toevoeging van *Bacillus subtilis* culture en algen geven de hoogste ammoniakreductie (tabel 3).

**Tabel 3** Overzicht haalbare NH<sub>3</sub> emissie reducties bij toevoegingen aan het voer

Toevoeging	Dosering (%)	Maximaal behaalde ammoniakreductie (%)
<i>Micro-organisme</i>		
Bacillus subtilis culture	1,0	33
	2,0	67
Lactobacilli (ECOZYME)	5,0	50
Gisten	0,4	44
Algen	in water ?	51
	in voer ?	56
<i>Overige stoffen</i>		
Kleimineralen	2,0 in voer + 1,5 kg per m <sup>2</sup> strooisel (andere vorm)	12
Yucca-extracten		
Deoderase	165 g/ton + 5 x 1 g per m <sup>2</sup> strooisel	23
Yucca schidigera	?	40

Door toevoegingen van zuur aan het strooisel kan men de ammoniakemissie ook reduceren. Nadeel hiervan is echter dat grote hoeveelheden zuur moeten worden aangevoerd en opgeslagen. Mogelijk heeft dit ook negatieve gevolgen voor de bemestingswaarde of de afzetmogelijkheden van de mest en voor het dierwelzijn (voetzool- en huidirritaties).

Bij toepassing van sulfaten zoals ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> en aluminiumsulfaat worden reducties >80% gehaald, maar men moet dan wel grote hoeveelheden (200 g/kg mest) toevoegen. Dit is echter minder gewenst in Nederland vanwege de schadelijkheid voor het milieu en de hoge kosten.

Zeolieten en actieve kool zijn ook minder goed toepasbaar, omdat men grote hoeveelheden moet toevoegen aan het strooisel om een aanzienlijke reductie van de ammoniakemissie te krijgen.

Er zijn goede aanwijzingen dat Stalosan F de ammoniakvorming in het strooisel remt. Onderzoek heeft aangetoond dat Stalosan de ammoniakemissie uit rundveedrijfmest met 40-50% verminderde. Praktijkervaringen bij pluimvee melden dat het gebruik van Stalosan F resulteert in een frisser klimaat.

## Summary

In the Dutch 'Regulation on Ammonia and Animal Husbandry', a few systems are included that meet the requirement of maximal 45 grams ammonia/animal place/year. However, the application of these systems is still limited due to practical concerns and/or high costs. Therefore, a desk study is desired to search for cheaper solutions to reduce ammonia emissions from broiler houses. Moreover, the Netherlands Ministry of Environment (VROM) recently changed legislation by accepting adapted feeding as a system to reduce ammonia emission and the possibility to include this in 'Regulation on Ammonia and Animal Husbandry'. Therefore, a desk study was started to search for cheaper solutions to reduce the ammonia emission from broiler houses, concentrating on both feeding management and housing systems (or combinations of both) that may result in ammonia emissions below the threshold value of 45 g ammonia/animal place/year.

The design of the broiler house is known to influence ammonia emission. In recent research, floor heating did not result in a reduction of ammonia but application of mixing ventilators in the broiler house with airflow directed to the floor had a positive effect on the reduction of ammonia. Ammonia emission has been measured at four different systems based on litter ventilation and are/will be included in the 'Regulation on Ammonia and Animal Husbandry' (Table 1). The first two systems were not applied anymore in practice due to high investment costs, high dust concentrations and practical difficulties when systems had to be cleaned. Moreover, it is difficult to install those systems in broiler houses in practice. Growing broilers on full wired floors will not be stimulated with respect to animal welfare. For this reason, full wired floors have not become popular in The Netherlands. The ImagO-system has good perspectives. A low ammonia emission and, according to calculations of the supplier of the system, no high investments (€ 1.20 per animal place) and extra costs per year (€ 0.05 per animal place).

**Table 1** Systems based on ventilation of the litter and enclosed in the 'Regulation on Ammonia and Animal Husbandry'

Identification #	System	Ammonia emission (Kg/animal place/year)
E 5.1	Ventilated litter floor with litter drying	0,005
E 5.2	Perforated floor with litter drying	0,014
E 5.3	Full wired floor and manure belt ventilation	0,005
E 5.4	Chemical air scrubber 90% emission reduction, floor housed	0,005
E 5.5	Floor housed with floor heating and cooling	0,045
E.. <sup>1</sup>	Mixed air ventilation (ImagO-system)	0,011

<sup>1</sup> Application still open, January 2005. Provisional emission factor.

Heating and cooling of the litter (which happens in the system E5.5) reduces the ammonia emission. The largest effect will be obtained when litter temperature is lower than 10°C. Normally manure will get heated to at least 30°C. An additional effect of cooling is that the litter layer will be caked due to condensation. Ammonia can not volatilise from the litter layer in this way. In this system also storage and exchange of heat and cold in the ground may be used. Energy savings of 50% are possible when this technique will be used. In this case, the extra costs per year were estimated by the supplier on € 0.15 (ex VAT).

Removing ammonia out of the air (Table 2) is possible in two ways: in the broiler house or at the moment when the air is exhausted out of the broiler house. In the house, an electrostatic filter, ozone, or an internal cleaner/scrubber may be used. Cleaning of air while the air is ventilated out of the broiler house is possible by usage of an air scrubber or by systems based on water sprinkling close to the ventilators. From the systems as mentioned in Table 2, the chemical scrubber has been included in the 'Regulation on Ammonia and Animal Husbandry' with a removal efficiency of 90% (Table 1).

The effect of an electrostatic filter on the ammonia emission has not yet been studied in broiler houses. The presented reduction of ammonia emission has been obtained in broiler breeders. The costs of this system are not known. Application of ozone in poultry houses reduces the ammonia emission but ozone is dangerous at high concentrations. Internal cleaning/scrubbing with addition of sulphuric acid is also possible. The costs of this way of air cleaning were estimated on € 0.30 per animal place (ex. VAT).



**Table 2** Systems based on cleaning/scrubbing the air

System	Maximum reduction of ammonia emission (%)
<i>In the house</i>	
Electrostatic filter	> 50
Ozone	58
Internal cleaner/scrubber	80
<i>Exhausted air</i>	
Bio filters	50
Biological scrubbers	70
Chemical scrubbers	95
Water sprinkling	70

A disadvantage of chemical and biological scrubbers are the high year costs. These costs are for chemical air scrubbers between € 0.50-€ 0.75 per animal place (ex VAT) and for biological air scrubbers the costs depend on marketing of the waste water (Melse and Willer, 2004). When waste water is not used on the farm land, total costs will vary between € 0.63 - €1.06 per animal place per year. When waste water will be used on the farm land, extra costs will vary between € 0.47-€0.60 (ex VAT). The costs of air scrubbing could be lower when only a part of the exhausted air will be cleaned. Research showed that ammonia emission will be below the threshold value of 45 g when 30% of the exhausted air will be treated by a chemical washer with a removal efficiency of 95%. The costs will decrease 30% compared with cleaning the full capacity of exhausted air. Another reduction in costs of air scrubbing can be obtained by cooling the air prior to entering the broiler house. In this case, less ventilation capacity will be needed and the air washer equipment may be smaller. In The Netherlands, this system is in research at this moment on one location. Total costs of this system (heat exchange and air scrubber) were estimated by the supplier on €0.46 per animal place. Possible energy savings are incorporated already in these costs. The effect of water sprinkling systems has not yet been studied in broiler houses.

Ammonia emission has been determined in turkeys in practice when litter/manure was removed frequently out of the poultry house. Manure was removed every 14-21 days and thereafter new shavings were provided. Ammonia emission was reduced by 60% compared with a traditional turkey house. A considerable reduction in ammonia emission in broiler houses could be obtained probably when litter/manure will be removed at an age of 28 days of age. The practical applicability and ammonia reduction may be investigated in broiler houses.

At this moment, a ScanFeeder has been equipped with ventilation tubes along the drinkers and is in research at the division Applied Research of the Animal Sciences Group in Lelystad in order to reduce the emission of ammonia. This system moves in the cross direction of the broiler house. During this movement birds were forced to stand up temporarily. The air from the ventilation tubes will ventilate the litter and due to the fact that ventilation occurs in areas without birds, litter surface can be ventilated efficiently. This and the fact that the manure production was spread out over the whole surface of the floor in the broiler house, should result in a considerable reduction in ammonia emission. Indicative measurements showed that the ammonia emission has been reduced by 50-75% by this kind of litter ventilation.

In literature, it is reported that ammonia emission can be reduced considerably by feeding management. It is important that the amount of nutrients (protein/amino acids) fed to the birds meets the requirement of the birds. Because the requirement of a male is not equal to the requirement of a female feed composition can be optimised per gender. This may reduce ammonia emission. When crude protein level in the diets will be decreased, it is important to add synthetic amino acids to the basal diets to realise a good performance of the birds. Recently, feeding birds to their daily nutrient requirement has been introduced in practice. Assuming that the in literature mentioned effects of feeding according to the daily nutrient requirement and growing birds separately per gender are additive, the ammonia emission can be reduced by 50%. Research to determine the ammonia emission of this combination of factors is recommended.

Also tests where Micro-organisms (e.g. Bacillus subtilis culture, Lactobacilli, yeasts, algae) and other additives (clay based products containing zeolites and Yucca extracts) were used as feed additives are described in literature. Literature reports that these additives to the diet reduce ammonia emission but dosage as well as costs were not reported in all cases. Addition of Bacillus subtilis culture and algae resulted in the highest reduction of ammonia (Table 3).

**Table 3** Effect of different feed additives on reduction in ammonia emission

Feed Additive	Dosage (%)	Maximum reduction in ammonia emission (%)
<i>Micro-organisms</i>		
Bacillus subtilis culture	1.0	33
	2.0	67
Lactobacilli (ECOZYME)	5.0	50
Yeasts	0.4	44
Algae	in water ?	51
	in feed ?	56
<i>Other substances</i>		
Clay based products	2.0 in diet + 1.5 kg per m <sup>2</sup> shavings	12
Yucca-extracts		
Deoderase	165 g/1000 kg + 5 x 1 g per m <sup>2</sup> shavings	23
Yucca schidigera	?	40

Ammonia emission may also be reduced by additions of an acid to the litter. Disadvantage of the use of acid is the large amounts of acid that have to be transported and stored. Acids possibly have adverse effects on the value of the fertilizer or the marketing perspectives of the manure and the animal welfare (foot pad dermatitis and irritations of the breast skin).

By applications of sulphates such as ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> and aluminium sulphate ammonia emission may be reduced over 80% but large amounts of these substances have to be used. These substances are harmful to the environment and are expensive. Addition of zeolites and active carbon to the litter are also not good applicable because large amounts have to be added to the litter to obtain considerable ammonia reductions. Stalosan F may reduce the development of ammonia in the litter. Research has shown that Stalosan F reduced the ammonia emission out of dairy cattle manure with 40-50%. Practical experiences in poultry demonstrate that Stalosan F resulted in a fresher climate.

# Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Algemeen Stikstofstromen bij pluimvee</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Mogelijkheden NH<sub>3</sub>-reductie via voer</b> .....	<b>4</b>
3.1	Efficiënter voerverbruik .....	4
3.2	Verlagen hoeveelheid elektrolyten .....	4
3.3	Verlaging van het ruw eiwitgehalte .....	4
3.4	Micro-organismen .....	5
3.5	Toevoegen van stoffen die de vorming van NH <sub>3</sub> remmen of binden .....	6
<b>4</b>	<b>Tegengaan vorming ammoniak in mest/strooisel</b> .....	<b>8</b>
4.1	Vochtgehalte mest .....	8
4.2	Temperatuur .....	10
4.3	Zuurgraad .....	10
4.4	Zuurstofconcentratie .....	10
<b>5</b>	<b>Voorkomen vervluchtiging ammoniak uit de mest</b> .....	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Verwijderen ammoniak uit stallucht</b> .....	<b>12</b>
6.1	Luchtreiniging in de stal .....	12
6.2	Reiniging uitgaande lucht .....	13
<b>7</b>	<b>Verwijderen van mest/strooisel</b> .....	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>Aanbevelingen voor onderzoek</b> .....	<b>18</b>
	<b>Literatuur</b> .....	<b>19</b>

## 1 Inleiding

De nationale ammoniakemissie is afgenomen van circa 232 mln. kg in 1990 tot circa 130 mln. kg in 2003 (Hoogeveen et al, 2003). Het nationale emissieplafond (emissieverplichting van de EU) bedraagt voor 2010 128 mln. kg en de doelstelling uit NMP4 voor 2010 is 100 mln. kg. De bijdrage van de niet-landbouwdoelgroepen (inclusief verkeer) aan de emissie van ammoniak bedraagt 10% van de totale ammoniakemissie, ofwel zo'n 14-15 mln. kg.

Tot en met 2001 liep het ammoniakbeleid via de Interimwet Ammoniak en Veehouderij, de Wet milieubeheer en de Wet bodembescherming. Het beleid bestond uit middelvoorschriften om de emissie van ammoniak uit stallen, mestopslagen en bij mestaanwending te beperken. In de landbouw is in 2001 en 2002 veel nieuw beleid ingezet dat aangrijpt op de ammoniakemissie: de Wet ammoniak en veehouderij, het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij, en de Reconstructiewet. Daarnaast hebben ook het mestbeleid en het beleid voor dierwelzijn effect op de (toekomstige) ammoniakemissies (Hoogeveen et al, 2003).

De Wet ammoniak en veehouderij (Wav) is sinds april 2002 van kracht en vervangt de Interimwet ammoniak en veehouderij (Iav). De Wav is vooral bedoeld om de ammoniakemissie door veehouderijen in een zone van 250 meter rond zeer kwetsbare natuurgebieden te bevestigen en nieuwvestiging tegen te gaan.

In het ontwerp van het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij staat dat varkens- en kippenhouders bij nieuwbouw of renovatie emissiearme stallen moeten bouwen. Het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij stelt voor de huisvesting van verschillende diercategorieën maximale waarden aan de ammoniakemissie per dierplaats. Vleeskuikenstallen mogen maximaal 45 gram ammoniak/dierplaats/jaar emitteren. De (meeste) huidige vleeskuikenstallen voldoen niet aan die gestelde waarde. Voor bestaande stallen geldt dat ze uiterlijk per 2010 emissiearm moeten zijn. Uitzonderingen gelden voor kleine bedrijven en Groen Label stallen. Nieuw gebouwde of verbouwde stallen moeten direct emissiearm zijn.

In het kader van de Europese regelgeving moeten Nederlandse bedrijven voldoen aan de IPPC-Richtlijn (96/91/EG). Hierin staat onder andere dat bedrijven met meer dan 40.000 dierplaatsen aan pluimvee per 30 oktober 2007 een emissiearm huisvestingssysteem moeten toepassen.

In de Nederlandse Regeling ammoniak en veehouderij (Rav) zijn al enkele systemen opgenomen die voldoen aan de eis van maximaal 45 gram ammoniak/dierplaats/jaar. Vanwege praktische bezwaren en/of hoge kosten worden deze in de praktijk niet of nauwelijks toegepast. Onderzoek naar goedkope(re) mogelijkheden is daarom nodig. Daarnaast heeft het Ministerie van VROM het mogelijk gemaakt om de emissie van ammoniak ook te beperken via voermaatregelen. Hiernaar is al op diverse plaatsen onderzoek gedaan.

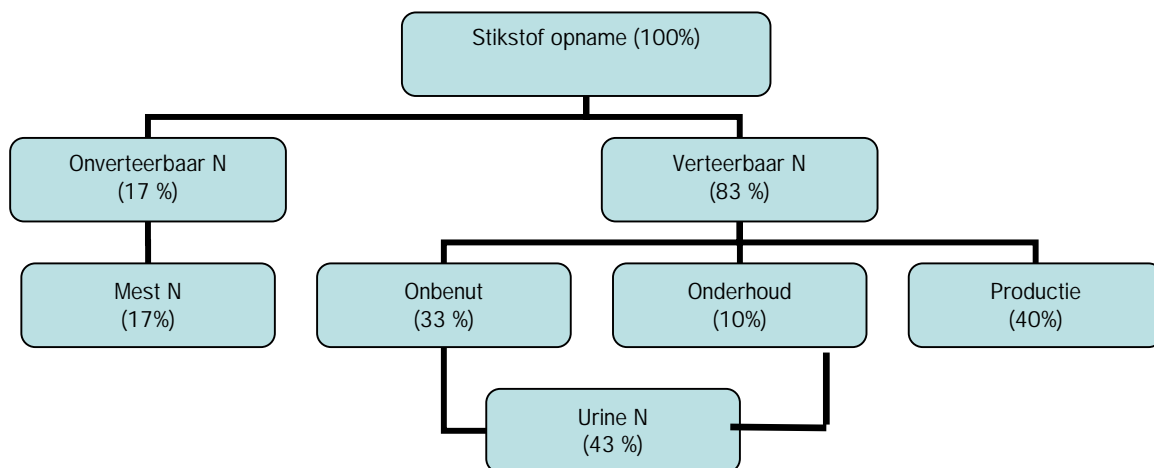
Het Productschap voor Vee, Vlees en Eieren heeft de divisie Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group van Wageningen UR gevraagd een deskstudie uit te voeren naar de effectiviteit van ammoniakreducerende (management)factoren en het effect van combinaties van factoren met vermelding van de kosten van de maatregelen. Het onderhavige rapport beschrijft verschillende mogelijkheden om de ammoniakemissie te reduceren en indien bekend, zijn ook de kosten vermeld.

## 2 Algemeen Stikstofstromen bij pluimvee

Schutte en Tamminga (1992) stellen dat de stikstofbenutting bij pluimvee circa 40% is. Dit betekent dat 60% van de opgenomen stikstof weer via de mest en urine wordt uitgescheiden. Hoewel deze literatuurverwijzing wel wat gedateerd is, zal ondanks een toename van het gebruik van industriële aminozuren en de verdergaande fasenvoeding de stikstofbenutting niet drastisch veranderd zijn. Kwakkel (persoonlijke mededeling, 2005) verwacht dat de stikstofbenutting rond de 50% ligt, uitschieters naar onder en boven daargelaten. Maatregelen die de stikstofbenutting kunnen verbeteren zijn: gerichte grondstoffenkeuze, gebruik industriële aminozuren, verbetering voerefficiëntie, voerprogramma's specifiek voor ras en geslacht en verdergaande fasenvoeding. Van de eerste twee maatregelen wordt het effect op de N-uitscheiding en dus indirect de  $\text{NH}_3$ -emissie beperkt geacht. Tussen bedrijven zijn er grote verschillen in de productieresultaten. Uit de LEI-boekhouding 2000/2001 blijkt dat de verschillen in voerconversie tussen de beste en slechtste bedrijven groot is (Mangen et al, 2005). De N-uitscheiding is het laagst bij de bedrijven met de laagste voerconversie. Het verbeteren van de voerconversie door aanpassing van het management zal leiden tot een geringere N-uitscheiding.

Het verfijnen / uitbreiden van de huidige fasenvoeding kan leiden tot een geringere N-uitscheiding. Hierbij denkt men aan het uitbreiden van het aantal voerfasen, maar ook aan het op het bedrijf (dagelijks) bijsturen van de eiwitgift op basis van de kuikenprestaties en/of mestconsistentie of het gescheiden mesten van hanen en hennen. Het bijsturen van de eiwitgift kan bijvoorbeeld door het bijvoeren van enkelvoudige grondstoffen (bijv. tarwe). In hoofdstuk 3 worden de verschillende mogelijkheden beschreven die men via het voer kan nemen.

**Figuur 1** Stikstofverliezen bij pluimvee (Schutte en Tamminga, 1992)



In pluimvee excreta (mest) komt ammoniak op zich niet of nauwelijks voor. Onverteerde eiwitten en urinezuur vertegenwoordigen respectievelijk circa 30 en 70% van de totale hoeveelheid stikstof in de excreta van pluimvee. De onverteerde eiwitten zijn door het dier niet gebruikt en urinezuur wordt in het lichaam gevormd om overtollig stikstof in een niet schadelijke vorm uit te scheiden. Na uitscheiding van de onverteerde eiwitten en urinezuur kunnen door microbiële omzettingen ureum, ammoniak, nitriet, nitraat, lachgas, stikstofmonoxide, stikstofgas en microbieel eiwit worden gevormd.

De microbiële afbraak van onverteerde eiwitten en urinezuur tot ureum en vervolgens ammoniak is een van de belangrijkste processen. Dit proces wordt onder andere beïnvloed door de volgende factoren:

- vochtgehalte mest
- temperatuur
- zuurgraad
- zuurstofconcentratie

Deze factoren kunnen de vorming van ammoniak in het strooisel bij vleeskuikens tegen gaan. (zie ook hoofdstuk 4) Als ammoniak in het strooisel is gevormd, noemen we in hoofdstuk 5 enkele mogelijkheden die ervoor zorgen dat de ammoniak opnieuw wordt gebonden. Als ammoniak is gevormd in het strooisel en niet wordt gebonden, komt het vrij naar de stallucht. Via de ventilatie wordt dit uit de stal verwijderd. De mogelijkheden om het al gevormde ammoniak weer uit de stallucht te verwijderen, staan aangegeven in hoofdstuk 6. In hoofdstuk 7 wordt de mogelijkheid van het tussentijds verwijderen van de mest beschreven en in hoofdstuk 8 doen we aanbevelingen voor (vervolg)onderzoek van voedingsmaatregelen en systemen waarvan we verwachten dat deze betaalbaar zullen zijn en waarmee de ammoniakemissie fors kan worden gereduceerd.

