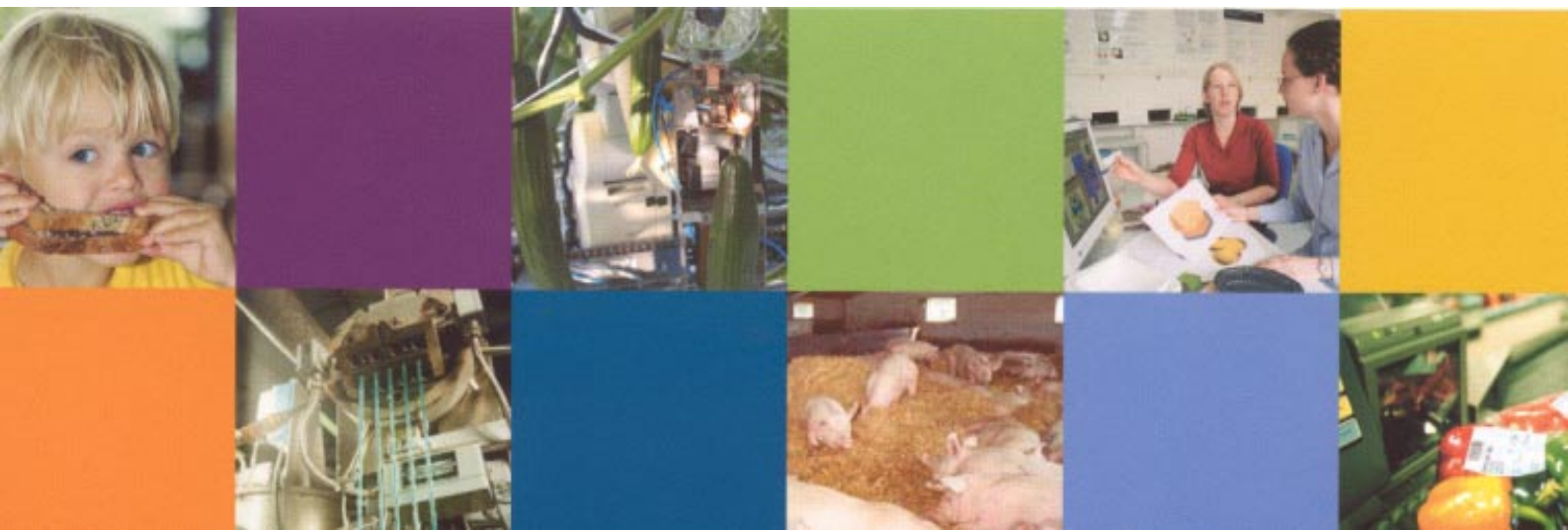


# Toepassing van luchtbehandelings- technieken binnen de intensieve veehouderij

*Fase 1: Techniek en kosten*

R.W. Melse  
H.C. Willers

Rapport 029



# **Toepassing van luchtbehandelings- technieken binnen de intensieve veehouderij**

*Fase 1: Techniek en kosten*

R.W. Melse  
H.C. Willers

Rapport 029

# Colophon

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV).

Titel	Toepassing van luchtbehandelingstechnieken binnen de intensieve veehouderij. Fase 1: Techniek en kosten
Auteur(s)	R.W. Melse en H.C. Willers
A&F nummer	Rapport 029
ISBN	90-6754-739-5
Publicatiedatum	Januari 2004
Vertrouwelijkheid	Openbaar
Projectnummer	6305308601
Prijs	Gratis

Agrotechnology and Food Innovations B.V.  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 317 475 024  
E-mail: <mailto:info.agrotechnologyandfood@wur.nl>  
Internet: <http://www.agrotechnologyandfood.wur.nl/>

© 2004 Agrotechnology & Food Innovations B.V

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher.  
The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.*

## Abstract

Some areas with vulnerable flora and fauna are endangered by ammonia emission from animal houses. Moving livestock farms to less vulnerable areas is a way to reduce these emissions. Cleaning of exhaust air, however, may be an alternative solution.

In this study the performance and costs of acid scrubbers and biotrickling filters for treatment of exhaust air from animal houses are reviewed. Common acid scrubbers and biotrickling filters achieve an ammonia removal of 95% and 70% respectively whereas odour removal is 30% and 40-50% respectively.

The costs of air cleaning are for an acid scrubber € 7 and for a biotrickling filter € 9 - 19 per kg NH<sub>3</sub> removal. The costs of the latter largely depend on the way the drain water is disposed of. Electricity and capital costs are main contributors for both systems.

Several possibilities for lowering costs and improving odour removal are addressed in this study.

*Keywords:* ammonia, odour, animals, biotrickling, scrubber, air treatment.

# Inhoud

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Probleemstelling	6
1.3 Doelstelling en fasering	6
1.4 Onderzoeksvragen fase 1	7
1.5 Afbakening fase 1	7
1.6 Financiering	7
<b>2 Beschrijving luchtbehandelingstechnieken</b>	<b>8</b>
2.1 Doel en randvoorwaarden van luchtbehandeling	8
2.2 Algemeen werkingsprincipe water	8
2.3 Biologische water	10
2.4 Biofilter	18
2.5 Chemische water	19
2.6 Katalytische oxidatie	27
<b>3 Evaluatie luchtbehandelingstechnieken</b>	<b>28</b>
3.1 Samenvatting	28
3.2 Analyse van kosten en mogelijkheden tot kostenverlaging	29
3.3 Geurverwijdering	34
3.4 Bedrijfszekerheid en controle	35
<b>4 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>36</b>
<b>Literatuur</b>	<b>39</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>44</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>45</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

### 1.1.1 Habitat-richtlijn en EHS

In 1992 stelde de Europese Unie een richtlijn vast voor de bescherming van bijzondere leefgebieden: de zogenaamde Habitat-richtlijn. Bij deze richtlijn horen lijsten van plant-, diersoorten en natuurlijke leefgemeenschappen die extra bescherming verdienen. De Habitat-richtlijn verbiedt een activiteit als de beschermingszone van de habitat erdoor wordt aangetast. Onder de te beschermen habitats vallen ondermeer een aantal terrestrische ecosystemen. Wanneer in een gebied sprake is van een te beschermen ecosysteem en van een hoge milieubelasting als gevolg van veehouderijactiviteiten, is er een conflict en dient een oplossing te worden gevonden.

Daarnaast liggen in sommige veeconcentratiegebieden onderdelen van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS), het netwerk van groene corridors in Nederland. Binnen de EHS wordt het duurzame karakter, het behoud, het herstel en de ontwikkeling van waardevolle ecosystemen nastreeft. Sinds 8 mei 2003 is de Wet ammoniak en veehouderij (Wav) in werking getreden waarin verzuringsgevoelige gebieden worden aangemerkt als kwetsbare gebieden. In deze kwetsbare gebieden en in een zone van 250 meter daaromheen, gelden beperkingen voor de ammoniakemissie uit stallen.

### 1.1.2 Reconstructiewet

Aanleiding voor de Reconstructiewet en -plannen was de varkenspest in 1997 die duidelijk maakte dat er oplossingen moesten komen voor de hoge concentraties vee en de hiermee verbonden milieubelasting en veterinaire risico's in de zandgebieden. Hiertoe werd een aantal reconstructiecommissies ingesteld met vertegenwoordigers van alle betrokken partijen zoals gemeenten, waterschappen, landbouw-, recreatie-, natuur- en milieuorganisaties en midden- en kleinbedrijf. Het doel van de reconstructie is om een impuls te geven aan de kwaliteit van het landelijk gebied. De reconstructiecommissies werd gevraagd een integraal plan te ontwikkelen waarbij gestreefd werd naar:

- een duurzame landbouw
- sterkere natuur, bos en landschap
- verbetering van de recreatieve mogelijkheden
- verbetering van de waterhuishouding en de waterkwaliteit
- verlaging van de milieubelasting
- verbetering van de infrastructuur, het woon- werkklimaat en de economische structuur.

Om ruimtelijk sturing te kunnen geven aan de intensieve veehouderij gaat de Reconstructiewet uit van zogenaamde integrale zonering. Deze zonering stelt randvoorwaarden aan de ontwikkeling van de intensieve veehouderij. Onderscheiden worden extensiverings-, verwevings- en landbouwontwikkelingsgebieden. In extensiveringsgebieden ligt het primaat bij natuur en intensieve veebedrijven hebben geen groeimogelijkheden. In verwevingsgebieden is sprake van verweving van verschillende functies zoals landbouw, wonen en natuur. Uitbreiding of hervestiging van intensieve veehouderij is in deze gebieden onder voorwaarden mogelijk, nieuwvestiging niet. In

landbouwontwikkelingsgebieden ligt het primaat bij de landbouw en is uitbreiding, hervestiging en nieuwvestiging van veehouderijbedrijven wel mogelijk.

Op basis van de ervaringen met de voorontwerp-reconstructieplannen is berekend dat er landelijk ten behoeve van de reconstructie ruim € 9 miljard nodig zal zijn om alle wettelijke en beleidsmatige doelstellingen ook daadwerkelijk in de gestelde termijn van 12 jaar te kunnen realiseren.

## 1.2 Probleemstelling

In het kader van het reconstructiebeleid, wordt verplaatsing van intensieve veehouderijbedrijven gezien als een van de mogelijkheden om de milieubelasting in een bepaald gebied te beperken. Hierbij gaat het onder andere om het verlagen van de depositie van ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) en om het verlagen van geuremissie. Andere aspecten van bedrijfsverplaatsing worden buiten beschouwing gelaten in deze studie.

De verplaatsing van bedrijven heeft aanzienlijke sociale consequenties en is bovendien een kostbare aangelegenheid. Daarom is de vraag gerechtvaardigd of er andere (technologische) oplossingen zijn die een hoge effectiviteit, maar tegelijkertijd weinig sociale consequenties en een acceptabele kostprijs hebben.

Op dit moment is een aantal luchtreinigingstechnieken bekend die een hoge effectiviteit hebben met betrekking tot reductie van de emissie van ammoniak en/of geur. Een aantal van deze technieken wordt daadwerkelijk toegepast bij de reiniging van ventilatielucht van stallen. In het algemeen kan echter gesteld worden dat deze technieken duur zijn zodat toepassing ervan geen grote vlucht heeft genomen. Mogelijk kan door stimulering van het bedrijfsleven (toename van de markt; verdergaande technologische vernieuwing en bereidheid tot innovaties bij grotere markt) of door andersoortige ondersteuning van dergelijke technieken een significante reductie van de kosten en daardoor een bredere toepassing van deze techniek worden bereikt.

## 1.3 Doelstelling en fasering

Deze studie heeft als doel te onderzoeken of toepassing van reinigingstechnieken voor stallucht een kosteneffectieve manier is om een vergaande emissiereductie van in de eerste plaats ammoniak en in de tweede plaats geur te bereiken. Hiermee dient de vraag beantwoord te worden of luchtreinigingstechnieken kunnen dienen als mogelijk alternatief voor de verplaatsing van veehouderijbedrijven, met betrekking tot de reductie van ammoniak- en geuremissie. Andere aspecten van bedrijfsverplaatsing worden buiten beschouwing gelaten in deze studie.

In fase 1 van de studie wordt de stand van zaken gegeven op het gebied van luchtbehandeling in de veehouderij en wordt een analyse gegeven van de luchtbehandelingstechnieken met betrekking tot de procesparameters, exploitatiekosten en toepasbaarheid.

Op grond van onderhavige rapportage van de eerste fase van deze studie zal mogelijk een tweede fase gedefinieerd worden, waarin een aantal aspecten uit de eerste fase nader uitgewerkt worden, bijv. door middel van de uitvoering van een of meerdere case-studies.

## **1.4 Onderzoeksvragen fase 1**

De volgende onderzoeksvragen dienen beantwoord te worden om de doelstelling van fase 1 van het onderzoek te bereiken:

1. Welke ammoniak- en geurverwijdering kan bereikt worden met een luchtwassysteem?
2. Wat zijn de exploitatiekosten van luchtwassystemen, zowel voor nieuwbouw als voor aanpassing van bestaande stallen?
3. Wat zijn de mogelijkheden om de kosteneffectiviteit van luchtwassers te verhogen?
4. Wat is de invloed van een verlaging van de investeringskosten op de exploitatiekosten van een luchtwassysteem?
5. In welke mate nemen de exploitatiekosten per dierplaats toe als gevolg van het gebruik van een luchtwassysteem?

## **1.5 Afbakening fase 1**

Fase 1 van het onderzoek heeft het karakter van een verkenning of 'Quick scan' waarin bestaande informatie met betrekking tot emissiereductietechnieken voor ammoniak en geur wordt verzameld en gebundeld. De studie richt zich op zogenaamde 'end-of-pipe' technieken en niet op procesgeïntegreerde technieken. Dit wil zeggen dat de studie zich in de eerste plaats richt op nageschakelde emissiereductietechnieken, die toegepast kunnen worden zonder dat het management 'binnen de stalmuren' verandert.

De studie beperkt zich tot het toepassingsgebied van de intensieve varkens-, rundvee- en pluimveehouderij.

## **1.6 Financiering**

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV) in het kader van programma 415: 'Integrale aanpak van gasvormige emissies (ammoniak, geur, (overige) broeikasgassen en fijn stof) van de veehouderij'.



## 2 Beschrijving luchtbehandelingstechnieken

### 2.1 Doel en randvoorwaarden van luchtbehandeling

Het doel van de behandeling van ventilatielucht van stallen is het verwijderen van ammoniak en geur uit deze lucht met behulp van een 'end-of-pipe' techniek. Bij voorkeur wordt eveneens de emissie van broeikasgassen en fijn stof voorkomen.

### 2.2 Algemeen werkingsprincipe wasser

#### 2.2.1 Beschrijving

Een luchtwasser bestaat in het algemeen uit een reactor die gevuld is met een pakkingsmateriaal. Het pakkingsmateriaal heeft een hoge porositeit en een hoog specifiek oppervlak. Door dit zogenaamde filterbed of gepakt bed wordt in het algemeen van onder naar boven lucht gepompt. Tegelijkertijd wordt periodiek of continu een waterige oplossing over het filterbed versproeid (wasvloeistof), waardoor een intensief contact tussen lucht- en waterfase wordt verkregen ('tegenstroomprincipe'). De wasvloeistof wordt in het algemeen gerecirculeerd om het watergebruik en/of chemicaliëngebruik te minimaliseren. Als gevolg van het contact tussen luchtstroom en wasvloeistof is uitwisseling van stoffen mogelijk. Goed oplosbare componenten gaan vanuit de lucht in oplossing in de vloeistof. In de vloeistof kan de component gebonden of (bio)chemisch omgezet worden naar andere verbindingen. Om accumulatie van de component en van zijn eventuele afbraakproducten te voorkomen moeten deze uit het systeem worden afgevoerd. Deze afvoer kan plaatsvinden als gasvormige verbindingen in de uitgaande luchtstroom of als opgeloste verbinding die het systeem verlaat door het spuien van een deel van de wasvloeistof. Na het spuien van de wasvloeistof dient deze aangevuld te worden.