### 3 Mogelijkheden NH<sub>3</sub>-reductie via voer

Het is mogelijk door aanpassing van de voeding de NH<sub>3</sub>-emissie uit vleeskuikenstallen te reduceren. Deze literatuurstudie heeft een oriënterend karakter en is vooral bedoeld om een onderbouwde schatting te geven van de ammoniakreductie die met bepaalde voedingsmaatregelen te bereiken is.

Het reduceren van de NH<sub>3</sub>-emissie kan door vermindering, van de N-uitscheiding. Nahm (2002) geeft in zijn review het volgende aan:

1. Het gebruik van industriële aminozuren en verlaagde ruw eiwitgehalten van voeders geeft een reductie van de N-uitstoot van 10-27%
2. Het gebruik van groeibevorderaars (AMGB) de verminderde N-uitstoot met 5-30%.
3. Het formuleren van voeders op basis van behoefte leidt tot een N-reductie van 10-15%.
4. Fasenvoeding reduceert de N-uitstoot met 10-33%.
5. Gebruik van goed verteerbare grondstoffen reduceert de N-uitstoot met 5%.
6. Daarnaast kan het technisch behandelen van voer (pelleteren, expanderen) resulteren in een reductie van de N-uitstoot.

Ferket, P.R. (2002) geeft in zijn review aan dat de ammoniakemissie gereduceerd kan worden door:

1. voerprogramma's specifiek voor ras en sekse van het dier;
2. verhogen van het aantal voerfasen zodat men beter kan inspelen op de (leeftijds)behoefte van het dier;
3. gebruik synthetische aminozuren om eiwit in voer te reduceren;
4. gebruik grondstoffen die goed verteerbaar zijn;
5. formuleer voeders te formuleren op beschikbaarheid nutriënten i.p.v. totaal nutriënten.

#### 3.1 Efficiënter voerverbruik

Op bedrijfsniveau zitten er grote verschillen in voerefficiëntie. Mangen et al (2005) geven aan dat de gemiddelde voerconversie bij lichte kuikens 1,67 is, maar de verschillen tussen de bedrijven is groot (1,61 – 1,73). Bij zware kuikens is deze 1,79 (1,64 – 1,93). Het verbeteren van de voerconversie door aanpassing van het management, kan een positief effect hebben op de N-verliezen en dus indirect op de ammoniakemissie. De grote van dit effect is niet goed kwantificeerbaar, maar is naar schatting 10 – 15% .

Het gescheiden mesten van hanen en hennen kan eveneens bijdragen tot het verlagen van de ammoniakemissie uit vleeskuikenstallen. Het is in Nederland gebruikelijk hanen en hennen gezamenlijk te mesten. Hanen en hennen hebben verschillende eiwitbehoefte. Door hanen en hennen apart te mesten kan de samenstelling van het voer beter worden afgestemd op het dier. Hierdoor zullen de stikstofverliezen en dus ook de ammoniakemissies uit vleeskuikenstallen afnemen. Er zijn geen cijfers beschikbaar van het effect van het gescheiden mesten van hanen en hennen op de ammoniakuitstoot.

#### 3.2 Verlagen hoeveelheid elektrolyten

Het is algemeen bekend dat het gehalte aan natrium (Na), chloor (Cl) en kalium (K) in het voer van invloed is op de waterconsumptie van de dieren en dus indirect op het drogestofgehalte van de mest. Na, Cl en K zijn voor het dier essentiële nutriënten. De gehalten aan Na en Cl in de grondstoffen zijn in het algemeen laag t.o.v. de behoefte; daarom vindt aanvulling plaats met natriumchloride. Het gehalte aan kalium ligt doorgaans ver boven de behoefte van het dier. Door het aandeel kaliumrijke grondstoffen (bijv. melasse en tapioca) te beperken kan men het kaliumgehalte in het voer beperken.

Het verlagen van de hoeveelheid elektrolyten (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) of zouten in het voer leidt naar verwachting tot een lagere wateropname met als gevolg drogere mest. De invloed op de NH<sub>3</sub>-emissie is niet bekend.

#### 3.3 Verlaging van het ruw eiwitgehalte

Verlaging van het ruw eiwitgehalte (in absolute zin) van het voer heeft een vrijwel evenredige verlaging van de stikstofuitscheiding, omdat de vastlegging in het dier niet verandert. Verlaging van het eiwitgehalte in het voer resulteert bij pluimvee in een lagere urinezuurproductie in de mest. Het verlagen van het eiwitgehalte gaat vaak gepaard met een lagere wateropname en drogere mest. Gemiddeld levert het toevoegen van synthetische / industriële aminozuren per procent daling van het ruw eiwitgehalte van het voer een reductie van 8,5% N-uitscheiding (Ferket, 2002 op). Schutte (1993) vond dat voor iedere procent daling van het ruw eiwitgehalte de N-uitscheiding met 10% reduceert. Cauwenberghe (2001) geeft het zelfde aan.

Van Harn en van Middelkoop (1996) hebben onderzoek verricht naar de invloed van het verlagen van het eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie van vleeskuikens. In dit onderzoek werd het eiwitgehalte van het groei- en eindvoer (3-fasenvoer) verlaagd. Het eiwitgehalte van het start-, groei- en eindvoer was respectievelijk 230, 195 en 180 g/kg ten opzichte van 230, 225 en 200 g/kg. De totale stikstofopname nam af met 11%, de stikstofuitscheiding (opname – vastlegging) nam af met 16%. De ammoniakemissie nam door deze voermaatregel af met 66%. Van Harn en Van Middelkoop wijten de fors lagere ammoniakemissie niet alleen aan de lagere stikstofuitscheiding, maar ook aan de lagere wateropname, waardoor de mest droger werd.

Het verlagen van het eiwitgehalte in het voer van vleeskuikens had een nadelige invloed op de technische resultaten en het filetrendement (Van Harn en Van Middelkoop, 1996). In dit onderzoek werd alleen het eiwitgehalte van het voer verlaagd zonder dat de aminozuren werden geoptimaliseerd. In het onderzoek van Holsheimer (1993), waarbij vergelijkbare eiwitgehalten als in het onderzoek van Van Harn en van Middelkoop werden gebruikt echter met aanvulling van essentiële aminozuren, werden geen slechtere technische resultaten gevonden. Holsheimer (1993) vond dat een verlaging van het eiwitgehalte in het voer met 20 g/kg (210, 200 en 180 g/kg t.o.v. 230, 220 en 200 g/kg) mogelijk was zonder dat dit ten koste ging van de groei of voerconversie. Een verdere eiwitverlaging in combinatie met verdere optimalisatie van aminozuren wordt mogelijk geacht. Een verlaging van het ruw eiwitgehalte van 20 g/kg resulteerde in een verlaging van de stikstofuitscheiding van 15%. Gates et al (2000) hebben gedurende vijf ronden de ammoniakconcentratie gemeten bij vier 2-fasen voerprogramma's, te weten: 1) 230 g/kg/225 gram/kg (controle); 2) 208 g/kg /200 g/kg 3) 185g/kg / 175g/kg en 4) 163 g/kg / 150 g/kg. De verlaging van het ruw eiwit werd ondervangen door aanvulling met synthetische aminozuren. Gates et al (2000) vonden dat de ammoniakconcentratie in de stal 90% lager was bij de laag eiwitvoerders. Het verlagen van het eiwitgehalte leidde in deze studie tot een verslechtering van de voerconversie. Daarnaast werd in twee van de vijf ronden een lager eindgewicht geconstateerd. Lee et al (2000) vonden dat een verlaging van het ruw eiwitgehalte van 215g/kg naar 185g/kg, aangevuld met essentiële aminozuren, vanaf 28 dagen een duidelijk lagere ammoniakconcentratie in de stal gaf. Echter, de groei en voerconversie waren ook slechter. Ferguson et al (1997) vonden een N- en NH<sub>3</sub>-reductie van respectievelijk 16,5 en 31%, bij een voer met een verlaagd ruw eiwitgehalte aangevuld met aminozuren. Het verlagen van het ruw eiwitgehalte had in het onderzoek van Ferguson geen invloed op de groei, echter de voerconversie verslechterde. In een andere studie van Ferguson et al (1998) leidde het verlagen van het ruw eiwitgehalte in het voer wel tot een verlaagd N-gehalte in de mest, maar niet tot een lagere NH<sub>3</sub>-concentratie in de stal. Ook Elwinger en Svenson (1996) vonden bij een verlaging van het ruw eiwitgehalte in het voer een reductie van de NH<sub>3</sub>-emissie. Een verlaging van het eiwitgehalte van 22 naar 18% resulteerde in een reductie van bijna 30%. Ook in dit experiment werd de groei en de voerconversie negatief beïnvloed. De groei en de voerconversie waren op 41 dagen bij de 18% ruw eiwit respectievelijk 2,4 en 2,1% slechter in vergelijking met de 22%-groep. Recentelijk onderzoek door de Animal Sciences Group van Wageningen UR, divisie Praktijkonderzoek (Van Harn en Veldkamp, 2005) waarbij de eiwitgift op basis van de gerealiseerde groei en mestconsistentie dagelijks werd bijgesteld door het bijvoeren van hele tarwe, toonde aan dat de eiwit-/stikstofopname door deze wijze van voeren verminderde met 13%. Welk effect dit voeren heeft op de N-uitscheiding en ammoniakemissie is niet onderzocht. Deze wijze van voeren had echter wel nadelige gevolgen voor de groei, voerconversie en de slachtrendementen. De voerwinst was door de lagere voerkosten wel hoger. In 2005 wordt dit onderzoek voortgezet en zal onder andere gekeken worden naar de ammoniakemissie en een verdere optimalisatie van technische kengetallen.

Samengevat: een verlaging van het ruw eiwitgehalte in het voer heeft een verminderde N-uitscheiding tot gevolg en samen met een verlaagde wateropname en dus droger strooisel kan men een aanzienlijke ammoniakreductie behalen. De technische resultaten konden in enkele studies worden verbeterd door toevoeging van essentiële aminozuren in synthetische vorm.

### 3.4 Micro-organismen

#### *Bacillus subtilis culture (DBSC)*

Dit micro-organisme produceert subtilin, een soort antibiotica. Subtilin reduceert de urease producerende microflora in het lumen, waardoor de NH<sub>3</sub>-vorming in het spijsverteringskanaal wordt gereduceerd (Visek, 1978). Santoso et al (1999) vonden in een kleinschalige studie een reductie van de NH<sub>3</sub>-emissie van 33 en 67% bij toevoeging van respectievelijk 1 of 2% DBSC aan het voer. Het toevoegen van DBSC had in deze studie geen effect op de groei, maar de voerconversie verbeterde. Naast de reducerende werking op de urease producerende microflora in het lumen wordt bovendien de ammoniak, gevormd uit de afbraak van urinezuur of ureum in de mest, gebonden door een onbekende stof die wordt geproduceerd door DBSC. Nader onderzoek is nodig om het mechanisme van afnemende ammoniakvorming in de mest in kaart te brengen (Santoso et al (1999).



*Lactobacilli*

Het gebruik van preparaten met lactobacilli kan leiden tot een forse reductie van de ammoniakemissie. Chang en Chen (2003) vonden een reductie van meer dan 50% bij toevoeging van Ecozyme aan het voer. Ecozyme is een mengsel van voer en verschillende Lactobacillus soorten, o.a. L. casei, L. brevis, L. buchneri en L. plantarum. De groei of voerconversie werden niet of positief beïnvloed. Het gebruik van lactobacilli leidde tot een lagere pH en vochtgehalte van de mest en dit is waarschijnlijk de reden dat de ammoniakemissie verlaagd werd. Het experiment van Chang en Chen is echter uitgevoerd in batterijkooien met een betrekkelijk klein aantal dieren. Het gebruik van deze lactobacillicultuur in strooiselstallen is niet onderzocht.

*Gisten*

Koreaans onderzoek uit 2003 laat een positief effect zien van het gebruik van gisten als veevoederadditief op de resultaten en de NH<sub>3</sub>-emissie van vleeskuikens (Park et al, 2003). In dit onderzoek heeft men aan het voer (een twee fasenvoer met 215 g/kg en 190 g/kg ruw eiwit voor respectievelijk het start- en eindvoer) vier verschillende doseringen van een gistcultuur toegevoegd. In tabel 6 staan de belangrijkste resultaten vermeld. Het toevoegen van 0,4% gistcultuur gaf de hoogste NH<sub>3</sub>-reductie (44%), maar had geen effect op de groei en voerconversie. Een toevoeging van 0,2% gaf een reductie van 14%, en een positief effect op de groei en voerconversie.

**Tabel 6** Invloed gisten op groei, voerconversie en NH<sub>3</sub>-concentratie vleeskuikens (Park et al, 2003)

Dosering	Groei (0-5 weken)	Voerconversie (0-5 weken)	NH <sub>3</sub> -concentratie (controle = 100%)
Controle (0%)	1414	1,974	100
0,1 %	1408	1,914	86
0,2 %	1452	1,814	86
0,4 %	1380	1,977	56

*Algen*

In Duitsland is gekeken naar het effect van het toevoegen van algen aan het voer en drinkwater op de NH<sub>3</sub>-emissie bij drie koppels (zomer '98, winter '99 en lente '99). Uit deze veldproef (twee stallen met elk 22.500 vleeskuikens) kwam heel duidelijk naar voren dat het verstrekken van bruinalgen leidt tot een forse NH<sub>3</sub>-reductie (40%) bij toediening via het drinkwater (tabel 7). De toediening in het voer is alleen in de laatste twee koppels meegenomen. In één ronde werd een reductie gerealiseerd van 56%, in de andere ronde werd geen reductie gevonden.

**Tabel 7** Effect van het toevoegen van Biopolym (= bruinalgen extract) aan drinkwater en voer op de resultaten van vleeskuikens en de NH<sub>3</sub>-emissie (Hörnig, 1999)

	Zomer 1998		Winter 1999		Voorjaar 1999			
	Controle	Water	Controle	Water	Voer	Controle	Water	Voer
Mestduur	40	40	39	39	39	38	38	38
Gewicht (g)	1944	1886	1954	1890	1846	1766	1732	1791
Voerconversie	1,57	1,57	1,65	1,69	1,71	1,63	1,64	1,63
Water/voer	1,79	1,70	1,68	1,72	1,56	1,81	1,87	1,84
NH <sub>3</sub> -emissie (g/d/jaar)	50,2	27,8	73,2	35,5	32,0	53,6	42,6	56,4
Reductie (%)	-	44,6	-	51,4	56,3	-	20,5	-5,2

### 3.5 Toevoegen van stoffen die de vorming van NH<sub>3</sub> remmen of binden

*Kleimineralen*

Zeolieten (ook wel Clinoptilolite genoemd) zijn in het verre verleden ontstaan uit vulkaanas dat werd afgekoeld door zeewater. Zeolieten bezitten in beginsel de volgende eigenschappen:

- Het vermogen om water en voedingsstoffen te absorberen.
- Het vermogen om door ionenuitwisseling schadelijke kationen (o.a. ammoniak, Pb, Cu, Cd, Zn, Co, Cr, Mn en Fe) in het darmkanaal te binden.
- Het vermogen om nitraten en fosfaten te absorberen en te binden.

Gelet op de bovenstaande eigenschappen kan het gebruik van zeolieten als veevoederadditief leiden tot een verbetering van de mestconsistentie, voerefficiëntie, verhoogde vitaliteit en mogelijk ook tot een vermindering van

de ammoniakemissie uit pluimveestallen. Dobeic (1997) vond in een veldstudie bij vleeskuikens een reductie van de ammoniakemissie van bijna 12%. In deze veldstudie werd de zeoliet zowel als veevoederadditief gebruikt als over het strooisel gestrooid.

#### *Yucca-extracten*

Het extract van de yuccaplant, *Yucca saponine*, inhibeert urease en bindt ammoniak. Het gebruik van dit extract als veevoederadditief kan leiden tot een vermindering van de  $\text{NH}_3$ -emissie uit pluimveestallen. Dobeic (1997) vond in een veldstudie dat het gebruik van Deoderase (= commercieel product op basis van yucca extracten) als veevoederadditief (in combinatie met toevoeging aan strooisel) bij vleeskuikens resulteerde in een  $\text{NH}_3$ -reductie van ruim 23%.

Lozano et al (1997) vonden dat het gebruik van een yucca schidigera extract de ammoniakconcentratie in de stal met 35 – 40% verlaagde. Lozano et al maken verder melding van verbeterde productieresultaten door de verbeterde leefomstandigheden (lees: lagere  $\text{NH}_3$  concentratie). De groei en voerconversie verbeterden met respectievelijk 2,5 en 6%.

Ook bij konijnen resulteerde het gebruik van een Yuccaextract in het voer tot een lagere ammoniakemissie en een verbeterde performance (Amber et al, 2004).

## 4 Tegengaan vorming ammoniak in mest/strooisel

De factoren die een rol spelen bij ammoniakvorming (omzetting van urinezuur in ammoniak) in de mest zijn:

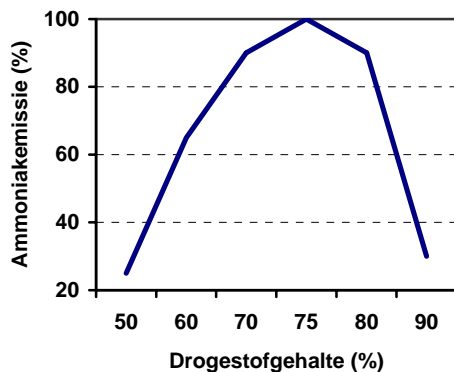
- vochtgehalte mest
- temperatuur
- zuurgraad
- zuurstofconcentratie

De mogelijkheden om via deze factoren de ammoniakvorming tegen te gaan bespreken we in dit hoofdstuk.

### 4.1 Vochtgehalte mest

Volgens Groot Koerkamp (Pluimveehouderij nr 21, 2000) neemt de ammoniakvorming in mest (of strooisel) bij vleeskuikens af als het drogestofgehalte in de mest lager is dan 60% of hoger dan 80%. (figuur 2). Daar tussen zijn de omstandigheden voor het vormen van ammoniak optimaal. De emissie is maximaal bij een drogestofpercentage van 75%. Om de emissie te verlagen moet de mest dus of nat of droog worden gemaakt of gehouden.

**Figuur 2** Schematisch verloop  $\text{NH}_3$ -emissie uit strooisel als functie van het drogestofgehalte

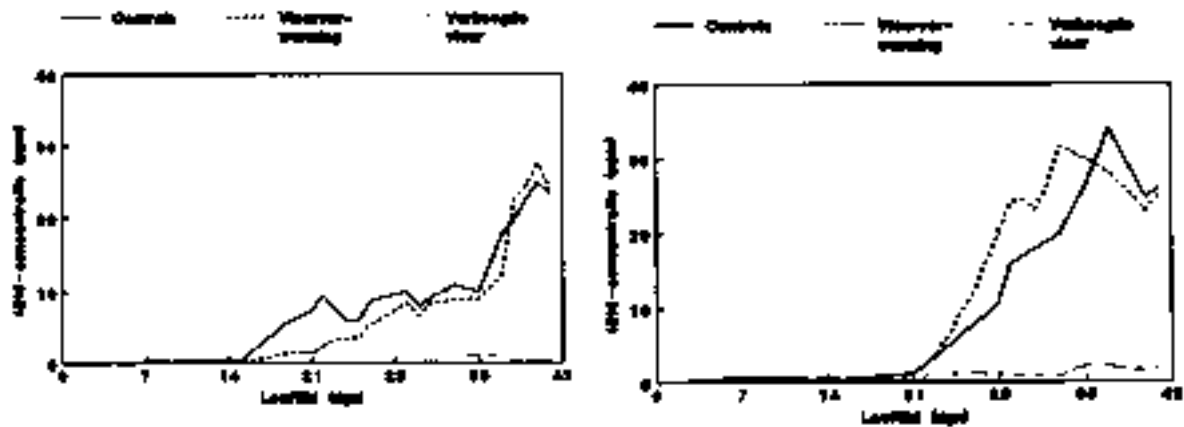


#### *Drogestofgehalte verlagen*

Verlagen van het drogestofgehalte van het strooisel kan door er vocht aan toe te voegen door middel van verneveling van water in de stal. Vanwege de verhoogde kans op o.a. borstblaren, brandhakken en voetzoolaandoeningen is een drogestofpercentage van lager dan 50% echter niet gewenst. Ook wordt de mest minder handelbaar en geeft smerige kuikens. Het verlagen van het drogestofpercentage van het strooisel om daarmee ammoniakvorming tegen te gaan is daarom geen gewenste optie.