Om inklinking van het pakkingsmateriaal te voorkomen en een goede waterafvoer te garanderen, wordt in een wasser in het algemeen gebruik gemaakt van een kunststof dragermateriaal. In Figuur 1 wordt een schematische weergave van een luchtwasser gegeven.

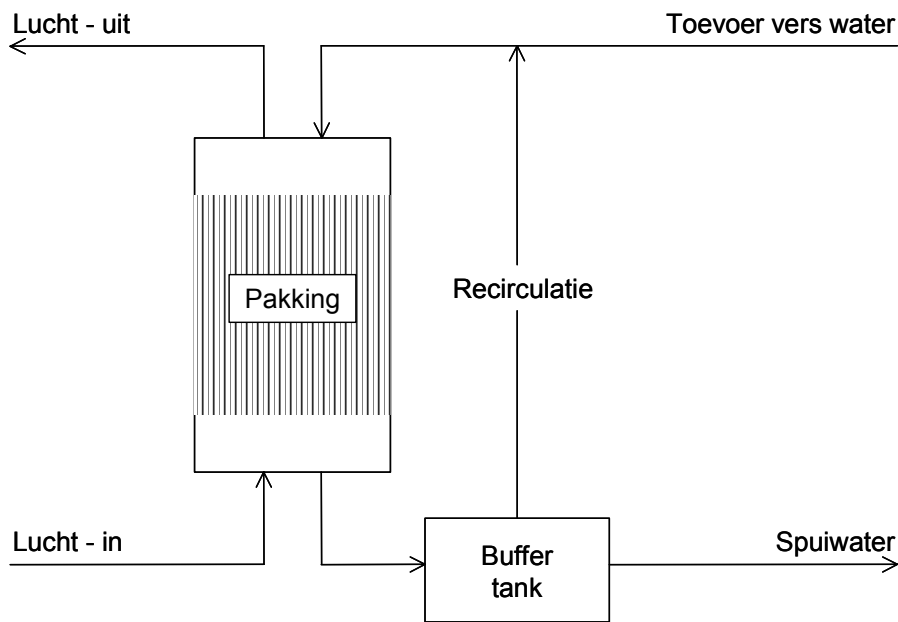
Voor nadere informatie op het gebied luchtreiniging met behulp van wassers wordt verwezen naar Kennes en Thalasso (1998).

#### 2.2.2 Massatransport

Bij het transport van de te verwijderen component van de gas- naar de waterfase zijn de volgende zaken van belang:

##### *a Contactoppervlak gasfase - waterfase*

De snelheid van het massatransport is recht evenredig met de grootte van het contactoppervlak gasfase - waterfase. De grootte van dit oppervlak wordt bepaald door het specifiek oppervlak van het pakkingsmateriaal ( $\text{m}^2$  oppervlak/ $\text{m}^3$  reactor) en de mate waarin en de manier waarop het pakkingsmateriaal bevochtigd wordt (druppelen, versproeien etc.). Bij een groot contactoppervlak is het massatransport hoog waardoor de concentratie van de uitgaande lucht lager kan worden en dus een hogere verwijdering kan worden bereikt per tijdseenheid.



**Figuur 1** Schematische weergave luchtwasser.

*b Oplosbaarheid van een verbinding in combinatie met binding als gevolg van zuur-base reacties*

Wanneer de wateroplosbaarheid van een verbinding hoog is, zal de overdracht van de verbinding van de gasfase naar de waterfase gemakkelijk verlopen. In een evenwichtssituatie wordt de verhouding van de concentratie in de waterfase en de gasfase weergegeven door de Henry-constante. Wanneer zure of basische verbindingen (bijv. ammoniak) in water oplossen, worden deze omgezet in de zure of basische vorm van de verbinding. Zo wordt ammoniak, in zowel biologische als chemische wassers, onmiddellijk in de waterfase opgenomen als ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). De pH van de waterfase bepaalt in sterke mate welke hoeveelheid van de verbinding zo van de gasfase naar de waterfase getransporteerd wordt (zie paragraaf 2.3.2, reactievergelijking [1] en paragraaf 2.5.2, reactievergelijking [6]).

*c Concentratieverschil gasfase-waterfase*

De massa-overdrachtssnelheid is recht evenredig met het verschil tussen de concentraties van de component in de gasfase en in de waterfase. De grootte van het luchtdebiet dat aan een wasser wordt aangeboden en de concentratie van de te verwijderen component in de lucht, vormen de basis voor het ontwerp van een wasser. In de tijd kunnen grote fluctuaties optreden van zowel luchtdebiet als concentratie.

*d Contacttijd gasfase-waterfase*

Om massatransport te laten plaatsvinden moet er gedurende enige tijd contact zijn tussen de gasfase en de waterfase. Hoe langer de lucht zich in de reactor bevindt, hoe langer het proces van massatransport kan plaatsvinden. Dit wordt weergegeven door de verblijftijd van de lucht in de reactor ( $\text{m}^3 \text{ lucht} / \text{m}^3 \text{ reactor} / \text{uur}$ ). Vooral bij slecht oplosbare verbindingen is een lange contacttijd van belang aangezien de stofoverdrachtssnelheid klein is; bovendien betekent een lange verblijftijd in het algemeen dat de verhouding gasfase / waterfase klein is. De verblijftijd van de

lucht in de reactor wordt dan bepalend voor de hoeveelheid van de verbinding die van de gasfase naar de waterfase wordt getransporteerd.

De concentratie in de waterfase wordt aan de ene kant bepaald door de onder a t/m d genoemde processen en aan de andere kant door de snelheid waarmee de verbinding wordt afgevoerd uit de waterfase door microbiële afbraak en/of afvoer met het spuiwater.

## 2.3 Biologische wasser

### 2.3.1 Inleiding

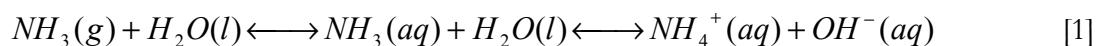
Tezamen met de chemische wasser, is de biologische wasser het meest gangbare systeem voor de verwijdering van ammoniak uit stallucht. Het principe van de biowasser, of het biotricklingfilter, is gebaseerd op microbiële omzetting van ammoniak naar nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) en nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ), al dan niet gevolgd door omzetting tot stikstofgas ( $\text{N}_2$ ).

Op het pakkingsmateriaal van de biowasser groeit een biofilm die bevochtigd wordt door de wasvloeistof; in de wasvloeistof is eveneens bacteriemateriaal gesuspenderd. De goed oplosbare componenten die zich in de luchtstroom bevinden lossen op in de vochtige biofilm en zijn zo beschikbaar voor biologische afbraak (Satter, 1996).

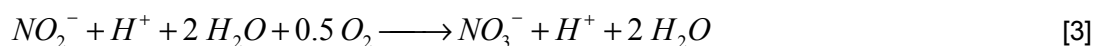
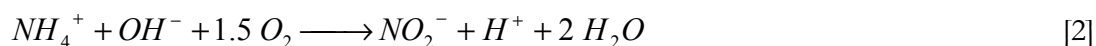
De biologische wasser is commercieel beschikbaar en wordt geleverd door diverse leveranciers. In Bijlage 1 is een lijst opgenomen van leveranciers van biologische wassers voor de behandeling van stallucht.

### 2.3.2 Werkingsprincipe

In het geval van ammoniak hangt de massaoverdracht sterk af van de pH van de waterfase als gevolg van het evenwicht tussen  $\text{NH}_3$  and  $\text{NH}_4^+$  zoals wordt weergegeven in de volgende reactievergelijking [1]:



De hierop volgende microbiële afbraak van ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) naar nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) en van nitriet naar nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) wordt nitrificatie genoemd en wordt hoofdzakelijk uitgevoerd door respectievelijk *Nitrosomonas* en *Nitrobacter* bacteriestammen. In reactievergelijking [2] en [3] worden deze processen weergegeven:



Een stabiel werkende biowasser bevindt zich in een 'steady-state' situatie hetgeen wil zeggen dat er sprake is van een evenwicht tussen de processen die in reactievergelijking [1] t/m [3] beschre-

ven worden en de hoeveelheid stikstofverbindingen en zuur ( $H^+$ ) die met het spuiwater worden afgevoerd. Dit resulteert normalerwijze in de volgende condities (Scholtens, 1996):

- $6,5 < \text{pH} < 7,5$
- $0,8 < [\text{NH}_4^+]/[\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-] < 1,2$  op molaire basis
- $0,8 < N_{\text{totaal}} < 3,2$  (eenheid: g N/l)

Sommige luchtwassystemen zijn eveneens uitgevoerd met een denitrificatiebassin waarin het gevormde nitraat uit reactievergelijking [3] onder zuurstofloze condities en in de aanwezigheid van een organische koolstofbron wordt omgezet naar  $N_2$  (stikstofgas) volgens reactievergelijking [4]:



Op deze manier kan de concentratie van stikstofverbindingen in het spuiwater sterk verlaagd worden.

### 2.3.3 Ammoniakrendement

In de praktijk worden biowassers meestal geoptimaliseerd voor een ammoniakverwijderingsrendement <sup>(1)</sup> van 70%. In principe kunnen hogere rendementen worden behaald wanneer de wasser groter wordt uitgevoerd en de hoeveelheid spuiwater wordt verhoogd. Echter wanneer de hoeveelheid spuiwater wordt verhoogd bij een gelijkblijvende hoeveelheid te verwijderen ammoniak, bestaat het gevaar dat de hoeveelheid biomassa in het systeem te laag wordt als gevolg van uitspoeling.

### 2.3.4 Energieverbruik

Het energieverbruik van een biologische wasser is in principe gelijk aan dat van een chemische wasser, en bestaat voornamelijk uit het elektriciteitsverbruik van de waterpomp die zorgt voor de continue versproeiing van waswater over het filterbed. Eveneens zal het ventilatiesysteem van de stal, als gevolg van de drukval die optreedt in de wasser, zwaarder belast worden waardoor het energiegebruik nog enigszins toeneemt.

De toename van het elektriciteitsverbruik bij toepassing van een luchtwasser bedraagt circa 50 kWh per vleesvarkensplaats per jaar (Vrieling *et al.*, 1997) of 0,057 kWh per 1000 m<sup>3</sup> ventilatie.

### 2.3.5 Spuiwaterproductie en waterverbruik

De hoeveelheid spuiwater die geproduceerd wordt hangt af van de ammoniakbelasting van het filter (product van luchtdebiet en ammoniakconcentratie van de ingaande lucht) en van de gewenste  $N_{\text{totaal}}$  concentratie van het spuiwater. Op onderstaande wijze kan de grootte van de spuiroom worden berekend (gebaseerd op Scholtens, 1996):

---

<sup>(1)</sup> Gedefinieerd als  $[1 - (\text{NH}_3\text{-uit}/\text{NH}_3\text{-in})] \times 100\%$ .

$$Q_{spui} = \frac{RAV_{NH_3} * 14 * (Rendement / 100) * 1000}{17 * N_{spui} * 365 * 24} \quad [5]$$

met:

$Q_{spui}$  : spuidebiet (liter/dierplaats/uur)

$RAV-NH_3$  : emissiefactor volgens Regeling Ammoniak en Veehouderij (kg  $NH_3$ /dierplaats/jaar) (VROM, 2002)

Rendement : ammoniakverwijderingsrendement (%)

$N_{spui}$  : stikstof-totaal gehalte van spuiwater (g/liter)

In het geval van een luchtwasser zonder denitrificatiestap wordt het stikstof-totaal gehalte van het spuiwater ingesteld tussen 0,8 en 3,2 g/l <sup>(1)</sup>. Dit betekent dat, in afwezigheid van denitrificatie, per kg ammoniakverwijdering 180 tot 720 liter spuiwater wordt geproduceerd. Uitgaand van een ammoniakproductie van 2,5 kg/vleesvarkensplaats/jaar (VROM, 2002) en een ammoniakverwijderingsrendement van 70%, komt de spuiwaterproductie van de biologische wasser uit op 450 - 1800 liter/vleesvarkensplaats/jaar.

De waarden voor het spuidebiet die met bovenstaande vergelijking worden berekend, zijn 30% lager dan de waarden die opgenomen zijn in de bijlagen behorende bij de beschrijving van de Groen Label gecertificeerde biologische luchtwassers. De reden hiervoor is dat het spuidebiet in vergelijking [5] wordt berekend op basis van het product van de  $RAV-NH_3$  en het verwijderingsrendement, dat wil zeggen 70% voor een biologische luchtwasser, terwijl in de genoemde bijlagen van de Groen Label beschrijving de hoeveelheid spuiwater wordt berekend op basis van een ammoniakverwijdering van 100%.

Wanneer de hoeveelheid spuiwater die afgevoerd wordt te klein is, zal ophoping van  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$  en  $NO_3^-$  in het systeem optreden waardoor de bacteriepopulatie geremd zal worden (Melse en Mol, 2003). Wanneer de hoeveelheid spuiwater die afgevoerd wordt te groot is, bestaat het gevaar dat de hoeveelheid biomassa in het systeem te laag wordt als gevolg van uitspoeling. Naast stikstof bevat het spuiwater dus ook een hoeveelheid biomassa en afgevangen stof.

Aangezien continu een hoeveelheid water het systeem verlaat met de uitgaande lucht (verdamping) en in de vorm van spuiwater, dient er telkens water aan het systeem toegevoegd te worden. Met de bevochtiging van de ventilatielucht in de wasser van gemiddeld 60% RV (20°C) naar 80% RV (15°C), verdwijnt 1,3 g water/m<sup>3</sup> lucht uit het systeem als waterdamp.

Uitgaand van een gemiddeld ventilatiedebiet van 35 m<sup>3</sup>/vleesvarken/uur, een ammoniakproductie van 2,5 kg/dierplaats/jaar (VROM, 2002) en een ammoniakverwijderingsrendement van 70%, komt het totale watergebruik van de biologische wasser uit op 850 - 2200 liter/vleesvarkensplaats/jaar of 490 - 1260 liter/kg  $NH_3$  verwijdering. Wanneer het spuiwater na denitrificatie deels wordt hergebruikt, zal het waterverbruik lager liggen.

---

<sup>(1)</sup> Wanneer het N-Kjeldahl gehalte van het spuiwater kleiner is dan 0,2 g/l mag de vloeistof emissie-arm aangewend worden (N-Kjeldahl = N-totaal minus N- $NO_2$  minus N- $NO_3$ ) (VROM, 1998).

### 2.3.6 Regelgeving spuiwater

Voor het verwijderen van het spuiwater van een biologische wasser bestaan in theorie vijf verschillende mogelijkheden (VROM, 2000):

1. Op de bodem brengen van spuiwater
2. Denitrificatie + hergebruik + het op de bodem brengen van spuiwater
3. Lozing spuiwater op riolering
4. Denitrificatie + hergebruik + lozing spuiwater op riolering
5. Afvoer spuiwater naar een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi), al dan niet in combinatie met denitrificatie en hergebruik

Onderstaande toelichting is overgenomen uit VROM (2000).

Ad 1:

Voor het op de bodem brengen van onbehandeld spuiwater is een ontheffing van het Lozingenbesluit vereist aangezien het spuiwater niet wordt gezien als een kunstmeststof. Burgemeester en wethouder van de gemeente waar de lozing in de bodem plaatsvindt zijn bevoegd gezag. Voor het uitrijden op de bodem is per 1000 vleesvarkens circa 10 ha grond nodig en een opslag van 350 m<sup>3</sup>. De stikstof uit de spuiwaterstroom is overigens niet als aanvoerpost in de MINAS systematiek opgenomen.

Ad 2:

Door het toepassen van denitrificatie kan zowel de hoeveelheid spuiwater (hergebruik) als de vracht aan stikstof worden teruggebracht, waardoor de grootte van de opslag en de hoeveelheid grond die nodig is voor uitrijden, sterk afneemt. Evenals bij het op de bodem brengen van spuiwater zonder denitrificatie, is hiervoor een ontheffing van het Lozingenbesluit vereist. Gelet op het lagere volume en de lagere stikstofvracht, zal ontheffing vaak wel verleend kunnen worden. Door verlaging van de hoeveelheid spuiwater zou het zelfs mogelijk kunnen worden, dit spuiwater niet apart uit te rijden maar met de mest te mengen.

Ad 3:

Op het rechtstreeks lozen van het spuiwater op de riolering is de Wet milieubeheer van toepassing. In overleg tussen ondernemer, gemeente en waterkwaliteitsbeheerder zal moeten worden bezien, of lozing mogelijk is en zo ja, onder welke voorwaarden. Voor het eventueel toestaan van lozing op de riolering zal beoordeeld moeten worden of geen overbelasting van de aangesloten rwzi zal optreden. Bij lozing op de riolering is bovendien een verontreinigingsheffing op grond van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren verschuldigd.

Ad 4:

De verlaging van de hoeveelheid spuiwater en van de stikstofvracht als gevolg van denitrificatie, vergroot de kans dat bij aanwezigheid van riolering lozing daarop mogelijk is. Overleg tussen ondernemer, gemeente en waterkwaliteitsbeheerder zal hierover uitsluitsel moeten geven.

Ad 5:

Wanneer lozing op de riolering niet mogelijk is in verband met afwezigheid daarvan of omwille van de bescherming van de doelmatige werking van de riolering, kan afvoer van spuiwater naar de rwzi op een andere wijze dan via een riolering (bijv. tankauto) worden overwogen. In dat geval moet behandeling van het al dan niet gedenitrificeerde spuiwater in de rwzi niet bezwaarlijk zijn vanuit het oogpunt van bescherming van de rwzi en van het oppervlaktewater.

Welke van de hierboven beschreven mogelijkheden voor de behandeling van spuiwater van een biologische wasser gebruikt zal worden, dient in elk individueel geval bepaald te worden. Vooralsnog wordt er in de kostenberekeningen vanuit gegaan dat er geen hergebruik van spuiwater plaatsvindt en dat de afvoer-/verwerkingskosten van het spuiwater vergelijkbaar zijn met de afvoerkosten van dierlijke mest (zie verder paragraaf 2.3.10).

### 2.3.7 Geurrendement

Uit onderzoek (Mol en Ogink, 2002) waarin vier biologische luchtwassystemen zijn doorgemeten die ventilatielucht van een varkensstal behandelen, blijkt dat het gemiddelde geurverwijderingsrendement 37 tot 51% bedraagt. De variatie in het geurverwijderingsrendement is echter zeer hoog. In onderzoek van Melse en Mol (2003) waarin één biologisch luchtwassysteem wordt doorgemeten, wordt een geurverwijderingsrendement gevonden variërend van -29 tot 87%, met een gemiddelde geurverwijdering van 49%. Opgemerkt dient te worden dat het ontwerp van de huidige biologische luchtwassystemen is gebaseerd op optimalisatie van de ammoniakverwijdering; aan het verbeteren van het geurverwijderingsrendement is nog weinig aandacht geschonken.

### 2.3.8 Reductie broeikasgassen en fijn stof

Er is geen onderzoek bekend waarbij de emissie van broeikasgassen (i.c. lachgas ( $N_2O$ ) en methaan ( $CH_4$ )) uit biowassers is gemeten. In principe is het te verwachten dat enig  $N_2O$  wordt gevormd als bij- of tussenproduct van het nitrificatieproces waardoor de emissie van  $N_2O$  uit de stal toeneemt. Kwantificering hiervan is op dit moment niet mogelijk. Met betrekking tot de emissie van methaan wordt geen invloed van de wasser verwacht omdat de oplosbaarheid van methaan in het waswater zeer laag is. Hierdoor zal de emissie van methaan uit de stal gelijk blijven. Aangezien het wassersysteem elektriciteit verbruikt is er natuurlijk wel sprake van een indirecte  $CO_2$  emissie (0,67 kg  $CO_2$ -eq./kWh).

Naar verwachting zal de emissie van fijn stof afnemen met 80 - 100% (Aarnink *et al.*, 2003) doordat het stof ingevangen wordt in de waterfase. Mogelijk functioneert fijn stof als een drager voor geurcomponenten (Geelen, 1986) waardoor het geurrendement van een wasser in werkelijkheid hoger is dan blijkt uit het gemeten geurrendement. Bij het nemen van geurmonsters wordt fijn stof namelijk uit het luchtmonster gefilterd wordt omdat dit anders de geurmeting zou belemmeren; de uiteindelijke bepaling van de geurconcentratie vindt dus plaats met gefilterde lucht. Echter, de suggestie dat fijn stof functioneert als een belangrijke drager voor geurcomponenten is tot op heden nauwelijks onderbouwd.

Wanneer het ingevangen stof niet voldoende afgevoerd wordt met het spuiwater maar zich ophoopt in het pakkingsmateriaal, kan het gepakte bed langzamerhand verstopt raken waardoor de

drukval en het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren toeneemt. Vanwege de relatief hoge stofconcentratie in pluimveestallen <sup>(1)</sup>, is het bij de behandeling van deze lucht noodzakelijk om het wassersysteem te voorzien van een, al dan niet geïntegreerd, stofafvang systeem. In de Regeling Ammoniak en Veehouderij (VROM, 2002) is op dit moment echter geen biologisch luchtwassersysteem opgenomen voor pluimvee.

In het bijzonder bij een biologische wasser, wordt de kans op verstopping van het pakkingsmateriaal verder verhoogd als gevolg van toename van de hoeveelheid biomassa in het systeem (bacteriegroei).

In de praktijk zal het pakkingsmateriaal van de wasser en/of het stofafvangsysteem meestal 1 à 2 maal per jaar moeten schoongemaakt of vervangen worden als gevolg van vervuiling.

### 2.3.9 Onderhoud en controle

Het biologische ammoniakverwijderingsproces kan beschouwd worden als een betrouwbare techniek, mits de werking van het proces regelmatig gecontroleerd wordt. Om de werking van het systeem te garanderen dient het systeem regelmatig gecontroleerd te worden door het uitvoeren van onderhoud en metingen. Voor de luchtwassersystemen die opgenomen zijn in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (VROM, 2002) geldt dat de veehouder verplicht is een onderhoudscontract en een adviescontract af te sluiten met de leverancier van de luchtwasser. In dit contract moeten in ieder geval de volgende zaken geregeld zijn (Scholtens, 1996; Stichting Groen Label, 1999):

1. Jaarlijkse controlebeurt door de leverancier
2. Wekelijkse controle op de volgende punten:
  - pH van het waswater
  - waswaterdebiet en verdeling over pakket
  - spuidebiet
  - ventilatie
3. Het incidenteel reinigen van het luchtwassersysteem

Daarnaast moet de werking van het systeem door een onafhankelijke inspectie worden gecontroleerd waarbij metingen worden uitgevoerd van onder andere het spuidebiet, de pH, N-totaal,  $\text{NO}_2^-$  en  $\text{NO}_3^-$  concentratie van het spuiwater. Tenslotte kan de vergunningverlener een rendementsmeting van de ammoniakverwijdering van het luchtwassersysteem voorschrijven. Een en ander wordt in detail beschreven in Scholtens (1996) en in Stichting Groen Label (1999).

### 2.3.10 Kosten

Voor nieuwbouwstallen is bekend wat de investeringskosten zijn van een standaardstal met een luchtwassersysteem in vergelijking met een standaardstal zonder een geïmplementeerd emissiearm systeem (KWIN-V, 2003). Op grond van de investeringskosten uit KWIN-V (2003) en de informatie uit de voorgaande paragrafen worden in Tabel 1 de exploitatiekosten van de biologische wasser berekend. Hierbij worden twee verschillende situaties onderscheiden: in het ene geval wordt het spuiwater van de wasser afgezet volgens mestafzetterieven, in het andere geval wordt

---

<sup>(1)</sup> In vergelijking met varkensstallen is de stofconcentratie in pluimveestallen, afhankelijk van het stalsysteem, tot twee maal zo hoog. Gemiddeld bedraagt de stofconcentratie in ventilatielucht uit pluimveestallen  $3.6 \text{ mg/m}^3$  (Takai et al., 1998).



het spuiwater afgezet op eigen land. In beide gevallen wordt uitgegaan van een ammoniakproductie van 2,5 kg/dierplaats/jaar (VROM, 2002) en een verwijderingsrendement van 70%.

**Tabel 1** Investerings- en exploitatiekosten (€ / kg NH<sub>3</sub> verwijdering, excl. BTW) van biologische wasser voor de behandeling van stallucht <sup>(1)</sup> zoals deze gelden voor een nieuwbouw stal <sup>(2)</sup>.

	Spuiwater afzet volgens mestafzettarieven	Spuiwater afzet op eigen land
Investeringskosten <sup>(3)</sup>	34	26
Exploitatiekosten per jaar		
<i>Vaste kosten:</i>		
Afschrijving (10%)	3,41	2,59
Onderhoud (3%)	1,02	0,78
Rente (6%)	1,02	0,78
<i>Variabele kosten:</i>		
Elektriciteit (29 kWh/kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 0,11)	3,14	3,14
Water (0,5 - 1,3 m <sup>3</sup> / kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 1,00/m <sup>3</sup> ) <sup>(4)</sup>	0,49 - 1,26	0,49 - 1,26
Chemicaliën	n.v.t.	n.v.t.
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater (0,2 - 0,7 m <sup>3</sup> /kg NH <sub>3</sub> verwijdering) <sup>(5)</sup>	2,27 - 9,08	0,53 - 2,13
Totaal exploitatiekosten	11,33 - 18,91	8,31 - 10,68

<sup>(1)</sup> De berekeningen zijn gebaseerd op de luchtcondities en debieten zoals die het geval zijn voor een vleesvarkensstal. Voor andere diersoorten kunnen de getallen enigszins afwijken.

<sup>(2)</sup> Voor aanpassing van een bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen worden gegeven. De variabele kosten van de luchtwasser zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen.

<sup>(3)</sup> Berekend uit KWIN-V (2003). De kosten zijn gebaseerd op een stal met 2160 vleesvarkensplaatsen en een ventilatiecapaciteit van 60 m<sup>3</sup>/dierplaats/uur, dus in totaal 130.000 m<sup>3</sup>/uur. Zie voor een nadere beschrijving van deze standaardstal KWIN-V (2003).

<sup>(4)</sup> Aanname dat geen denitrificatie plaatsvindt, zodat geen hergebruik van spuiwater mogelijk is.

<sup>(5)</sup> Er wordt vanuit gegaan dat geen hergebruik van spuiwater plaatsvindt. Wanneer het spuiwater wordt afgezet volgens mestafzettarieven, wordt uitgegaan van een kostenpost van € 12,60/m<sup>3</sup> (KWIN-V, 2003). Wanneer het spuiwater op eigen land aangewend wordt, wordt een kostenpost van € 2,95/m<sup>3</sup> aangenomen (KWIN-V, 2003). In beide gevallen geldt dat wanneer denitrificatie toegepast wordt, de hoeveelheid spuiwater en de stikstofvrucht lager zijn, maar de investeringskosten waarschijnlijk zullen toenemen.

Zoals uit Tabel 1 blijkt, hebben de afzetkosten van het spuiwater een grote invloed op de uiteindelijke exploitatiekosten van de biologische wasser. Daarnaast zijn het elektriciteitsverbruik en de vaste kosten van de investering de belangrijkste kostenposten. Overigens worden voor toepassing van biologische wassers buiten de landbouw veel hogere investerings- en exploitatiekosten aangenomen, ongeveer een factor 10 hoger (Bemmel en Werf, 2002).

Wanneer de wassers op grote schaal geproduceerd worden, zullen de investeringskosten waarschijnlijk dalen. Wanneer uitgegaan wordt van een denkbeeldige verlaging van de investeringskosten van 50% bij grootschalige productie, dalen de exploitatiekosten met 14 - 24% tot € 8,61 - € 16,20 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering (afzet spuiwater tegen mestafzettarieven) respectievelijk met 19 - 25% tot € 6,24 - € 8,60 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering (afzet spuiwater op eigen land).