#### *Drogestofgehalte verhogen*

Verhogen van het drogestofgehalte van de mest kan door het te verwarmen of door het te beluchten. Een combinatie van deze twee is natuurlijk ook mogelijk. Vloerverwarming is de meest eenvoudige manier om mest/strooisel in een vleeskuikenstal op te warmen. Bijkomend voordeel van vloerverwarming is dat de warmte ook direct aan de dieren ten goede komt, wat de start eenvoudiger maakt. Echter, verwarmen ten behoeve van de dieren is maar in een zeer beperkte tijd van de productieperiode nodig. Na 10 - 15 dagen is, behalve bij extreem lage buitentemperaturen, niet veel verwarming meer nodig. In die korte periode is er nog nauwelijks mest geproduceerd in de stal en dus nog nauwelijks ammoniakvorming. Pas in de tweede helft van de productieperiode (vanaf 17 -21 dagen) wordt er ammoniak gevormd (figuur 3). Om dan de vloerverwarming nog aan te zetten om het strooisel droog te houden, brengt hoge stookkosten met zich mee. In PP-uitgave no. 34 wordt aangegeven dat het toepassen van vloerverwarming in vleeskuikenstallen geen effect heeft op de ammoniakemissie (Middelkoop en Van Harn, 1995).

**Figuur 3** Verloop ammoniakemissie in vleeskuikenstal met en zonder vloerverwarming

Een andere mogelijkheid om mest of strooisel te drogen is beluchting. Veel systemen in de leghennenhouderij om de ammoniakemissie uit de stal te verlagen maken hier gebruik van. Ook in stallen voor vleeskuikenouderdieren wordt het toegepast. Voor vleeskuikenstallen zijn de onderstaande systemen uit de Rav (VROM, 2004) gebaseerd op het beluchten van het strooisel (tabel 4).

**Tabel 4** Huisvestingssystemen voor vleeskuikens met strooisel- of mestbeluchting met de bijbehorende ammoniakemissiefactor

Nummer Rav	Systeem	NH <sub>3</sub> -emissie (Kg/dierpl./jr)
E 5.1	Zwevende vloer met strooiseldroging	0,005
E 5.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	0,014
E 5.3	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	0,005
E.. <sup>1</sup>	Mixluchtventilatie (ImagO-systeem)	0,011

<sup>1</sup> Aanvraag loopt nog, januari 2005. Emissiefactor is voorlopig.

Van de in tabel 4 genoemde systemen worden de eerste twee in de praktijk niet (meer) toegepast. Redenen zijn de hoge investeringen en daaruit voortvloeiende kosten, hogere stofconcentraties en praktische bezwaren bij het schoonmaken van de systemen. Ook zijn de systemen moeilijk of niet in bestaande stallen in te bouwen. Het houden van vleeskuikens op volledig roostervloeren (in kooien) wordt in Nederland niet gestimuleerd, daarom zijn hiermee geen stallen in Nederland meer uitgerust.

Het ImagO-systeem heeft goede perspectieven. Een lage emissie en, volgens berekeningen van de leverancier, geen hoge investeringen (€ 1,20 per plaats) en extra kosten (€ 0,05 per plaats per jaar) (Ellen en Vermeij, 2005). Door vragen over de uitgevoerde metingen is het systeem nog niet opgenomen in de Rav.

Er waren in de praktijk ook ideeën om het strooisel te beluchten door middel van buizen die zijn aangebracht boven de voer- en/of drinklijnen. Voor zover bekend is dit echter nooit in een stal toegepast en zijn er ook geen metingen uitgevoerd aan de reductie van de ammoniakemissie. Veel gehoord bezwaar is dat de lucht met name in de laatste weken van de productieperiode onvoldoende bij de mest kan komen door de aanwezige dieren. Dit probleem is te voorkomen door een mobiel voer- en drinkstelsel, zoals ontwikkeld door de firma Ridder uit Harderwijk. Hierbij beweegt het voer- en drinkstelsel zich in de dwarsrichting van de stal. Tijdens deze beweging worden de dieren gedwongen tijdelijk op te staan en ruimte te maken voor de voerpannen. Door boven de drinklijnen een beluchtingsbuis te monteren, kan tijdens de beweging wel het hele oppervlak van de stal worden belucht. De hoeveelheid lucht en de beweging van het systeem kan men afstemmen op de leeftijd van de dieren. Op dit moment is dit systeem inclusief beluchting oriënterend in onderzoek bij ASG, divisie Praktijkonderzoek in Lelystad en wordt de ammoniakemissie indicatief gemeten. Eerste metingen laten een ammoniakreductie van 50 - 76% zien.

## 4.2 Temperatuur

De activiteit van de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de vorming van ammoniak neemt af bij lage of hoge temperaturen. Door de mest of te verwarmen of te koelen kan men de emissie van ammoniak beïnvloeden. In de vorige paragraaf is al aangegeven dat verwarmen niet praktisch is, omdat in de periode dat dit gunstig is voor de reductie van de ammoniak, het niet gunstig is voor de dieren. Koelen is wel een optie. Dit remt de ammoniakvorming voor een deel. Het effect wordt groter als de temperatuur van de mest beneden de 10 °C komt (Nahm, 2003). Dit is voor strooiselmest in vleeskuikenstallen een behoorlijk lage temperatuur. Normaal ligt de temperatuur rond of net boven de 30°C, waarbij de mest gaat broeien. Een bijkomend effect van koeling is dat broei en dus het ontstaan van ammoniak in het strooisel wordt tegengegaan. Door de koeling kan condensvorming optreden met als gevolg het dichtslaan van het strooisel, zeker als er sterk wordt gekoeld (tot beneden een vloertemperatuur van 20°C). Voordeel van de plaatvorming is wel dat de gevormde ammoniak niet kan vrijkomen (Groot Koerkamp et al, 2000). Van beide aspecten wordt gebruik gemaakt in de techniek van het Kombideksysteem van R&R-Systems. Dit systeem is opgenomen in de Rav (categorie E 5.5) met een emissiefactor van 0,045 kg NH<sub>3</sub>/dierplaats/jaar. Bij dit systeem kan men gebruik maken van opslag en uitwisseling van warmte en koude in de grond. Volgens leverancier zijn dan besparingen mogelijk van 50% op de totale energiekosten op een bedrijf. De extra jaarlijkse kosten per plaats worden dan geschat op € 0,15 (excl. BTW) (Ellen en Vermeij, 2005).

Een systeem dat ook gebruik maakt van het voorkomen van broei in de mest is het Vencomatic Broiler System (VBS), een systeem waarbij de dieren worden gehouden in etages voorzien van mestbanden. De afmetingen van de etages zijn zo dat de ventilatielucht slechts korte afstanden hoeft af te leggen, waarbij ook intensief contact met het strooisel mogelijk is. Daarnaast treedt bij dit systeem ook plaatvorming op in de bovenste laag van het strooisel. Beide effecten samen zorgen voor een reductie in de ammoniakemissie. Volgens het verslag van de metingen is de ammoniakemissie uit dit systeem 75% lager dan uit traditionele vleeskuikenstallen (Huis in 't Veld et al, 2005). Een aanvraag voor een emissiefactor voor het systeem is ingediend bij het ministerie van VROM. Dit systeem lijkt vooral geschikt voor de grotere bedrijven. Daardoor blijven de extra kosten ten opzichte van de traditionele stallen beperkt.

## 4.3 Zuurgraad

Bij pH-waarden tussen 5,5 en 9,0 is er veel vorming van ammoniak mogelijk (Patterson, 2005). Door de pH van de mest te verlagen tot beneden de 4, stopt de vorming van NH<sub>3</sub> volledig (Nahm, 2003). Om deze lage waarde te bereiken zal men continu voldoende hoeveelheden zuur moeten toevoegen. Hoewel het effect van dit soort toevoegingen in diverse studies is aangetoond, kleven er wel een aantal bezwaren aan. De belangrijkste is dat men grote hoeveelheden zuur moet aanvoeren en opslaan. Ook kunnen de stoffen gevolgen hebben voor de bemestingswaarde en afzetbaarheid van de mest en mogelijk ook voor de voetzolen en huidirritaties van de dieren.

## 4.4 Zuurstofconcentratie

Ammoniak wordt gevormd door bacteriën onder aërobe condities. Door zuurstof uit het strooisel te halen is de ammoniakvorming te voorkomen omdat de bacteriën niet meer groeien. Hoe dit praktisch uitgevoerd kan worden is niet duidelijk.

Door het toevoegen van stoffen kan men de bacteriegroei wel afremmen. In publicaties worden met name sulfaten genoemd: ZnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub> en aluminiumsulfaat. Met name de laatste zien we regelmatig in Amerikaanse literatuur. Reducties van >80% worden gehaald, maar door het toevoegen van grote hoeveelheden: 200 g/kg mest. Door de kosten en omdat de genoemde stoffen schadelijk zijn voor het milieu, lijkt het toevoegen van deze middelen geen goede oplossing.

## 5 Voorkomen vervluchtiging ammoniak uit de mest

Als de ammoniak in het strooisel is gevormd, kan worden geprobeerd het vervluchtigen ervan tegen te gaan. In paragraaf 4.2 is aangegeven dat dit kan door het strooisel dicht te laten slaan (plaatvorming). Dit gebeurt onder andere bij condensvorming in/op het strooisel. Nadeel van de plaatvorming is dat de kuikens sneller versmeren. Een andere mogelijkheid om vervluchtiging van ammoniak tegen te gaan is door het te laten oplossen in water en dan te laten binden aan (actieve) stoffen. In het verleden zijn door het COVP diverse stoffen onderzocht, waaronder zeolieten en actieve kool (Buissonjé, 1991). Resultaten van deze proeven gaven te zien dat er voor een substantiële verlaging van de ammoniakemissie uit mest grote hoeveelheden van deze stoffen nodig waren.

Het gebruik van Stalosan F, een hygiënemiddel, kan er mogelijk toe bijdragen dat de  $\text{NH}_3$ -emissie uit stallen wordt verlaagd. Dit middel op basis van superfosfaat ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ), kopersulfaat ( $\text{CuSO}_4$ ) en ijzeroxide wordt primair ingezet als hygiënemiddel ter voorkoming / bestrijding van o.a. vliegen, coccidia, salmonella, en E-coli. Er zijn goede aanwijzingen dat dit hygiënemiddel de ammoniakvorming in het strooisel remt. Onderzoek bij de universiteit in Lund (Zweden) toonde aan dat Stalosan F de ammoniakemissie uit rundveedrijfmest met 40-50% verminderde. Praktijkervaringen bij pluimvee melden dat het gebruik van Stalosan F resulteert in een frisser klimaat.

## 6 Verwijderen ammoniak uit stallucht

Het verwijderen van de ammoniak uit de stallucht kan op twee momenten: in de stal en bij het verlaten van de stal. Beide worden hierna besproken.

### 6.1 Luchtreiniging in de stal

#### *Elektrostatisch filter*

Door stofdeeltjes een statische lading te geven, hechten deze zich aan oppervlakken in de stal of slaan neer in het strooisel. Hiermee kan men de stofconcentratie in de stal verlagen. Stofreducties van 50 - 60% bij vleeskuikenouderdieren zijn vermeld in onderzoeksresultaten uit de Verenigde Staten. Daarnaast maakt deze literatuur melding van ammoniakreducties van 50% of hoger. (Mitchell et al, 2004).