Wanneer er echter sprake is van aanpassing van een bestaande stal, is het niet mogelijk om een reële inschatting te maken van de investeringskosten die algemeen geldig is (Bosma, 2003). De benodigde extra investeringen voor het installeren van een luchtwasser op een of meerdere be-

staande stallen, zijn namelijk sterk afhankelijk van de specifieke staluitvoering, met name met betrekking tot het luchtinlaat- en luchtafvoersysteem en de ruimtelijke ligging van de verschillende stallen. Wanneer reeds een centraal afzuigsysteem aanwezig is, zullen de investeringskosten en de exploitatiekosten niet veel afwijken van de waarden uit Tabel 1. Wanneer er echter een volledig nieuw ventilatiesysteem gerealiseerd moet worden om luchtwassing mogelijk te maken, of wanneer de lucht vanuit verschillende stallen, die verspreid over het bedrijf liggen, door één luchtwasser geleid moet worden, zullen de investeringskosten enige malen hoger kunnen liggen dan de waarde in Tabel 1. Een reële inschatting van de investeringskosten van een luchtwasser op een of meerdere bestaande stallen, kan alleen gemaakt worden door in een concreet geval de specifieke situatie door te rekenen, oftewel door het uitvoeren van een case studie.

Wanneer de capaciteit van het benodigde luchtwassysteem ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) groter is dan circa 30.000  $\text{m}^3$ , kan gesteld worden dat verdere opschaling slechts een beperkte invloed zal hebben op de investeringskosten per  $\text{m}^3$  behandelde lucht. De reden hiervoor is dat bijvoorbeeld een twee maal zo grote hoeveelheid lucht in de praktijk meestal behandeld zal worden door twee parallel geschakelde kleinere luchtwassers in plaats van door één grotere luchtwasser. Doordat de kosten van een aantal voorzieningen, bijvoorbeeld een regelcomputer, niet afhangen van de grootte van de luchtwasser of het aantal luchtwassers, zullen de investeringskosten per  $\text{m}^3$  behandelde lucht wel iets dalen wanneer de hoeveelheid te behandelen lucht toeneemt.

Op grond van de berekende kosten in Tabel 1 worden in Tabel 2 de investerings- en exploitatiekosten voor een aantal diercategorieën omgerekend naar de kosten per dierplaats, ervan uitgaand dat de kosten evenredig zijn met het aantal  $\text{kg NH}_3$  dat verwijderd wordt.

De investeringskosten van een standaardstal voor vleesvarkens zonder luchtwasser, bedragen € 400 per dierplaats (excl. BTW) (KWIN-V, 2003). De totale exploitatiekosten van deze standaardstal, dat wil zeggen de som van vaste kosten, mestafzetkosten, big- en voerkosten, water en energiekosten, bedragen circa € 358 per vleesvarkensplaats/jaar (excl. BTW) (Bosma, 2003). Uit Tabel 2 volgt dan dat door installatie van een biologische luchtwassysteem de totale exploitatiekosten van de stal (€ /vleesvarkensplaats/jaar) toenemen met 4 tot 5% (spuiwater afgezet op eigen land) respectievelijk 6 tot 9% (spuiwater afgezet tegen mestafzettarieven).

**Tabel 2** Investerings- en exploitatiekosten (€ / dierplaats, excl. BTW) van biologische wasser voor de behandeling van stallucht <sup>(1)</sup> zoals deze gelden voor een nieuwbouw stal <sup>(2)</sup>.

Diercategorie	Spuiwater afzet volgens mestafzet-tarieven		Spuiwater afzet op eigen land	
	Vleesvarkens en vleeskalveren	Vleeskuikens	Vleesvarkens en vleeskalveren	Vleeskuikens
Code	D 3.4.1, A 4.2	E 5.6	D 3.4.1 en A 4.2	E 5.6
Emissiefactor (kg NH <sub>3</sub> /dpl/jaar) <sup>(3)</sup>	2,5	0,08	2,5	0,08
<b>Investeringskosten (€/dpl)</b>	59	1,90	45	1,45
<b>Exploitatiekosten per jaar (€/dpl)</b>				
<i>Vaste kosten:</i>				
Afschrijving (10%)	5,94	0,19	4,54	0,15
Onderhoud (3%)	1,78	0,06	1,36	0,04
Rente (6%)	1,78	0,06	1,36	0,04
<i>Variabele kosten:</i>				
Elektriciteit	5,50	0,18	5,50	0,18
Water	0,85 - 2,20	0,03 - 0,07	0,85 - 2,20	0,03 - 0,07
Chemicaliën	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater	3,97 - 15,89	0,13 - 0,51	0,93 - 3,72	0,03 - 0,12
<b>Totaal exploitatiekosten</b>	<b>19,83 - 33,10</b>	<b>0,63 - 1,06</b>	<b>14,54 - 18,68</b>	<b>0,47 - 0,60</b>

<sup>(1)</sup> De berekeningen volgen uit Tabel 1 en zijn gebaseerd op de luchtcondities en debieten zoals die het geval zijn voor een vleesvarkensstal. Zie voor een nadere beschrijving van deze standaardstal KWIND-V (2003). Voor andere diersoorten kunnen de bedragen enigszins afwijken. Aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement 70% bedraagt.

<sup>(2)</sup> Voor aanpassing van een bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen worden gegeven. De variabele kosten van de luchtwater zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen.

<sup>(3)</sup> VROM (2002); dpl = dierplaats.

## 2.4 Biofilter

Naast de biowasser bestaat het zogenaamde biofilter. In tegenstelling tot de biowasser, bestaat het pakkingsmateriaal van het biofilter voor het grootste gedeelte uit materiaal van organische oorsprong (bijv. compost, houtsnippers, boomschors, turf, kokosvezels) dat een zeer groot specifiek oppervlak heeft. Er zijn veel onderzoeken gedaan naar de toepassing van het biofilter voor de reiniging van stallucht op (semi) praktijkschaal (zie bijvoorbeeld Eggels en Scholtens, 1989; Asseldonk en Voermans, 1989; Sande-Schellekens en Backus, 1993b; Demmers en Uenk, 1996; Siemers, 1996; Martinec, 2001 en Martinec *et al.*, 2001).

Uit het onderzoek is gebleken dat het erg moeilijk is om de vochtigheid in het biobed voldoende hoog te houden en een gelijkmatige verdeling van het vocht in het gehele biobed te bereiken.

Wanneer de lucht niet wordt voorbevochtigd droogt het biofilter uit wat tot gevolg heeft dat het transport van ammoniak van de lucht- naar de waterfase slecht verloopt en het verwijderingsrendement afneemt. Het probleem van rechtstreekse bevochtiging van het biofilter daarentegen, is dat het erg moeilijk is om een gelijkmatige verdeling van het vocht te bereiken en zo droge en natte plekken in het biobed te voorkomen.

Bovendien gaf het invangen van stof in het biobed vaak problemen. Het invangen van stof heeft tot gevolg dat het bed (deels) verstopt raakt waardoor de drukval over het bed oploopt (hoog energieverbruik) en er kortsluitstromen ontstaan. Als gevolg van kortsluitstromen neemt het effectieve uitwisselingsoppervlak af en dus ook het verwijderingsrendement.

Daarnaast vinden in een biofilter dezelfde processen plaats als in een biologische wasser: evenals in de biologische wasser wordt ammoniak in het biofilter omgezet tot nitriet en nitraat. Om te voorkomen dat het biofilter verzuurt en de bacteriën geremd worden door ophoping van nitraat en/of nitriet, dienen de afbraakproducten afgevoerd te worden. Dit betekent dat er periodiek een hoeveelheid water op het biofilter moet worden gebracht om het gevormde salpeterzuur als percolaat af te voeren. Om te voorkomen dat het opbrengen van water een hoge drukval en het optreden van kortsluitstromen tot gevolg heeft, dient het biobed een voldoende open structuur te hebben.

Wanneer de in het biofilter gevormde zure producten onvoldoende worden afgevoerd, zal de in de ventilatielucht aanwezige ammoniak ervoor zorgen dat er snel verzuring optreedt bij de luchtbelastingen die gangbaar zijn bij biofiltratie (enige honderden  $\text{m}^3$  lucht/ $\text{m}^3$  filtermateriaal/uur). In dat geval zal de werking van het biofilter snel afnemen en zal het filtermateriaal frequent vervangen moet worden, waardoor de exploitatiekosten zeer hoog zullen zijn. Wanneer een lagere luchtbelasting toegepast wordt, zal er minder snel verzuring optreden; hierdoor zullen de kosten echter toenemen aangezien er dan een groter biofilter noodzakelijk is.

Vanwege de problemen met stof, bevochtiging en verzuring, wordt het biofilter vandaag de dag ongeschikt geacht voor de rechtstreekse behandeling van ventilatielucht van een stal.

Het biofilter kan echter wel een geschikte techniek zijn voor vergaande geurreductie, wanneer het ingezet wordt ná een processtap waarin de lucht reeds bevochtigd is en ammoniak en stof uit de ventilatielucht zijn verwijderd. Op deze wijze kan een biofilter gebruikt worden als nageschakelde techniek voor een biowasser of chemische wasser. Het biofilter is commercieel beschikbaar en wordt geleverd door diverse leveranciers. In het algemeen wordt gesteld dat de kosten van een biofilter 30 - 40% lager zijn dan de kosten van een biowasser (Bemmel en Werf, 2002).

## 2.5 Chemische wasser

### 2.5.1 Ontwerp

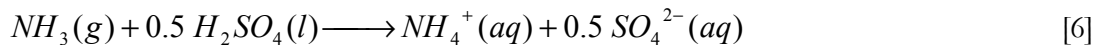
Tezamen met de biologische wasser, is de chemische wasser het meest gangbare systeem voor de verwijdering van ammoniak uit stallucht. De chemische wasser is commercieel beschikbaar en wordt geleverd door diverse leveranciers. In Bijlage 2 is een lijst opgenomen van leveranciers van biologische wassers voor de behandeling van stallucht.

In de praktijk wordt soms een wasser gebruikt die afwijkt van het algemene wasserontwerp dat in paragraaf 2.2 wordt beschreven. Zo bestaat er een lamellenwasser (firma UniQFill, zie Bijlage 2) welke bestaat uit naast elkaar opgestelde verticale filterelementen of lamellen. De lucht stroomt langs de lamellen en de lamellen worden periodiek bevochtigd met de aangezuurde wasvloeistof (Wever en Groot Koerkamp, 1999). Een ander voorbeeld is de ontwikkeling van een wasser door de firma Najade, Wageningen UR en andere partners uit het bedrijfsleven waarbij ventilatielucht geblazen wordt door een aantal geperforeerde platen waar aangezuurde wasvloeistof overheen

stroomt (de zogenaamde GALICOS wasser). Door het intensieve contact tussen lucht en water wordt de lucht niet alleen gewassen maar wordt tevens een deel van de wasvloeistof (i.c. gier) verdampt (Willers *et al.*, 2000).

### 2.5.2 Werkingsprincipe en zuurverbruik

De ammoniakverwijdering in een chemische wasser is er op gebaseerd dat er zuur aan de wasvloeistof wordt toegevoegd waardoor de pH daalt. Dit betekent dat het evenwicht uit reactievergelijking [1] volledig naar rechts wordt getrokken zodat er steeds meer ammoniak in de wasvloeistof kan ingevangen worden. In de praktijk wordt hiervoor zwavelzuur ( $H_2SO_4$ ) gebruikt. Proces-technisch gezien zouden ook andere zuren, zoals bijvoorbeeld salpeterzuur ( $HNO_3$ ), zoutzuur (HCl) of organische zuren zoals azijnzuur ( $CH_3COOH$ ) gebruikt kunnen worden. Behalve dat deze zuren alle duurder zijn dan zwavelzuur, zijn er meer nadelen aan het gebruik verbonden. Bij het gebruik van salpeterzuur kunnen giftige nitreuze dampen ontstaan en het gevormde ammoniumnitraat is in principe explosief. Uit veiligheidsoverwegingen wordt zoutzuur evenmin gebruikt aangezien dit vluchtig is. Het nadeel van het gebruik van organische zuren is dat deze in het algemeen zelf een zeer sterke geur hebben, waardoor de geuremissie van een dergelijke wasser waarschijnlijk iets hoger is dan van een wasser waarin een anorganisch zuur gebruikt wordt. Bovendien moet voorkomen worden dat organisch zuur tijdens de opslag van spuiwater wordt afgebroken door bacteriën, als gevolg waarvan het gebonden ammoniak weer zou vrijkomen. Aangezien alle chemische luchtwassystemen die opgenomen zijn in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (VROM, 2002) uitgaan van het gebruik van zwavelzuur, is het binnen de huidige vergunningverlening niet mogelijk om een ander zuur dan zwavelzuur te gebruiken. In het geval van zwavelzuur ziet de 'overall' reactie van ammoniakverwijdering uit de lucht er als volgt uit:



Per mol ammoniak wordt dus 0,5 mol zwavelzuur gebruikt en er wordt een ammoniumsulfaatoplossing gevormd. De zuurdosering wordt gestuurd met behulp van een pH-meting van het circulatiewater en de frequentie waarmee water gespuid wordt geregeld op grond van een meting van de geleidbaarheid van de wasvloeistof welke een maat is voor de hoeveelheid ammoniumzout die gevormd is.

Uit reactievergelijking [6] volgt dat het zuurverbruik van een chemische wasser gelijk is aan 2,9 kg  $H_2SO_4$  of 1,5 liter  $H_2SO_4$  (98%) per kg  $NH_3$  verwijdering. Uitgaand van een emissiefactor van 2,5 kg  $NH_3$ /vleesvarken/jaar (VROM, 2002), betekent dit dat een bedrijf met 2.000 vleesvarkens bij het gebruik van een chemische wasser een zuurverbruik heeft van 13.750 kg  $H_2SO_4$  oftewel 7,1 m<sup>3</sup>  $H_2SO_4$  (98%) per jaar bij een  $NH_3$ -verwijderingsrendement van 95%.

### 2.5.3 Ammoniakrendement

Met behulp van een chemische wasser kunnen ammoniakverwijderingsrendementen, gedefinieerd als  $1 - (NH_3\text{-uit}/NH_3\text{-in})$ , worden bereikt tot > 95%. In het algemeen is er sprake van een stabiel rendement zonder veel variatie.

## 2.5.4 Energieverbruik

Het energieverbruik van een reguliere chemische wasser is in principe gelijk aan dat van een biologische wasser, en bestaat voornamelijk uit het elektriciteitsverbruik van de waterpomp die zorgt voor de continue versproeiing van waswater over het filterbed. Eveneens zal het ventilatiesysteem van de stal, als gevolg van de drukval die optreedt in de wasser, zwaarder belast worden waardoor het energiegebruik nog enigszins toeneemt.

De toename van het elektriciteitsverbruik bij toepassing van een luchtwasser bedraagt circa 50 kWh per vleesvarkensplaats per jaar (Vrieling *et al.*, 1997) of 0,057 kWh per 1000 m<sup>3</sup> ventilatie.

## 2.5.5 Spuiwaterproductie en waterverbruik

De hoeveelheid spuiwater die geproduceerd wordt hangt af van de ammoniakbelasting van het filter (product van luchtdebiet en ammoniakconcentratie van de ingaande lucht) en van de gewenste concentratie van ammoniumsulfaat in het spuiwater. De maximale concentratie van de zoutoplossing moet ruim onder het oplosbaarheidsproduct of de maximale oplosbaarheid liggen. Op onderstaande wijze kan de minimale grootte van de spuiroom worden berekend (gebaseerd op Scholtens, 1996):

$$Q_{spui} = \frac{RAV_{NH_3} * (Rendement / 100) * 1000}{17 * O_{(NH_4)_2SO_4} * 2 * 365 * 24} \quad [7]$$

met:

- $Q_{spui}$  : minimale spuidebiet (liter/dierplaats/uur)
- $RAV-NH_3$  : emissiefactor volgens Regeling Ammoniak en Veehouderij (kg NH<sub>3</sub>/dierplaats/jaar) (VROM, 2002)
- Rendement : ammoniakverwijderingsrendement (%)
- $O-(NH_4)_2SO_4$  : maximale oplosbaarheid van ammoniumsulfaat = 5,8 mol/liter bij 25°C (ofte wel 11,6 mol H<sup>+</sup>/liter)

Om problemen met kristallisatie te voorkomen wordt het werkelijke spuidebiet ca. 5 maal hoger ingesteld dan het berekende minimale spuidebiet. Dit betekent dat per kg ammoniakverwijdering circa 30 liter spuiwater (ammoniumsulfaatoplossing) wordt geproduceerd. Dit komt overeen met in de praktijk gemeten spuiwaterhoeveelheden (Vrieling *et al.*, 1997). Het spuiwater is een vloeistof die naast het ammoniumzout vooral gesuspenseerde stof bevat. Uitgaand van een ammoniakproductie van 2,5 kg/vleesvarkensplaats/jaar (VROM, 2002) en een ammoniakverwijderingsrendement van 95%, komt de spuiwaterproductie van de chemische wasser uit op 70 liter/vleesvarkensplaats/jaar.

De waarden voor het spuidebiet die met bovenstaande vergelijking worden berekend, zijn 5% lager dan de waarden die opgenomen zijn in de bijlagen behorende bij de beschrijving van de Groen Label gecertificeerde biologische luchtwassers. De reden hiervoor is dat het spuidebiet in vergelijking [7] wordt berekend op basis van het product van de  $RAV-NH_3$  en het verwijderingsrendement, dat wil zeggen 95% voor een chemische luchtwasser, terwijl in de genoemde bijlagen

van de Groen Label beschrijving de hoeveelheid spuiwater wordt berekend op basis van een ammoniakverwijdering van 100%.

Aangezien continu een hoeveelheid water het systeem verlaat met de uitgaande lucht en in de vorm van spuiwater, dient er telkens water aan het systeem toegevoegd te worden. Met de bevochtiging van de ventilatielucht in de wasser van gemiddeld 60% RV (20°C) naar 80% RV (15°C) verdwijnt 1,3 g water/m<sup>3</sup> lucht uit het systeem. Uitgaand van een gemiddeld ventilatiedebiet van 35 m<sup>3</sup>/vleesvarken/uur, een ammoniakproductie van 2,5 kg/dierplaats/jaar (VROM, 2002) en een ammoniakverwijderingsrendement van 95%, komt het totale watergebruik van de chemische wasser uit op 475 liter/vleesvarkensplaats/jaar of circa 200 liter/kg NH<sub>3</sub> verwijdering. Wanneer het spuiwater na denitrificatie deels wordt hergebruikt, zal het waterverbruik lager liggen.

### 2.5.6 Regelgeving spuiwater

Voor het verwijderen van het spuiwater (ammoniumsulfaatoplossing) van een chemische wasser bestaan in theorie vier verschillende mogelijkheden (VROM, 2000):

1. Afvoer van spuiwater als meststof
2. Behandeling van spuiwater (op bedrijf of elders)
3. Op het bedrijf mengen met mest, waarna het mengsel op de bodem wordt gebracht
4. Op de bodem brengen van spuiwater

Centraal hierbij staat dat verspreiding van zwavel richting de bodem ongewenst is zodat het mengen van spuiwater met mest en de afvoer van het mengsel buiten het bedrijf vanuit milieuhygiënisch oogpunt in principe ongewenst is (zie verder onder 1 en 3).

Onderstaande toelichting is overgenomen uit VROM (2000).

Ad 1:

Het geproduceerde spuiwater bevat ammoniumsulfaat. Wanneer om landbouwkundige redenen extra aanvoer van zowel stikstof als zwavel (sulfaat) naar de bodem gewenst is, zou het spuiwater als meststof kunnen aangewend worden. Voor afvoer van spuiwater van het bedrijf als meststof, is een ontheffing noodzakelijk van de Lijst van Meststoffen (zie LNV, 1977) noodzakelijk, welke alleen verleend kan worden wanneer het spuiwater op de bodem wordt gebracht met het oogmerk van gewasproductie. Wanneer een ontheffing is verleend kan het spuiwater als meststof worden vervoerd en/of verhandeld. Voor zover bekend is er in Nederland één leverancier van chemische wassers (firma Bovema, zie Bijlage 2) die een dergelijke ontheffing heeft en het spuiwater van het bedrijf ophaalt waarna het als vloeibare meststof verhandeld wordt.

Ad 2:

Het spuiwater van een chemische wasser kan zowel op het bedrijf als na inzameling op verschillende manieren verder behandeld worden. Door de behandeling kan de samenstelling zodanig wijzigen, dat nuttige toepassing binnen of buiten de landbouw mogelijk wordt.

Ad 3:

Op het eigen bedrijf kan het spuiwater in principe gemengd worden met dierlijke mest waarna toediening van het mengsel plaatsvindt op het eigen bedrijf, mits vaststaat dat toediening van zwavel om landbouwkundige redenen gewenst is. Bij afzet van de mest buiten het bedrijf verdient afzonderlijke afvoer van het spuiwater de voorkeur (zie onder 1 en 2).

Ad 4:

Bij het spuiwater van de biologische wasser (zie paragraaf 2.3.6) werd het op de bodem brengen van spuiwater als mogelijkheid genoemd met een ontheffing van het lozingenbesluit bodembescherming. Voor het spuiwater van een chemische wasser is dit niet mogelijk, aangezien het spuiwater van een chemische wasser juridisch gezien wordt als een zogenaamde "gevaarlijke afvalstof" (zie de Wet milieubeheer (VROM, 1979) en de Europese afvalstoffenlijst (EU, 2001).

Welke van de hierboven beschreven mogelijkheden voor de behandeling van spuiwater van een chemische wasser gebruikt zal worden, dient in elk individueel geval bepaald te worden. Vooral nog wordt er in de kostenberekeningen vanuit gegaan dat er een ontheffing van de Lijst van Meststoffen is zodat het spuiwater van het bedrijf afgevoerd kan worden als meststof, tegen betaling van de gangbare afzetprijs voor mest (zie verder paragraaf 2.5.10).

## 2.5.7 Geurrendement

Een chemische wasser is een zure wasser en vangt dus alleen basische verbindingen en eventueel neutrale verbindingen effectief af. Een aantal geurverbindingen zijn echter zuur van karakter waardoor deze nauwelijks door de wasser afgevangen zullen worden.

Uit onderzoek (Ogink en Lens, 2000; Klarenbeek *et al.*, s.a.) blijkt dat het gemiddelde geurrendement van een chemische wasser ongeveer 30% bedraagt. De variatie in het geurverwijderingsrendement is echter zeer hoog. Opgemerkt dient te worden dat het ontwerp van de huidige chemische luchtwassystemen is gebaseerd op optimalisatie van de ammoniakverwijdering; aan het verbeteren van het geurverwijderingsrendement is nog weinig aandacht geschonken.

## 2.5.8 Reductie broeikasgassen en fijn stof

Er is geen onderzoek bekend waarbij de emissie van broeikasgassen (i.c. lachgas ( $N_2O$ ) en methaan ( $CH_4$ )) uit chemische wassers is gemeten. Het is echter onwaarschijnlijk dat de emissie van lachgas en methaan uit de stal wordt beïnvloed door de werking van de chemische wasser. De oplosbaarheid van lachgas en methaan in het waswater is namelijk laag en er wordt geen biologische activiteit in de wasser verwacht. Aangezien het wassersysteem elektriciteit verbruikt is er natuurlijk wel sprake van een indirecte  $CO_2$  emissie (0,67 kg  $CO_2$ -eq./kWh).

Naar verwachting zal de emissie van fijn stof afnemen met 80 - 100% (Aarnink *et al.*, 2003) doordat het stof ingevangen wordt in de waterfase. Mogelijk functioneert fijn stof als een drager voor geurcomponenten (Geelen, 1986) waardoor het geurrendement van een wasser in werkelijkheid hoger is dan blijkt uit het gemeten geurrendement. Bij het nemen van geurmonsters wordt fijn stof namelijk uit het luchtmonster gefilterd wordt omdat dit anders de geurmeting zou belemmeren; de uiteindelijke bepaling van de geurconcentratie vindt dus plaats met gefilterde lucht. Ech-



ter, de suggestie dat fijn stof functioneert als een belangrijke drager voor geurcomponenten is tot op heden nauwelijks onderbouwd.

Wanneer het ingevangen stof niet voldoende afgevoerd wordt met het spuiwater maar zich ophoopt in het pakkingsmateriaal, kan het gepakte bed langzamerhand verstopt raken waardoor de drukval en het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren toeneemt. Vanwege de relatief hoge stofconcentratie in pluimveestallen<sup>(1)</sup>, is het bij de behandeling van deze lucht noodzakelijk om het wassersysteem te voorzien van een, al dan niet geïntegreerd, systeem voor stofafvang. Voor de chemische luchtwassystemen voor pluimvee die in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (VROM, 2002) zijn opgenomen, is deze eis opgenomen in de beschrijving van de systemen. In de praktijk zal het pakkingsmateriaal van de wasser en/of het stofafvangsysteem meestal 1 à 2 maal per jaar moeten schoongemaakt of vervangen worden als gevolg van vervuiling.

### 2.5.9 Onderhoud en controle

Vanwege het karakter van het chemische wasproces, wordt de chemische wasser gezien als een betrouwbare en stabiele techniek voor het afvangen van ammoniak. Om de werking van het systeem te garanderen dient het systeem regelmatig gecontroleerd te worden door het uitvoeren van onderhoud en metingen. Voor de luchtwassystemen die opgenomen zijn in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (VROM, 2002) geldt dat de veehouder verplicht is een onderhoudscontract en een adviescontract af te sluiten met de leverancier van de luchtwasser. In dit contract moeten in ieder geval de volgende zaken geregeld zijn (Scholtens, 1996; Stichting Groen Label, 2000):

1. Jaarlijkse controlebeurt door de leverancier
2. Wekelijkse controle op de volgende punten:
  - pH van het waswater
  - waswaterdebiet en verdeling over pakket
  - spuidebiet
  - ventilatie
3. Het incidenteel reinigen van het luchtwassysteem

Daarnaast moet de werking van het systeem door een onafhankelijke inspectie worden gecontroleerd waarbij metingen worden uitgevoerd van onder andere het spuidebiet, de pH,  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{SO}_4^{2-}$  concentratie van het spuiwater. Tenslotte kan de vergunningverlener een rendementsmeting van de ammoniakverwijdering van het luchtwassysteem voorschrijven. Een en ander wordt in detail beschreven in Scholtens (1996) en in Stichting Groen Label (2000).

### 2.5.10 Kosten

Voor nieuwbouwstallen is bekend wat de investeringskosten zijn van een standaardstal met een luchtwassysteem in vergelijking met een standaardstal zonder een geïmplementeerd emissiearm systeem (KWIN-V, 2003). Op grond van de investeringskosten uit KWIN-V (2003) en de informatie uit de voorgaande paragrafen worden in Tabel 3 de exploitatiekosten van de chemische wasser berekend. Hierbij wordt uitgegaan van een ammoniakproductie van 2,5 kg/dierplaats/jaar (VROM, 2002) en een verwijderingsrendement van 95%.

---

<sup>(1)</sup> In vergelijking met varkensstallen is de stofconcentratie in pluimveestallen, afhankelijk van het stalsysteem, tot twee maal zo hoog. Gemiddeld bedraagt de stofconcentratie in ventilatielucht uit pluimveestallen 3.6 mg/m<sup>3</sup> (Takai et al., 1998).

**Tabel 3** Investerings- en exploitatiekosten (€ / kg NH<sub>3</sub> verwijdering, excl. BTW) van chemische wasser voor de behandeling van stallucht <sup>(1)</sup> zoals deze gelden voor een nieuwbouw stal <sup>(2)</sup>.

<b>Investeringskosten</b>	18 <sup>(3)</sup>
<b>Exploitatiekosten per jaar</b>	
<i>Vaste kosten:</i>	
Afschrijving (10%)	1,75
Onderhoud (3%)	0,53
Rente (6%)	0,53
<i>Variabele kosten:</i>	
Elektriciteit (29 kWh/kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 0,11)	2,32
Water (0,2 m <sup>3</sup> / kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 1,00/m <sup>3</sup> )	0,20
Chemicaliën (1,5 liter H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%)/kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 0,60/liter)	0,92
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater (30 liter/kg NH <sub>3</sub> verwijdering à € 12,6/m <sup>3</sup> ) <sup>(5)</sup>	0,38
<b>Totaal exploitatiekosten</b>	<b>6,62</b>

<sup>(1)</sup> De berekeningen zijn gebaseerd op de luchtcondities en debieten zoals die het geval zijn voor een vleesvarkensstal. Voor andere diersoorten kunnen de getallen enigszins afwijken.