Deze techniek was oorspronkelijk ontwikkeld om toe te passen in broedmachines om besmetting met bacteriën (o.a. Salmonella) te voorkomen. Voor die toepassing werden reducties in aantallen bacteriën gemeten van meer dan 90%. Metingen in een stal met vleeskuikenouderdieren gaven reducties in aantallen bacteriën van 67% (Mitchell et al, 2004). Mogelijk dat de verlaging in ziektekiemen een positief effect heeft op de technische resultaten. De kosten van toepassing van een dergelijk systeem in een vleeskuikenstal zijn (nog) niet bekend.

#### *Ozon*

Ozon is in staat eenvoudig verbindingen aan te gaan met andere gassen in lucht. Dit komt door de 'vrije' zuurstofmoleculen. Hierdoor is het ook in staat ammoniak te binden. Reducties van 15-58% worden genoemd in literatuur (Patterson, 2005). In hoge concentraties is ozon echter gevaarlijk. De MAC-waarde is 0,120 gram voor maximaal 1 uur.

In hoeverre men ozon veilig kan gebruiken voor het verlagen van de ammoniakemissie, moet nader worden onderzocht.

Uit een proef op een praktijkbedrijf kwam naar voren dat bij het toepassen van uv-straling en ozon er een verbetering was van de technische resultaten door verlaging van de ziektedruk. De proef was in eerste instantie ook opgezet om hier ervaringen mee op te doen. Door de hoge stofconcentraties in de stal gingen de ozongeneratoren minder lang mee dan verwacht en werden de kosten te hoog. Daarom is het onderzoek naar het gebruik van ozon in de veehouderij niet verder ontwikkeld (Sleurink, 2001).

#### *Interne reiniging/wasser*

In Denemarken is een systeem ontwikkeld waarbij de lucht in de stal wordt gecirculeerd door een filter en tegelijk zwavelzuur wordt verneveld (figuur 4). Het filter verwijdert het stof uit de lucht en het zwavelzuur bindt de in de stallucht aanwezige ammoniak tot ammoniumsulfaat. Dit laatste wordt ook toegepast in chemische luchtwassers, waarbij het zout in het waswater blijft. Bij het hier bedoelde systeem slaat het ammoniumzout neer in het strooisel. Om verstopping van de filters te voorkomen is een mechanisme aanwezig waarmee het filter schoon wordt geklopt. In Duitsland zijn indicatieve metingen aan dit systeem gedaan tijdens de laatste week van de productieperiode. De concentraties van ammoniak en stof verminderden met respectievelijk ruim 80% en ruim 70% (Richters en Hüls, 2004). De Nederlandse leverancier schat de extra jaarlijkse kosten voor een vleeskuikenstal met 30.000 plaatsen op € 0,30 per kuikenplaats (excl BTW) (Inno+, 2005).

**Figuur 4** Interne luchtreiniging door middel van filters en vernevelen zwavelzuur

## 6.2 Reiniging uitgaande lucht

### *Luchtwassers*

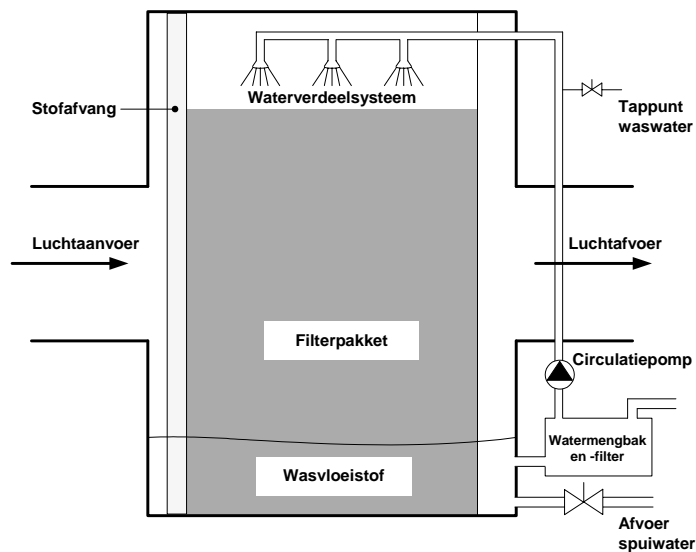
Voor het reinigen van uitgaande stallucht zijn al diverse technieken beschikbaar. In de Rav zijn voor pluimvee chemische luchtwassers opgenomen, maar er zijn ook andere vormen van luchtwassers.

Luchtwassers zijn reactoren, bestaande uit een vat gevuld met pakkingsmateriaal waarover wasvloeistof wordt verspreid. In chemische en biologische luchtwassers bestaat het pakkingsmateriaal meestal uit kunststof. Bij biofilters, of biobedden, is het pakkingsmateriaal van natuurlijke oorsprong, zoals heideplaggen, boomschors en dergelijke. Voor een goede werking van de luchtwassers is een intensief contact nodig tussen de lucht die door de wasser gaat en de wasvloeistof. Daarom heeft het pakkingsmateriaal een hoge porositeit en een hoog specifiek oppervlak. De lucht wordt of van onder naar boven ('tegenstroomprincipe') of vanaf de zijkanten ('kruisstroomprincipe') door de wasser geblazen. De wasvloeistof wordt boven in de wasser verspreid. Dit kan onder druk via sproeiers, of op basis van vrije val. Door het contact tussen lucht en wasvloeistof lossen goed in water oplosbare componenten op in de wasvloeistof. Daar worden ze gebonden of omgezet in andere verbindingen. Hiervoor wordt zuur aan het water toegevoegd (chemische luchtwassers), of bacteriën (biologische wassers of biofilters). Als men niet regelmatig de wasvloeistof ververscht wordt de concentratie aan opgeloste stoffen, of afbraakproducten daarvan, te hoog, waardoor de effectiviteit van de luchtwasser afneemt. Bij het verversen van de wasvloeistof ontstaat een hoeveelheid spuiwater die moet worden afgevoerd.

In figuur 5 toont een schematische weergave van een luchtwasser. We bespreken kort de verschillende uitvoeringen van luchtwassers. Voor een uitvoerige beschrijving verwijzen we naar het rapport 'Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: techniek en kosten' (Melse en Willers, 2004).



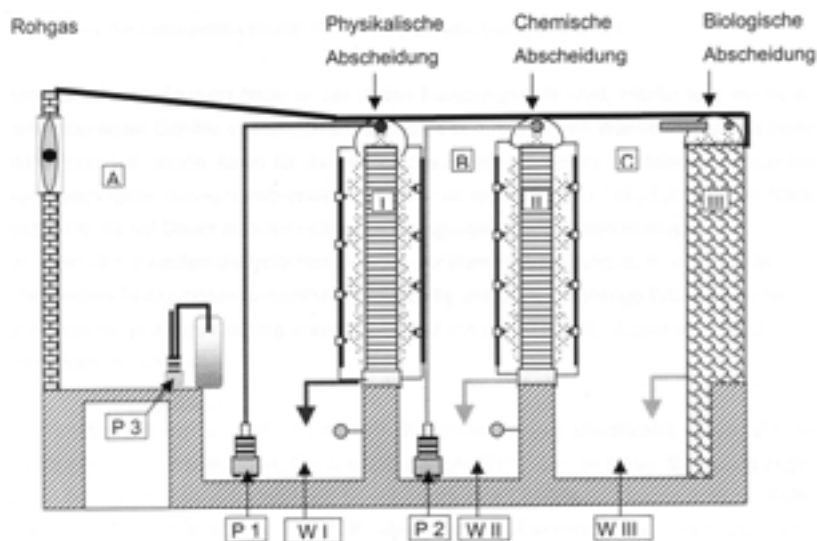
**Figuur 5** Principe van een luchtwasser



Melse en Willers (2004) geven aan dat de reductie van ammoniak voor biobedden op ongeveer 50% ligt en voor biologische luchtwassers op ongeveer 70%. Bij chemische luchtwassers is de reductie afhankelijk van de hoeveelheid toegevoegd zuur en kan oplopen tot boven de 95%. De extra jaarlijkse kosten voor het toepassen van luchtwassers zijn vrij hoog. Voor chemische luchtwassers liggen die op € 0,50 - € 0,75 per vleeskuikenplaats (excl. BTW) (Melse en Willers, 2004, Ellen et al, 2005). Voor biologische luchtwassers zijn de extra kosten afhankelijk van de afzet van het spuiwater (Melse en Willers, 2004). Bij afzet volgens de mestafzettarieven variëren de totale kosten van € 0,63 tot € 1,06 per plaats per jaar. Bij afzet van het spuiwater op eigen land zijn de extra kosten € 0,47 - € 0,60 (alle bedragen excl. BTW). De chemische luchtwasser is voor vleeskuikens opgenomen in de Rav met een emissiefactor van 0,008 kg NH<sub>3</sub>/dierplaats/jaar.

In Duitsland worden luchtwassers met name ingezet om geur of stof uit de stallucht te halen. Soms moet ook ammoniak worden verwijderd. Een systeem dat is afgestemd op deze vraag is een combinatie van lucht wastechieken. Voor het verwijderen van het stof wordt een vrij simpele (biologische) luchtwasser geplaatst. Als ook ammoniak moet worden afgevangen komt er een chemische luchtwasser bij. Eventueel vindt nog uitbreiding plaats met een biofilter om geur te verwijderen. In figuur 6 staat een weergave van een dergelijk systeem.

**Figuur 6** Luchtreinigingssysteem met drie stappen



Naast de hiervoor beschreven luchtwassers die men met name bij centrale ventilatie (of lengteventilatie) toepast, zijn er ook (chemische) luchtwassers per ventilator op de markt. Deze gebruikt men vooral in varkensstallen met een ventilator per afdeling. Toepassing ervan in vleeskuikenstallen is door de hogere kosten niet praktisch.