<sup>(2)</sup> Voor aanpassing van een bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen worden gegeven. De variabele kosten van de luchtwater zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen.

<sup>(3)</sup> Berekend uit KWIN-V (2003). De kosten zijn gebaseerd op een stal met 2160 vleesvarkensplaatsen en een ventilatiecapaciteit van 60 m<sup>3</sup>/dierplaats/uur, dus in totaal 130.000 m<sup>3</sup>/uur. Zie voor een nadere beschrijving van deze standaardstal KWIN-V (2003).

<sup>(5)</sup> De afzet-/verwijderingskosten per m<sup>3</sup> spuiwater zijn gebaseerd op de mestafzettarieven volgens KWIN-V (2003). Wanneer er een ontheffing is verleend van de Lijst van Meststoffen (Meststoffenbesluit 1977) kan het spuiwater mogelijk tegen lagere kosten, circa € 7,50/m<sup>3</sup>, worden afgevoerd (Bovema, 2003).

Op grond van de berekende kosten uit Tabel 3 worden in Tabel 4 de investerings- en exploitatiekosten voor een aantal diercategorieën omgerekend naar de kosten per dierplaats, ervan uitgaand dat de kosten evenredig zijn met het aantal kg NH<sub>3</sub> dat verwijderd wordt.

Zoals uit Tabel 3 blijkt, worden de exploitatiekosten van de chemische wasser voor het grootste deel bepaald door de elektriciteitskosten (35%) en de vaste kosten van de investering (42%).

Wanneer de wassers op grote schaal geproduceerd worden, zullen de investeringskosten waarschijnlijk dalen. Wanneer uitgegaan wordt van een denkbeeldige verlaging van de investeringskosten van 50% bij grootschalige productie, dalen de exploitatiekosten met 21% tot € 5,21 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering.

In tegenstelling tot bij de biologische wasser (zie Tabel 1), spelen de afzetkosten van het spuiwater nauwelijks een rol bij de chemische wasser. Bovendien zijn de investeringskosten van de chemische wasser 32 - 48% lager dan voor de biologische wasser. Dit leidt ertoe dat de exploitatiekosten van de chemische wasser per kg NH<sub>3</sub> verwijdering laag zijn in vergelijking met de biologische wasser.

De exploitatiekosten van de chemische wasser zijn 20 - 38% lager (uitgedrukt per kg NH<sub>3</sub> verwijdering) dan de goedkoopste variant van de biologische wasser, waarbij het spuiwater wordt afgezet op eigen land. Wanneer de kosten echter worden uitgedrukt per dierplaats per jaar (zie Tabel 4), zijn de exploitatiekosten van de chemische wasser net iets hoger dan de goedkoopste variant van de biologische wasser. Dit verschil tussen de kosten per dierplaats en per kg NH<sub>3</sub> verwijdering wordt veroorzaakt door het feit dat de biologische wasser 70% van de ammoniak en de chemische wasser 95% van de ammoniak verwijderd.

Wanneer een vergelijking wordt gemaakt met de duurste variant van de biologische wasser, waarbij het spuiwater wordt afgezet volgens mestafzettarieven, zijn de exploitatiekosten van de chemische wasser 1,3 tot 2,1 maal zo laag (uitgedrukt per dierplaats/jaar) respectievelijk 1,7 tot 2,9 maal zo laag (uitgedrukt per kg NH<sub>3</sub> verwijdering,)

**Tabel 4** Investerings- en exploitatiekosten (€ / dierplaats, excl. BTW) van chemische wasser voor de behandeling van stallucht <sup>(1)</sup> zoals deze gelden voor een nieuwbouw stal <sup>(2)</sup>.

Diercategorie	Vleesvarkens en vleeskalveren	Vleeskuikens
Code	D 3.4.1, A 4.2	E 5.6
Emissiefactor (kg NH <sub>3</sub> /dpl/jaar) <sup>(3)</sup>	2,5	0,08
<b>Investeringskosten (€/dpl)</b>	42 <sup>(3)</sup>	1,33
<b>Exploitatiekosten per jaar (€/dpl)</b>		
<i>Vaste kosten:</i>		
Afschrijving (10%)	4,16	0,13
Onderhoud (3%)	1,25	0,04
Rente (6%)	1,25	0,04
<i>Variabele kosten:</i>		
Elektriciteit	5,50	0,18
Water	0,48	0,02
Chemicaliën	2,18	0,07
Afzet-/Verwerkingskosten spuiwater	0,90	0,03
<b>Totaal exploitatiekosten</b>	15,72	0,50

<sup>(1)</sup> De berekeningen volgen uit Tabel 3 en zijn gebaseerd op de luchtcondities en debieten zoals die het geval zijn voor een vleesvarkensstal. Zie voor een nadere beschrijving van deze standaardstal KWIN-V (2003). Voor andere diersoorten kunnen de bedragen enigszins afwijken. Aangenomen wordt dat het ammoniakverwijderingsrendement 70% bedraagt.

<sup>(2)</sup> Voor aanpassing van een bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen worden gegeven. De variabele kosten van de luchtwasser zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen.

<sup>(3)</sup> VROM (2002); dpl = dierplaats.

Wanneer er echter sprake is van aanpassing van een bestaande stal, is het niet mogelijk om een reële inschatting te maken van de investeringskosten die algemeen geldig is (Bosma, 2003). De benodigde extra investeringen voor het installeren van een luchtwasser op een of meerdere bestaande stallen, zijn namelijk sterk afhankelijk van de specifieke staluitvoering, met name met betrekking tot het luchtinlaat- en luchtafvoersysteem en de ruimtelijke ligging van de verschillende stallen. Wanneer reeds een centraal afzuigstelsel aanwezig is, zullen de investeringskosten en de exploitatiekosten niet veel afwijken van de waarden uit Tabel 3 en 4. Wanneer er echter een volledig nieuw ventilatiesysteem gerealiseerd moet worden om luchtwassen mogelijk te maken, of wanneer de lucht vanuit verschillende stallen, die verspreid over het bedrijf liggen, door één luchtwasser geleid moet worden, zullen de investeringskosten enige malen hoger kunnen liggen dan de waarden in Tabel 3 en 4. Een reële inschatting van de investeringskosten van een luchtwasser op een of meerdere bestaande stallen, kan alleen gemaakt worden door in een concreet geval de specifieke situatie door te rekenen, oftewel door het uitvoeren van een case studie. Wanneer de capaciteit van het benodigde luchtwassersysteem (m<sup>3</sup>/uur) groter is dan circa 30.000 m<sup>3</sup>, kan gesteld worden dat verdere opschaling slechts een beperkte invloed zal hebben op de investeringskosten per m<sup>3</sup> behandelde lucht. De reden hiervoor is dat bijvoorbeeld een twee maal zo

grote hoeveelheid lucht in de praktijk meestal behandeld zal worden door twee parallel geschakelde kleinere luchtwassers in plaats van door één grotere lucht wasser. Doordat de kosten van een aantal voorzieningen, bijvoorbeeld een regelcomputer, niet afhangen van de grootte van de luchtwasser of het aantal luchtwassers, zullen de investeringskosten per m<sup>3</sup> behandelde lucht wel iets dalen wanneer de hoeveelheid te behandelen lucht toeneemt.

De investeringskosten van een standaardstal voor vleesvarkens zonder luchtwasser, bedragen € 400 per dierplaats (excl. BTW) (KWIN-V, 2003). De totale exploitatiekosten van deze standaardstal, dat wil zeggen de som van vaste kosten, mestafzetkosten, big- en voerkosten, water en energiekosten, bedragen circa € 358 per vleesvarkensplaats/jaar (excl. BTW) (Bosma, 2003). Uit Tabel 4 volgt dan dat door installatie van een chemische luchtwassysteem de totale exploitatiekosten van de stal (€/vleesvarkensplaats/jaar) toenemen met 4%.

## 2.6 Katalytische oxidatie

Naast de reeds beschreven biologische en chemische wasser, kan stallucht bijvoorbeeld gereinigd worden met behulp van thermische processen, zoals katalytische oxidatie. Bij dit proces worden de in de stallucht aanwezige componenten verbrand bij een temperatuur van enige honderden °C in de aanwezigheid van een katalysator. Bij een goedlopend proces wordt ammoniak geoxideerd tot N<sub>2</sub> en methaan tot CO<sub>2</sub>; tevens worden geurverbindingen vergaand verwijderd. Vanwege de lage concentratie van de componenten is de energie die vrijkomt bij verbranding echter onvoldoende om het proces in gang te houden. Daarom is het nodig stallucht op te warmen hetgeen een hoog energieverbruik met zich meebrengt. Uit kostenberekeningen van Monteny *et al.* (1998) blijkt dat de investeringskosten van een dergelijk katalytisch verbrandingssysteem ongeveer € 135 / vleesvarkensplaats zijn (incl. inflatiecorrectie); dit is 2 tot 3 maal zo hoog als de investeringskosten van een biologisch of chemisch luchtwassysteem. De energiekosten van het katalytische oxidatie systeem zijn zelfs 100 maal zo hoog, circa € 430 / vleesvarkensplaats / jaar (incl. inflatiecorrectie; Monteny *et al.*, 1998). De exploitatiekosten komen zo uit op ongeveer € 450 / vleesvarkensplaats / jaar, en zijn daarmee 15 tot 30 maal zo hoog als de biologische en chemische wasser. Mogelijk dat nader onderzoek, bijvoorbeeld naar het gebruik van andere katalysatoren, een kostenverlaging met zich mee zal brengen.

Geconcludeerd wordt dat katalytische oxidatie, in tegenstelling tot chemische en biologische wassersystemen, zowel ammoniak als methaan en geurverbindingen vergaand kan verwijderen. Op dit moment is katalytische oxidatie echter niet economisch rendabel in vergelijking met biologische en chemische wassers en wordt daarom verder buiten beschouwing gelaten in dit rapport.

## 3 Evaluatie luchtbehandelingstechnieken

### 3.1 Samenvatting

In Tabel 5 wordt een samenvattend overzicht gegeven van de eigenschappen van de hiervoor beschreven biologische en chemische wasser voor de behandeling van stallucht. Katalytische oxidatie wordt buiten beschouwing gelaten vanwege de hoge kosten.

**Tabel 5** Eigenschappen biologische en chemische wasser voor de behandeling van stallucht (1).

	Biologische wasser (2)	Chemische wasser
Ammoniakreductie (gem.)	70%	95%
Geurreductie (gem.) (3)	ca. 40 - 50%	ca. 30%
Directe emissie van N <sub>2</sub> O en CH <sub>4</sub>	waarschijnlijk toename emissie	neutraal
Indirecte broeikasgasemissie(kg CO <sub>2</sub> -eq./kg NH <sub>3</sub> verwijdering) (4)	16	12
Stofreductie	80 - 100%	80 - 100%
Productie spuiwater	0,2 - 0,7 m <sup>3</sup> /kg NH <sub>3</sub> verwijdering	30 liter/kg NH <sub>3</sub> verwijdering
Waterverbruik	0,5 - 1,3 m <sup>3</sup> /kg NH <sub>3</sub> verwijdering	0,2 m <sup>3</sup> /kg NH <sub>3</sub> verwijdering
Chemicaliëngebruik	n.v.t.	1,5 liter H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (98%) per kg NH <sub>3</sub> verwijdering (5)
Elektriciteitsverbruik	0,057 kWh per 1000 m <sup>3</sup> ventilatie	0,057 kWh per 1000 m <sup>3</sup> ventilatie
Robuustheid proces / betrouwbaarheid	+ -	++
Verstopingsgevaar	--	-
<i>Kosten:</i>		
Investeringskosten in geval van nieuwbouw (€, excl. BTW) (6)	26 - 34 per kg NH <sub>3</sub> verwijdering (7)	18 per kg NH <sub>3</sub> verwijdering
	45 - 59 per vleesvarkensplaats	42 per vleesvarkensplaats
	1,5 - 1,9 per vleeskuikenplaats	1,3 per vleeskuikenplaats
	45 - 59 per vleeskalverplaats	42 per vleeskalverplaats
Exploitatiekosten in geval van nieuwbouw (€, excl. BTW) (6)	8,3 - 19 per kg NH <sub>3</sub> verwijdering (7)	6,6 per kg NH <sub>3</sub> verwijdering
	15 - 33 per vleesvarkensplaats/jaar	16 per vleesvarkensplaats/jaar
	0,5 - 1,1 per vleeskuikenplaats/jaar	0,5 per vleeskuikenplaats/jaar
	15 - 33 per vleeskalverplaats/jaar	16 per vleeskalverplaats/jaar

(1) De achterliggende berekeningen zijn gebaseerd op de ammoniakemissie, ventilatiedebiet en mestproductie zoals die het geval zijn voor vleesvarkens. Voor andere diersoorten kunnen de getallen enigszins afwijken.

(2) Zonder denitrificatie stap.

(3) Er is sprake van een zeer grote spreiding.

(4) Als gevolg van het gebruik van elektriciteit wordt een indirecte emissie van 0,67 kg CO<sub>2</sub>-eq./kWh aan het systeem toegerekend.

(5) 1,5 liter H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (98%) heeft een gewicht van 2,9 kg.

(6) Voor aanpassing van een reeds bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen voor een wasser worden gegeven. De variabele kosten van de luchtwasser zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen; de exploitatiekosten zijn de som van de variabele kosten en de vaste kosten (afschrijving, onderhoud, rente). Wanneer aangenomen wordt dat de investeringskosten met 50% zouden dalen bij grootschalige productie van de wassersystemen, zouden de exploitatiekosten 14 - 25 % kunnen afnemen.

(7) De grote range in de investerings- en exploitatiekosten van de biologische wasser wordt grotendeels veroorzaakt door de wijze waarop het spuiwater wordt afgezet: op eigen land (relatief goedkoop) of tegen mestafzetterieven (relatief duur).

Opgemerkt moet worden dat de kosten die in Tabel 5 worden genoemd, betrekking hebben op de extra investerings- en exploitatiekosten zoals die gelden voor een nieuwbouw stal met luchtwasser, in vergelijking met een nieuwbouwstal zonder luchtwasser. Wanneer er sprake is van een of meerdere reeds bestaande stallen, zal de situatie ter plaatse doorgerekend moeten worden om een realistische inschatting van de investerings- en exploitatiekosten te kunnen maken. In de volgende paragrafen worden de knelpunten bij toepassing van een luchtwassysteem nader besproken en wordt getracht mogelijke oplossingen te formuleren.

## 3.2 Analyse van kosten en mogelijkheden tot kostenverlaging

### 3.2.1 Kosten reguliere wasser

Luchtwassystemen kunnen geleverd worden door diverse leveranciers en er is reeds jaren praktijkervaring met deze technologie. De reden dat luchtwassers echter niet op grote schaal worden toegepast binnen de intensieve veehouderij, lijkt te wijten te zijn aan de te hoog geachte exploitatiekosten. Uitgaand van een nieuwbouwstal, bedragen de exploitatiekosten € 9 - € 25 (excl. BTW) per kg NH<sub>3</sub> verwijdering voor een biologische wasser en € 7 (excl. BTW) per kg NH<sub>3</sub> verwijdering voor een chemische wasser <sup>(1)</sup>. Wanneer we praten over luchtwassing als mogelijk alternatief voor bedrijfsverplaatsing, is er echter sprake van een of meerdere reeds bestaande stallen. Zoals reeds opgemerkt kan er geen algemeen geldende kostenberekening worden gemaakt voor de uitbreiding van een of meerdere bestaande stallen met een luchtwassysteem. De reden hiervoor is dat zijn de verschillen tussen specifieke praktijksituaties te groot zijn. In het meest positieve geval zijn de kosten gelijk aan de kosten die in Tabel 5 worden genoemd, in het meest negatieve geval kunnen de kosten enige malen hoger zijn.

Uit de kostenevaluatie blijkt dat de exploitatiekosten van een luchtwasser voor 29 - 50% worden gevormd door de vaste kosten van de investering (afschrijving, rente en onderhoud) en dat 50 - 71% van de exploitatiekosten wordt gevormd door de variabele kosten, uitgaande van een nieuwbouwstal. De variabele kosten worden voor het belangrijkste deel bepaald door het elektriciteitsverbruik (zowel biologische als chemische wasser) en door de afzetkosten van het spuiwater (vooral biologische wasser).

Dit betekent dat een eventuele sterke verlaging van de investeringskosten, bijvoorbeeld als gevolg van een grootschalige organisatie van de wasserproductie of door middel van een investerings-subsidie, slechts een beperkte daling van de exploitatiekosten tot gevolg heeft. Uit berekeningen blijkt dat wanneer de investeringskosten met 50% dalen, de exploitatiekosten van een wasser met 14 - 25% zouden afnemen.

In paragraaf 3.2.4 wordt ingegaan op de mogelijkheden die bestaan om de kosten van de wasser te verlagen.

### 3.2.2 Kosten van overige emissie-arme stalsystemen

Naast het toepassen van een luchtwasser is het mogelijk om de ammoniakemissie uit een stal te beperken door middel van toepassing van een aantal andere emissie-arme huisvestingssystemen.

---

<sup>(1)</sup> Zie Tabel 5 voor de kosten uitgedrukt per dierplaats/jaar.

In KWIN-V (2003) wordt een overzicht gepresenteerd van de kosten van zowel biologische en chemische luchtwassystemen, als van andere emissie-arme stalsystemen. In Tabel 6 worden de investerings- en exploitatiekosten van deze emissie-arme stalsystemen gegeven voor de categorie vleesvarkens, uitgaande van een nieuwbouwstal. Hieruit worden vervolgens de kosten berekend per kg gerealiseerde NH<sub>3</sub> emissiereductie, uitgaande van een emissiefactor van 2,5 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarkensplaats/jaar voor een traditioneel stalstelsel. De gepresenteerde systemen voldoen allen aan de dat de emissie van een nieuwbouwstal maximaal 1,2 kg NH<sub>3</sub> per vleesvarkensplaats/jaar bedraagt (VROM, 2001).

**Tabel 6** Extra kosten voor emissie-arme stalsystemen en luchtwassers voor de diercategorie vleesvarkens (incl. BTW), in geval van nieuwbouw (KWIN-V, 2003) <sup>(1)</sup>.

Systeem met emissiefactor (kg NH <sub>3</sub> /vlv/jaar) <sup>(2)</sup>	Investeringskosten		Exploitatiekosten	
	(€/vlv)	(€/kg NH <sub>3</sub> verwijdering) <sup>(3)</sup>	(€/vlv/jaar)	(€/kg NH <sub>3</sub> ver- wijdering) <sup>(3)</sup>
1 Mestopvang in en spoelen met zuur (1,1)	69	49,3	13	9,3
2 Koeldekstelsel - 200% (1,2)	49	37,7	8	6,2
3 Mestkanaal met schuine putwand en metalen driekantrooster - IC-V stelsel (1,0)	56	37,3	7	4,7
4 Mestkanaal met schuine putwand en betonnen roosters - IC-V stelsel (1,2)	36	24,0	4	2,7
9 Biologisch luchtwasselsel (1,1)	71	54,6	23	17,7
- spuiwater afzet op eigen land	54	38,6	16	11,4
10 Chemisch luchtwasselsel (0,18)	50	21,6	14	6,0

<sup>(1)</sup> Voor aanpassing van een reeds bestaande stal kunnen geen algemeen geldende investeringsbedragen worden gegeven. De variabele kosten van het stalstelsel zijn wel gelijk voor bestaande en nieuwbouw stallen; de exploitatiekosten zijn de som van de variabele kosten en de vaste kosten (afschrijving, onderhoud, rente).

<sup>(2)</sup> vlv = vleesvarkensplaats. Emissiefactoren zoals opgenomen in VROM (2002).

<sup>(3)</sup> De ammoniakverwijdering wordt berekend t.o.v. een emissiefactor van 2,5 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarkensplaats/jaar voor een traditioneel stalstelsel. Wanneer uitgegaan wordt van een emissiefactor van 3,5 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarkensplaats/jaar voor een traditioneel stalstelsel, liggen de berekende investerings- en exploitatiekosten per kg NH<sub>3</sub> verwijdering 42% lager.

Uit Tabel 6 volgt dat van alle systemen de exploitatiekosten per vleesvarkensplaats/jaar het hoogst zijn voor de biologische en chemische wasser. Wanneer de exploitatiekosten echter worden uitgedrukt per kg NH<sub>3</sub> verwijderd, scoort de chemische luchtwasser veel beter en is dan het op twee na goedkoopste stelsel (na stelsel 2 en stelsel 4).

Desalniettemin kan geconcludeerd worden dat stelsel 4 ("Mestkanaal met schuine putwand en betonnen roosters, IC-V stelsel") het meest kosteneffectief is van de in Tabel 6 genoemde systemen. Vanuit bedrijfseconomische oogpunt zal een veehouder dus eerder geneigd zijn een dergelijk stelsel aan te schaffen dan een chemische of biologische luchtwasser.

Opgemerkt moet worden dat er met de chemische wasser wel een verdergaande ammoniakemissiereductie per dierplaats bereikt kan worden dan met de andere systemen. Bij een chemische wasser bedraagt de emissiefactor 0,18 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarkensplaats/jaar, terwijl de emissie van sys-

teem 4 ("Mestkanaal met schuine putwand en betonnen roosters, IC-V systeem") 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarkensplaats/jaar bedraagt, dus bijna 7 maal zo hoog.

Daarnaast hangt de emissiereductie van veel emissie-arme stalsystemen af van de wijze waarop het systeem in de praktijk wordt bedreven, oftewel het management in de stal. Bovendien is de daadwerkelijke emissiereductie van veel emissie-arme stalsystemen moeilijk te meten.

Voor wassers daarentegen geldt dat deze automatisch geregeld worden op grond van ingestelde parameters waardoor de werking veel minder afhankelijk is van externe managementfactoren.

Bovendien kan de werking van een wasser direct gecontroleerd worden door meting van de emissiereductie die gerealiseerd wordt.

### 3.2.3 Kosten van reconstructie

In het kader van de reconstructie (zie paragraaf 1.1.2) kan de emissie van ammoniak in een gebied worden verlaagd door een veehouderijbedrijf te verplaatsen naar een locatie buiten dit gebied.

Een belangrijke vraag is hoe de kosten van ammoniakemissiereductie door bedrijfsverplaatsing in verhouding staan tot de kosten van het installeren van een luchtwassysteem op een of meerdere reeds bestaande stallen.

Om enig idee te krijgen van de orde van grootte van de kosten van bedrijfsverplaatsing, wordt een oriënterende berekening gemaakt van de kosten van bedrijfsverplaatsing. Als richtbedrag wordt aangenomen dat de kosten van verplaatsing van een veehouderijbedrijf ongeveer € 600.000,- bedragen, voor een bedrijf van circa 100 NGE (Nederlandse grootte-eenheden) (Werken, 2003). In een concreet geval zullen de kosten van bedrijfsverplaatsing hoger of lager uitvallen, afhankelijk van de specifieke situatie van het bedrijf. Hierbij speelt bijvoorbeeld een rol voor welk deel het bestaande bedrijf reeds afgeschreven is, of het bestaande bedrijf reeds aan de emissienormen uit de AMvB Huisvesting (VROM, 2001) voldoet en wat de omvang van het bedrijf is. Voor het kwetsbare gebied waarin zich een vleesvarkensbedrijf bevindt dat verplaatst wordt, geldt dat de emissie omlaag gaat van 2,5 naar 0 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar. Uitgaand van 0,049 NGE/vleesvarken volgt dat bedrijfsverplaatsing een investering van ongeveer € 118 / kg NH<sub>3</sub> emissiereductie vraagt. Voor de jaarkosten van een dergelijke investering (afschrijving, rente, onderhoud) wordt aangenomen dat deze ongeveer 15% bedragen. Wanneer deze jaarkosten geheel worden toegeschreven aan de emissiereductie van ammoniak in het kwetsbare gebied, bedragen de kosten van bedrijfsverplaatsing dus  $0,15 \times 118 = \text{€ } 18$  / kg NH<sub>3</sub> verwijdering<sup>(1)</sup>. Desgewenst kan bovenstaande berekening voor een concrete casus van een veehouderijbedrijf dat mogelijk verplaatst wordt in het kader van de reconstructie, nader gespecificeerd en gedetailleerd worden. Wanneer er buiten het kwetsbare gebied een nieuw vleesvarkensbedrijf wordt gebouwd zal dit bedrijf een maximale emissie hebben van 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar volgens de AMvB Huisvesting (VROM, 2001). De emissie van Nederland als geheel is door de bedrijfsverplaatsing dan afgenomen van 2,5 naar 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar. Wanneer de kosten van bedrijfsverplaatsing op vergelijkbare wijze als hierboven worden berekend op grond van een emissiereductie van 2,5 naar 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar, bedragen deze € 34 / kg NH<sub>3</sub> verwijdering.

---

<sup>(1)</sup> In deze berekening wordt alleen rekening gehouden met de reductie van de ammoniak-emissie als gevolg van bedrijfsverplaatsing. Andere aspecten van reconstructie en bedrijfsverplaatsing worden hier buiten beschouwing gelaten.



Wanneer we in het kader van de reconstructie spreken over luchtbehandeling als mogelijk alternatief voor bedrijfsverplaatsing, is er sprake van een bestaand bedrijf met een of meerdere bestaande stallen dat uitgebreid wordt met een luchtwassysteem. Zoals reeds besproken is het niet mogelijk om hiervoor een algemeen geldende kostenberekening te maken.

Het is daarom noodzakelijk om voor elk concreet veehouderijbedrijf dat mogelijk verplaatst wordt in het kader van de reconstructie, uit te rekenen wat de investeringskosten zijn om dat specifieke bedrijf uit te rusten met een luchtwassysteem (case-studie). De variabele kosten (kosten van elektriciteit, water, chemicalien en afzetkosten voor spuiwater) hoeven overigens niet steeds opnieuw uitgerekend te worden; deze kunnen direct afgelezen worden uit Tabel 2 tot en met Tabel 4 uit dit rapport. Tenslotte kunnen voor elke casus de berekende exploitatiekosten van het luchtwassysteem vergeleken worden met de berekende kosten van verplaatsing van het veehouderijbedrijf.

### 3.2.4 Mogelijkheden voor kostenverlaging wasser

Wanneer de exploitatiekosten van de chemische en biologische luchtwasser verlaagd kunnen worden, zou het potentieel voor de toepassing van deze systemen sterk verhoogd kunnen worden. Hieronder worden vier mogelijkheden voor kostenverlaging nader uitgewerkt.

#### *a Verlaging energiegebruik*

Uit de economische analyse in hoofdstuk 2 blijkt dat een aanzienlijk deel van de exploitatiekosten van zowel biologische als chemische wassers wordt uitgemaakt door het elektriciteitsverbruik (kosten hiervan bedragen 17 - 38% van de exploitatiekosten).

Het is daarom belangrijk om systemen te ontwikkelen waarbij de luchtstroom slecht een beperkte drukval behoeft te overwinnen en waarbij het energie-intensieve rondpompen van waswater wordt beperkt. Voorbeelden van technieken waarbij een verlaging van het energieverbruik wordt nagestreefd zijn de in paragraaf 2.5.1 genoemde lamellenwasser (ontwikkeld door UniQFill) en de Galicos wasser (in ontwikkeling door consortium van Wageningen UR en bedrijfsleven). Desalniettemin blijft onderzoek hiernaar gewenst.

#### *b Vermindering spuiwaterproductie*

In hoofdstuk 2 is berekend dat de afzetkosten van het spuiwater van een chemische wasser slechts beperkt zijn (6% van de exploitatiekosten). Bij de biologische wasser kunnen de afzetkosten van het spuiwater echter aanzienlijk zijn (tot 48% van de exploitatiekosten). Er bestaan verschillende mogelijkheden om de hoeveelheid spuiwater uit een biologische wasser te beperken die hieronder nader worden toegelicht.