#### *Reduceren kosten luchtwassers*

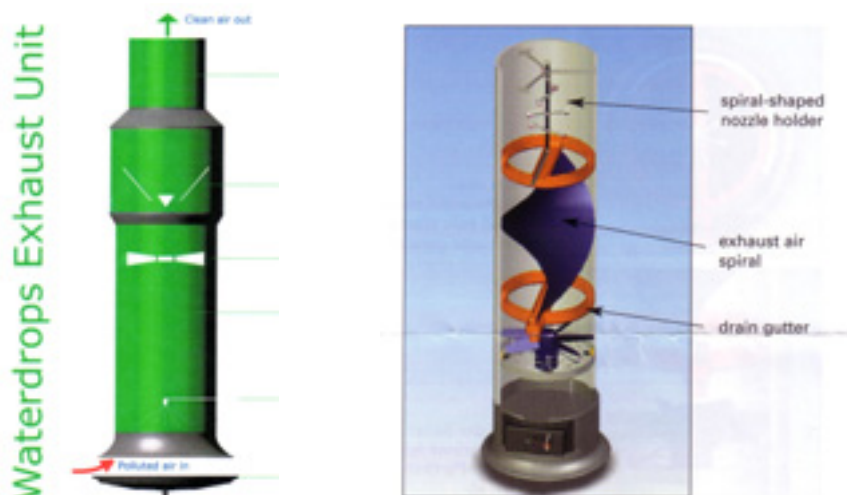
Het Praktijkonderzoek van ASG van WUR heeft in opdracht van het Ministerie VROM bekeken of er mogelijkheden zijn om de kosten van de luchtwassers te reduceren (Ellen, 2005). De beste optie is om niet alle ventilatielucht te wassen, maar slechts een beperkt deel. Nu worden de luchtwassers gedimensioneerd op de maximale ventilatiebehoefte van een stal. Deze maximale ventilatie is echter maar een zeer beperkte tijd van het jaar nodig. Gemiddeld over het jaar draait de ventilatie in een vleeskuikenstal op ongeveer 30%. Volgens onderzoek van het A&F blijft de ammoniakemissie nog beneden de grenswaarde van 45 gram als alleen deze hoeveelheid lucht wordt behandeld met een chemische wasser met een verwijderingsrendement van 95% (Melse, 2005). De kosten van de luchtwasser nemen ook af tot ongeveer 30% van de kosten bij volledige capaciteit wassen, dit komt neer op € 0,15 – 0,23 per kuikenplaats.

Een andere mogelijkheid om de capaciteit van de luchtwassers te kunnen beperken is door de binnenkomende ventilatielucht te koelen. Dan is er minder ventilatiecapaciteit nodig en kan de luchtwasser kleiner worden uitgevoerd. In Nederland is een pluimveestal uitgevoerd met een dergelijk concept. Aan beide zijden van de stal is een extra gang gebouwd. Door de ene gang wordt de lucht aangevoerd. In deze gang is een warmtewisselaar geplaatst waar de lucht doorheen wordt gezogen. De warmtewisselaar wordt gevoed met grondwater of met via een warmtepomp opgewarmd water. In de winter wordt de binnenkomende lucht hiermee opgewarmd. Bij hoge buitentemperaturen wordt de lucht afgekoeld en wordt de warmte opgeslagen in de grond. De lucht wordt afgevoerd via de andere gang. Hier kan door middel van vernevelen het stof uit de lucht worden gehaald. Daarna wordt de lucht gereinigd in een biologische luchtwasser. De aan het water afgegeven warmte kan men eventueel ook gebruiken voor het opwarmen van de stal via de warmtewisselaar. Voor deze stal is de proefstalstatus aangevraagd. Volgens de leverancier van de warmtewisselaar en de luchtwasser zijn de totale extra kosten voor dit systeem ongeveer € 0,46 per kuikenplaats. Hierbij is al rekening gehouden met de mogelijke energiebesparing via de warmtewisselaar (Inno<sup>+</sup>, 2005).

#### *Watervernevelen*

In Duitsland ligt de nadruk bij het reinigen van stallucht op het voorkomen van geur- en stofoverlast naar de directe omgeving. Om hieraan te kunnen voldoen bij varkensstallen met een ventilator per afdeling zijn door een aantal firma's eenvoudige wassers in de ventilatorkoker aangebracht. In de koker wordt water verneveld, waardoor stof- en geurdeeltjes worden afgevangen. De grove waterdruppels worden opgevangen en eventueel gereinigd en opnieuw gebruikt. In figuur 7 zijn twee uitvoeringen weergegeven. De fabrikanten van deze wassers claimen reducties van stof en geur van 80%. Eén fabrikant geeft ook aan dat de ammoniakemissie met 70% reduceert. Niet duidelijk is of dit officiële metingen zijn. Uit een onderzoek met een eenvoudige wasser bij een varkensstal in de VS bleek dat de reductie van ammoniak minimaal was. Wel was er een reductie van de stofemissie van 30-60% (Marsh et al, 2003).

**Figuur 7** Twee uitvoeringen van wassers in de ventilatorkoker



In Nederland is vaker het idee geopperd om bij lengteventilatie de uitgaande lucht door een eenvoudig watergordijn te sturen. Hiermee zou een groot deel van het stof en de geur uit de lucht worden gewassen. In de praktijk is hiermee een enkele stal uitgevoerd. Officiële metingen naar de reductie van stof, geur of ammoniak zijn, voor zover bekend, nooit gedaan.

## 7 Verwijderen van mest/strooisel

In hoofdstuk 2 is al aangegeven dat bacteriën verantwoordelijk zijn voor de vorming van ammoniak. Niet meteen nadat de mest is geproduceerd komt dit proces op gang. Dit duurt enige tijd en is afhankelijk van de eerder genoemde parameters zoals vochtgehalte, temperatuur en pH van de mest. Dat dit enige tijd duurt blijkt ook duidelijk uit de meetgegevens bij systemen in de leghennenhouderij waarbij de mest regelmatig uit de stal wordt verwijderd met behulp van mestbanden. Iets dergelijks is ook bij vleeskuikens al geprobeerd. Leenstra en Ehlhardt (1994) geven aan dat door middel van een rooster met daaronder mestbanden met beluchting, de emissie van  $\text{NH}_3$  met 90% kan worden gereduceerd. Bij gedeeltelijk roostervloer was de reductie 40-60%. Het gebruik van roostervloeren in de vleeskuikenhouderij roept echter zeker vragen op.

In plaats van de mest te verwijderen door middel van mestbanden, is het tussentijds uithalen van de mest ook mogelijk. Dit is getest bij een vleeskalkoenenstal, waarbij officiële metingen zijn verricht. De mest werd iedere 14-21 dagen, afhankelijk van de leeftijd van de dieren, uit de stal verwijderd en daarna bracht men een nieuwe laag strooisel aan. De gemeten  $\text{NH}_3$ -emissie was ongeveer 40% van de emissiefactor van een traditionele stal (Beurskens et al, 2002). Door bij vleeskuikens het strooisel op circa 28 dagen leeftijd uit de stal te verwijderen, kan de groei van de bacteriën die de  $\text{NH}_3$ -vorming veroorzaken worden doorbroken. In hoeverre dit praktisch uitvoerbaar is, moet nader worden onderzocht.

## 8 Aanbevelingen voor onderzoek

In het rapport zijn ammoniakreducties beschreven die met een bepaald huisvestingssysteem of voermaatregelen zijn behaald. Een combinatie van bijvoorbeeld een systeem en een voermaatregel betekent niet dat de reducties in ammoniakemissie simpelweg opgeteld mogen worden. Uit de literatuurstudie komen de volgende voedingsmaatregelen en systemen naar voren als aanbeveling voor onderzoek om te komen tot een emissiearm systeem dat haalbaar en betaalbaar is.

### Voeding

- Het afstemmen van de nutriënten op de behoefte van de dieren. Hanen en hennen worden in Nederland gemengd opgezet, terwijl hanen andere eisen stellen aan voeders dan hennen gedurende de mestperiode. De volgende combinatie kan mogelijk leiden tot een wezenlijke ammoniakreductie.
  - Gescheiden mesten hanen en hennen
  - Voeren naar behoefte per sekse

De technische resultaten moeten hierbij op peil blijven terwijl de voerkosten worden verlaagd. Op deze manier ontstaat een betaalbaar systeem dat de ammoniakemissie voldoende kan reduceren.

### Systemen

- Tussentijds verwijderen van strooiselmest  
Een systeem dat bij kalkoenen is getest en tot een ammoniakreductie heeft geleid van circa 40%. De mestperiode is bij vleeskuikens veel korter dan bij kalkoenen. Maar toch verwachten we dat het uitmesten van de stal op bijvoorbeeld 28 dagen leeftijd kan leiden tot een wezenlijke reductie van de ammoniakemissie op een goedkope manier. De extra kosten bestaan uit extra strooisel en hogere mestafzetkosten.
- Waternevelen bij lengteventilatie  
In Nederland is vaker het idee geopperd om bij lengteventilatie de uitgaande lucht door een eenvoudig watergordijn te sturen. Hiermee wordt een groot deel van het stof en de geur uit de lucht gewassen. In de praktijk is hiermee een enkele stal uitgevoerd. Officiële metingen naar de reductie van stof, geur of ammoniak zijn, voor zover bekend, nooit gedaan.
- Chemische wassing 30%  
Het is een optie om niet alle ventilatielucht te wassen, maar slechts een beperkt deel. Nu worden de luchtwassers gedimensioneerd op de maximale ventilatiebehoefte van een stal. Deze maximale ventilatie is echter maar een zeer beperkte tijd van het jaar nodig. Gemiddeld over het jaar draait de ventilatie in een vleeskuikenstal op ongeveer 30%. Volgens onderzoek van het A&F blijft de ammoniakemissie nog beneden de grenswaarde van 45 gram als alleen deze hoeveelheid lucht wordt behandeld met een chemische wasser met een verwijderingsrendement van 95% (Melse, 2005). De kosten van de luchtwasser nemen ook af tot ongeveer 30% van de kosten bij volledige capaciteit wassen.
- Mobiel voer- en drinkstelsel met beluchtingsbuizen  
Eerste beproevingen van dit systeem laten een ammoniakreductie zien van 50-75%. De groei van de vleeskuikens bij dit systeem was lager dan bij het traditionele systeem. Dit is mogelijk veroorzaakt door te weinig vreetruimte voor de dieren. Indien de technische resultaten op een zelfde peil komen als bij het traditionele systeem, dan is dit ook een betaalbaar systeem dat de ammoniakemissie kan reduceren.

Bovenstaande maatregelen kunnen worden gecombineerd met bijvoorbeeld een strooiseladditief.

## Literatuur

- Amber, K.H., H.M. Yakout and R.S. Hamed, 2004. Effect of Feeding Diets Containing Yucca Extract or Probiotic on Growth, Digestibility, Nitrogen Balance and Caecal Microbial Activity of Growing New Zealand Rabbits. 8th World Rabbit Congress, pp:737-745, September 7-10, 2004. Mexico.
- Beurskens, A.G.C., Hol, J.M.G. en Mol, G. 2002. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallenLIII. Stal voor vleeskalkoenen met frequente strooiselverwijdering. IMAG, Wageningen, Rapport 2002-14.
- Blair, R., Jacob, J.P., Ibrahim, S and Wang, P., 1999. A quantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve nitrogen utilization. Journal for Applied Poultry Research 8, p. 25-47.
- Buisonjé, F.E. de. 1991. Oriënterend onderzoek naar het effect van een aantal toevoegingen op de ammoniakuitstoot van kippemest. Spelderholt interne mededeling no 230, COVP, Beekbergen.
- Buisonjé, F.E. de. 1991. Oriënterend onderzoek naar het effect van een aantal toevoegingen op de ammoniakuitstoot van kippemest (tweede deel). Spelderholt interne mededeling no 259, COVP, Beekbergen.
- Cauwenberghe, S. van, Burnham, D. 2001. New developments in amino acid and protein nutrition of poultry, as related to optimal performance and reduced nitrogen excretion. 13<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, October 2001 (Blankenberge, België).
- Chang, M.H., Chen, T.C. 2003. Reduction of broiler house malodor by direct feeding of a lactobacilli containing probiotic. International Journal of Poultry-Science 2(5): 313-317.
- Dobeic, M. 1997. Influence of clinoptilolite and De-Odorase on reducing of odour and ammonia emissions from poultry and pig production. Zbornik Veterinarske Fakultete Univerza Ljubljana. 34(2): 205-215.
- Ellen, H.H., Bosma, B., Evers, E. en Leeuw, M. de. 2005. Kosteneffectiviteit luchtreinigingstechnieken. Praktijkonderzoek van ASG, Lelystad, Rapport opdrachtgever.
- Ellen, H.H. en Vermeij, I. 2005. Kosten ammoniakemissie reducerende systemen in de pluimveehouderij. Praktijkboek 43, Praktijkonderzoek van Animal Sciences Group van WUR, Lelystad.
- Elwinger, K., Svensson, L. 1996. Effect of dietary protein content, litter and drinker type on ammonia emission from broiler houses. Journal-of-Agricultural-Engineering-Research 64(3): 197-208.
- Ferguson, N.S., Gates, R.S., Cantor, A.H., Taraba, J.L., Pescatore, A.J., Straw, M.L., Ford, M.J., Turner, L.W., Burnham, D.J. 1997. Effects of dietary crude protein on growth, ammonia concentration and litter composition in broilers. Paper-American-Society-of-Agricultural-Engineers (974069): 14.
- Ferguson, N.S., Gates, R.S., Taraba, J.L., Cantor, A.H., Pescatore, A.J., Straw, M.L., Ford, M.J., Burnham, D.J. 1998. The effects of dietary protein and phosphorus on ammonia concentration and litter composition in broilers. Poultry Science 77: 1085-1093.
- Ferket, P.R., Heugten, E. van, Kempen, T.A.T.G. van, Angel, R. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. Journal of Animal Science 80 (E. Suppl. 2): E168-E182.
- Gates, R.S., Pescatore, A.J., Taraba, J., Cantor, A.H., Liberty, K., Ford, M.J., Burnham, D.J. 2000. Dietary manipulation of crude protein and amino acids for reduced ammonia emission from broiler litter. ASAE Annual International Meeting, Milwaukee, Wisconsin, USA, 9-12 July 2000: 1-16.
- Groot Koerkamp, P.W.G., Middelkoop, J.H. van en Evers, E. 2000. Ammoniakemissie vleeskuikenstallen toegenomen. Pluimveehouderij, jaargang 30, nr 21, pag. 10-11

- Harn, J. van, Middelkoop J.H. van, 1996. Invloed eiwitverlaging in voer op resultaten en stikstofuitscheiding bij vleeskuikens. Praktijkonderzoek 96/2.
- Harn, J. van, Veldkamp, T. 2005. Beperken voetzoolaandoeningen door dynamisch voeren. Sectormiddag vleeskuikenhouderij. Praktijkonderzoek, ASG, Wageningen UR.
- Hoogeveen, M.W., Luesink, H.H., Cotteleer, G., Hoek, K.W. van der. 2003. Ammoniakemissie 2010: Referentiescenario en effecten van bestaand beleid en mogelijke aanscherpingen. Rapport 3.03.05, RIVM Rapport 680.000.001, LEI, Den Haag.
- Holsheimer, J.P.; Schutte, J.B., Ruesink, E.W., Jong, J de. 1993. Eiwitverlaging van vleeskuikenvoeders in relatie tot de N-excretie. In: Stikstof en fosfor in de voeding van éénmagige landbouwhuisdieren in relatie tot de milieuproblematiek. Kwaliteitsreeks nr. 25. VVR, Den Haag.
- Hörnig, G., Brunsch, R. 2000. Effect of an algal additive on the reduction of ammonia emission from broiler house. EurAgEng. Paper number:00-AP-037.
- Huis in 't Veld, J.W.H., Top, S.G. van der, Hol, J.M.G., Mosquera, J. 2005. Onderzoek naar de ammoniak- en geuremissie van stallen LXIII. Meeretagesysteem voor vleeskuikens. Agrotechnology & Food Innovations, februari 2004, Wageningen, Rapport 367.
- Inno+. 2005. Overzicht emissie-arme Pluimveesystemen Inno+. Inno+ B.V., Maasbree, vertrouwelijk rapport.
- Kim, S.H., Park, S.Y., Yu, D.J., Lee, S.J., Choi, C.H., Seong, C.K., Ryu, K.S. 2002. Effects of dietary supplementation of yeast *Pichia farinosa* on performance, intestinal microflora, and fecal NH<sub>3</sub> emission in laying hens. Korean Journal of Poultry Science 29(3): 205-211.
- Ko, Y.D., Sin, J.H., Kim, S.C., Kim, Y.M., Park, K.D., Kim, J.H. 2003. Effects of dietary probiotic on performance, noxious gas emission and microflora population on the cecum in broiler. Journal of Animal Science and Technology 45(4): 559-568.
- Kwakkel, R. 2005. Persoonlijke mededeling.
- Lee, S.J., Choi, S.W., Namkung, H., Paik, I.K. 2000. Effect of dietary protein and feed additives on ammonia gas emission in broiler house. Korean-Journal-of-Animal-Science 42(3): 299-314.
- Leenstra, F.R., Ehlhardt, D.A. 1994. Vleeskuikenstal met beperkte NH<sub>3</sub>-emissie. Samenvatting van onderzoek medegefinancierd door FOMA. COVP-DLO, Beekbergen, Spelderholt Uitgave No. 611.
- Lozano, M.C.L., Tlacomalco, M.V.Z.L. 1997. The effects of the *Yucca schidigera* extract on poultry farms. Mexicali, B.C. Mayo.
- Mangen, M.J.J., Havelaar, A.H., Poppe, K.J. 2005. Controlling *Campylobacter* in the chicken meat chain: Estimation of intervention costs. LEI-rapport no. 6.05.01, Den Haag.
- Marsh, L.S., Gay, S.W., Wicklen, G.L. van en Crouse, T. 2003. Performance Evaluation of the SanScent® Air Scrubber for removal of dust, ammonia and hydrogen sulfide from the exhaust air of a swine nursery. ASAE annual international meeting, Las Vegas, Nevada, USA.
- Melse, R.W., Willers, H.C. 2004. Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij, Fase 1: Techniek en kosten. Agrotechnology & Food Innovations, januari 2004, Wageningen, Rapport 029.
- Melse, R.W., 2005. Ammoniakwassers binnen de intensieve veehouderij, Knelpunten en oplossingen voor grootschalige implementatie. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen. Rapport 271.
- Middelkoop, J.H. van en Harn, J. van. 1995. Ammoniakemissie-arme huisvestingssystemen voor vleeskuikens en het effect van vloerverwarming op emissie en technische resultaten. Praktijkonderzoek Pluimveehouderij, Beekbergen, PP-uitgave no. 34.

- Middelkoop, J.H. van; Harn, J van. 1998. The influence of reduced protein levels in broiler feed on NH<sub>3</sub> emissions. Translation Silsoe Research Institute 66: 34.
- Mitchell, B.W., Richardson, J., Wilson, J., Hofacre, C. 2004. Application of an Electrostatic Space Charge System for Dust, Ammonia and Pathogen Reduction in a Broiler Breeder House. Applied Engineering in Agriculture V.20, pag 87-93.
- Nahm, K.H. 2002. Efficient Feed Nutrient Utilization tot Reduce Pollutants in Poultry and Swine Manure. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 32 (1): 1-16.
- Nahm, K.H. 2003. Evaluation of nitrogen content in poultry manure. World's Poultry Sci. Journal 59: pag. 77-88.
- Park, J.H., Ryu, M.S., Kim, S.H., Na, C.S., Kim, J.S., Ryu, K.S. 2003. Influence of supplemental dietary yeast culture on the noxious gas emission in broiler houses and performance of broiler chicks. Journal of Animal Science and Technology 45(1): 41-48.
- Patterson, P.H. 2005. Management Strategies to Reduce Air Emissions: Emphasis - Dust and Ammonia (in voorbereiding voor JAPR).
- Richters & Hüls. 2004. Raumlufmessen in zwei Hähnchenmastställen. Richters & Hüls, Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft und Immissionsschutz, Ahaus, Messbericht.
- Ritz, C.W., Fairchild, B.D., Lacy, M.P. 2004. Implications of Ammonia production and Emissions from Commercial Poultry Facilities: A Review. Journal for Applied Poultry Research. 684-692.
- Robertson, A.P., Hoxey, R.P., Demmers, T.G.M., Welch, S.K., Sneath, R.W., Stacey, K.F., Fothergill, A. Filmer, D., Fisher, C. 2002. Commercial-scale studies of the effect of broiler-protein intake on aerial pollutant emissions. Biosystems-Engineering 82(2): 217-225.
- Santoso, U., Ohtani, S., Tanaka, K., Sakaida, M. 1999. Dried Bacillus subtilis culture reduced ammonia gas release in poultry house. Asian Journal of Animal Sciences 12(5): 806-809.
- Schutte, J. B., J. de Jong, and G. J. M. van Kempen. 1993. Dietary protein in relation to requirement and pollution in pigs during the body weight range of 20–40 kg. Pages 259–263 in Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. M. W. A. Verstegen, L. A. den Hartog, G. J. M. van Kempen, and J. H. M. Metz, ed. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Scott, T.A., Paul J.W., Newberry R.C., Barton, P.K. 1997. Balanced amino acid diets increase bird health and reduce ammonia emissions. World Poultry 13(12): 23,25.
- Sleurink, D. 2001. 'Het werkt ...maar de techniek is niet klaar.' Pluimveehouderij, jaargang 31, nr 13, pag. 14-15.
- Visek W. J. 1978. The mode of growth promotion by antibiotics. J. Anim. Sci. 46:1447-1469.
- VROM. 2004. Wijziging van de Regeling ammoniak en veehouderij. Staatscourant van 13 april 2004, nr 70, pag 19.
- Yusrizal; Chen, T.C. 2003. Effect of Adding Chicory Fructans in Feed on Fecal and Intestinal Microflora and Excreta Volatile Ammonia. International Journal of Poultry Science 2(3): 188-194.