In een biologische luchtwasser wordt nitraat en nitriet gevormd dat zich ophoopt in het spuiwater. De afzetkosten van het spuiwater zijn voornamelijk gebaseerd op de hoeveelheid stikstof die zich in die vorm in het spuiwater bevindt. Wanneer de biologische luchtwasser wordt gecombineerd met een denitrificatie-bassin, worden nitraat en nitriet omgezet in principe omgezet naar onschadelijk  $N_2$ , waaruit 80% van de atmosfeer bestaat (zie paragraaf 2.3.2, reactievergelijking [4]). Het resterende spuiwater bevat bij succesvolle denitrificatie nauwelijks enige stikstof en zal tegen veel lagere kosten afgezet of over land versproeid kunnen worden (zie VROM, 1998). Bedacht moet worden dat tijdens denitrificatie naast  $N_2$  ongewenste gassen kunnen ontstaan zoals

N<sub>2</sub>O, hetgeen een zeer sterk broeikasgas is. Het is daarom noodzakelijk om de goede werking van het systeem te garanderen middels een programma voor onderhoud en controle (zie ook paragraaf 2.3.9 en 3.4).

Een andere manier om de hoeveelheid spuiwater te reduceren is het concentreren van het spuiwater met behulp van membraantechnologie. De bedoeling is om zo een concentraat en een relatief schoon permeaat te maken; het permeaat kan vervolgens in de luchtwater worden gerecirculeerd. Nader onderzoek is noodzakelijk voor de ontwikkeling van deze techniek.

Uiteraard zal de toepassing van additionele technieken een verhoging van de investeringskosten tot gevolg hebben.

#### *c Vermindering ventilatiedebiet van stal*

Een geheel andere wijze om de kosten van een luchtwater te beperken, is het verminderen van het ventilatiedebiet van een stal. Wanneer het ventilatiedebiet per dierplaats lager is, zal de omvang van de water eveneens kleiner zijn waardoor de exploitatiekosten zullen dalen.

Het ventilatiedebiet van een mechanisch geventileerde stal is in de eerste plaats gericht op het afvoeren van de warmte die in de stal wordt geproduceerd door de dieren. Het ventilatiedebiet wordt geregeld op grond van de temperatuur in de stal en het streven is de ventilatie zo in te stellen dat de ingestelde maximumtemperatuur in de stal juist bereikt wordt. Het maximum ventilatiedebiet wordt bepaald door de capaciteit van het ventilatiesysteem en het minimum ventilatiedebiet wordt bepaald door de hoeveelheid lucht die minimaal ververst moet worden om de luchtcondities in de stal met betrekking tot stof en ammoniak op een voor de dieren acceptabel niveau te houden (als indicator hiervoor wordt vaak CO<sub>2</sub> gehalte gebruikt).

Het actuele ventilatiedebiet wordt naast de warmteproductie van de dieren in de stal eveneens bepaald door de warmte die van buiten de stal wordt aangevoerd met de ventilatielucht (zowel voelbare als latente warmte). Wanneer de buitentemperatuur toeneemt, zal het ventilatiedebiet van de stal toenemen om de temperatuur in de stal gelijk te houden; wanneer de buitentemperatuur afneemt, zal het ventilatiedebiet van de stal afnemen tot het ingestelde minimum ventilatiedebiet. Voor vleesvarkens geldt dat het ventilatiedebiet in de praktijk varieert van 10 - 90 m<sup>3</sup>/dierplaats/uur (gemiddeld 35 m<sup>3</sup>/dierplaats/uur) (Mol, 2003). De huidige norm voor het minimale ventilatiedebiet bij vleesvarkens bedraagt gemiddeld 12 m<sup>3</sup>/dierplaats/uur (Klimaatplatform, 2002).

Wanneer door koeling van de ingaande lucht en/of door koeling van de vloer voldoende warmte kan worden afgevoerd, kan het gemiddelde ventilatiedebiet van een vleesvarkensstal dus maximaal teruggebracht worden met een factor drie van gemiddeld 35 tot 12 m<sup>3</sup>/vleesvarken/uur. Het ventilatiedebiet kan nog verder teruggebracht worden dan het gangbare minimum ventilatiedebiet, door niet alleen de lucht te koelen, maar de lucht eveneens in een gesloten systeem te recirculeren en de voor de dieren schadelijke stoffen (stof, NH<sub>3</sub>, geur, CO<sub>2</sub>) uit de lucht te verwijderen in een luchtconditioneringsunit. Stalontwerpen waarin conditionering en recirculatie van lucht plaatsvinden bevinden zich nog in een experimenteel stadium. Als voorbeeld kan het experimentele "BB Air stalsysteem" voor vleesvarkens worden genoemd waarin door recirculatie het ventilatiedebiet met ongeveer 80% verlaagd zou worden (Tolsma, 2000; Bodde, 2000). De extra investeringskosten van een dergelijk systeem zouden ongeveer € 320 / vleesvarkensplaats bedragen. Technieken voor de koeling van ingaande lucht en/of de vloer zijn verder doorontwikkeld maar

worden tot op heden in de praktijk nauwelijks toegepast. De reden hiervoor is dat de extra kosten van een koelsysteem, circa € 14 per vleesvarkensplaats/jaar (berekend uit Huijben en Hoofs (1997)), in het algemeen niet opwegen tegen de verlaging van de kosten van het ventilatiesysteem. Wanneer echter verlaging van het ventilatiedebiet eveneens een kostenverlaging van een te installeren luchtwasser tot gevolg heeft, wordt het natuurlijk veel eerder rendabel om koeling van de lucht of de vloer toe te gaan passen dan wanneer er geen sprake is van een luchtwasser. Bovendien kunnen (delen van) een conditioneringsunit, een koelsysteem en een luchtwasser mogelijk geïntegreerd waardoor wederzijdse voordelen behaald zouden kunnen worden. Nader onderzoek is noodzakelijk om dergelijke combinatiesystemen te ontwikkelen en een eventuele kostenverlaging in kaart te brengen.

#### *d Piekbelasting*

Het benodigde ventilatiedebiet van een stal is op zijn hoogst wanneer de dieren op het maximale gewicht zijn (de warmteproductie van de dieren neemt proportioneel toe met het gewicht) en tegelijkertijd de weercondities dusdanig zijn dat de warmte-inhoud van de aangevoerde buitenlucht (een combinatie van temperatuur en luchtvochtigheid) hoog is. Het mechanische ventilatiesysteem in een stal is normalerwijze dusdanig gedimensioneerd dat er ook onder deze condities voldoende geventileerd kan worden om de temperatuur in de stal op het gewenste niveau te houden. Een luchtwasser wordt in principe gedimensioneerd op grond van deze piekbelasting.

Wanneer echter het ventilatiedebiet door het jaar heen wordt geanalyseerd, blijkt dat er slechts gedurende een korte periode sprake is van dit maximale debiet. Het is denkbaar om een luchtwasser dusdanig te dimensioneren dat deze maximaal een debiet kan behandelen dat 75% van het maximale ventilatiedebiet van de stal bedraagt. Op de tijden dat het ventilatiedebiet van de stal te hoog is om in zijn geheel in de luchtwasser behandeld te worden, wordt een deel van de ventilatielucht niet door de wasser maar via een bypass rechtstreeks naar buiten geleid. Aangezien deze situatie slechts gedurende een beperkt deel van het jaar voorkomt en in dat geval nog steeds 75% van de lucht wél behandeld wordt, zal de toename van de gemiddelde uitstoot van ammoniak slechts beperkt zijn. Daar tegenover staat dat op deze manier volstaan kan worden met een kleinere wasser waardoor de kosten van de luchtbehandeling aanzienlijk zullen kunnen dalen.

Daarnaast geldt voor een chemische wasser (95% ammoniakverwijdering) dat de emissie veel lager is dan de in de AMvB Huisvesting voorgeschreven emissiefactor van 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar (VROM, 2001). Wanneer slechts aan deze emissiefactor voldaan behoeft te worden is het niet noodzakelijk om alle ventilatielucht van het bedrijf te behandelen met een chemische luchtwasser. Het zou dan voldoende zijn om slechts een deel van de stallen op het bedrijf te voorzien van een luchtwasser. Wanneer er echter sprake is van een kwetsbaar gebied zal een emissiereductie tot 1,2 kg NH<sub>3</sub>/vleesvarken/jaar waarschijnlijk onvoldoende zijn.

### **3.3 Geurverwijdering**

De besproken luchtwassystemen hebben slechts een beperkte capaciteit voor de verwijdering van geurcomponenten. De biologische wasser realiseert een geurverwijdering van 40 - 50% en de chemische wasser scoort iets lager met ongeveer 30%.

Er bestaan verschillende mogelijkheden voor het verhogen van de geurverwijdering door luchtwassystemen:

1. Naschakeling van bestaande technieken, bijvoorbeeld een biofilter, of een oxidatiestap (bijvoorbeeld UV licht of chemisch).
2. Verbetering van de huidige generatie wassers door kleine aanpassingen van de processturing en het ontwerp. Vooral nog zijn de processturing en het ontwerp alleen gericht geweest op optimalisatie van de ammoniakverwijdering.
3. Ontwikkeling van nieuwe luchtwastechnieken en (nageschakelde) technieken die niet alleen gericht zijn op  $\text{NH}_3$  verwijdering, maar ook op geurverwijdering. Dergelijke nieuwe technieken zouden als alternatief voor de huidige luchtwassers kunnen toegepast worden.

De verwachting is dat op de hierboven beschreven wijze inderdaad luchtwassystemen ontwikkeld kunnen worden met een verdergaande geurverwijdering, zonder dat afbreuk wordt gedaan aan het verwijderingsrendement van ammoniak. Zonder nader experimenteel onderzoek is echter niet in te schatten welke geurverwijdering te bereiken is en welke kosten hiermee gepaard gaan.

### **3.4 Bedrijfszekerheid en controle**

Om er zeker van te zijn dat luchtwassystemen in de praktijk naar behoren (blijven) functioneren, is het noodzakelijk dat er een doeltreffend systeem van controle en onderhoud wordt toegepast. Het is niet voldoende te weten dat een luchtwassysteem goed functioneert op het moment dat het juist geïnstalleerd is. In paragraaf 2.3.9 en 2.5.9 is reeds in detail aangegeven welk programma van controle en onderhoud noodzakelijk is om de werking van het luchtreinigingsproces te garanderen. Wanneer er onvoldoende onderhouds- en controle werkzaamheden worden uitgevoerd, is het gevaar groot dat het luchtwassysteem na enige tijd niet meer goed functioneert en dat de beoogde emissiereductie niet wordt behaald.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

Op grond van de resultaten van deze studie worden de volgende conclusies en aanbevelingen geformuleerd:

1. Met behulp van zowel chemische wassers als biologische wassers kan een vergaande ammoniakverwijdering worden bereikt (95% resp. 70%). De geurverwijdering bedraagt circa 30% voor een chemische en 40 tot 50% voor een biologische wasser. Bovendien wordt de emissie van fijn stof door beide wassers tegengegaan.
2. Voor een nieuwbouwstal geldt dat de exploitatiekosten (excl. BTW) van een chemische wasser € 7 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering bedragen (€ 16 per vleesvarkensplaats/jaar) en dat de exploitatiekosten van een biologische wasser € 8 tot € 19 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering bedragen (€ 15 tot € 33 per vleesvarkensplaats/jaar). Voor een biologische wasser hangen de exploitatiekosten sterk af van de wijze waarop het spuiwater wordt afgezet: aanwending op eigen land is relatief goedkoop en afzet tegen reguliere mestafzetterieven is relatief duur. Daarnaast geldt voor zowel de chemische als biologische wasser dat de elektriciteitskosten en de vaste kosten van de investering een aanzienlijk deel van de exploitatiekosten uitmaken. De toepassing van een luchtwassysteem bij een nieuwbouwstal leidt tot een stijging van de exploitatiekosten per dierplaats van 4% voor een chemische wasser en van 4 tot 9% voor een biologische wasser.
3. De exploitatiekosten van een chemische luchtwasser worden voor 42% uitgemaakt door de vaste kosten van de investering, uitgaande van een nieuwbouwstal. Voor de biologische wasser is dit 29 tot 50%, afhankelijk van de wijze waarop het spuiwater wordt afgezet. Wanneer gesteld wordt dat de investeringskosten van de luchtwasser verlaagd zouden kunnen worden met 50%, bijvoorbeeld door middel van een subsidieregeling of door grootschalige productie, zouden de exploitatiekosten afnemen met 21% voor de chemische wasser en met 14 tot 25% voor de biologische wasser, uitgaande van een nieuwbouwstal.
4. Wanneer er gesproken wordt over de installatie van een luchtwassysteem op een veehouderijbedrijf, als mogelijk alternatief voor bedrijfsverplaatsing, is er geen sprake van nieuwbouw maar van reeds bestaande stallen. Geconcludeerd wordt dat het technisch gezien mogelijk is om reeds bestaande stallen uit te breiden met een luchtwassysteem. Het is echter niet mogelijk om hiervoor een algemeen geldende kosteninschatting te maken, zoals wel mogelijk is voor nieuwbouwstallen. Hiervoor zijn de verschillen tussen de specifieke bedrijfsomstandigheden te groot. Het is daarom noodzakelijk om voor elk specifiek veehouderijbedrijf dat mogelijk verplaatst zal worden, uit te rekenen hoe hoog de investeringskosten zijn om de op dat bedrijf aanwezige stallen uit te rusten met een luchtwassysteem. De variabele kosten (kosten van elektriciteit, water, chemicaliën en afzetkosten voor spuiwater) van het luchtwassysteem behoeven daarentegen niet opnieuw uitgerekend te worden aangezien deze gelijk zijn voor nieuwbouwstallen en reeds bestaande stallen. Voor elke casus kunnen eveneens de kosten van eventuele verplaatsing van dat specifieke veehouderijbedrijf worden berekend, zodat deze kosten desge-

wenst vergeleken kunnen worden met de berekende exploitatiekosten van eventueel te installeren luchtwassersysteem.

5. Op verschillende manieren zou een verlaging van de exploitatiekosten van de chemische en biologische wasser bereikt kunnen worden:

*Algemeen:*

- a. Ontwikkeling van een luchtbehandelingsystemen met een laag energieverbruik door aanpassing van het wasserontwerp (optimalisatie m.b.t. de verhouding lucht/water, pakkingsmateriaal, drukval, wijze van bevochtiging etc.)
- b. Vermindering van het ventilatiedebiet van een stal door het toepassen/ontwikkelen van andere manieren om warmteafvoer te bewerkstelligen.
- c. Piekbelasting: in perioden waarin een zeer hoog ventilatiedebiet gewenst is, zou een deel van de lucht ongezuiverd de stal kunnen verlaten via een bypass, zodat volstaan kan worden met een kleinere wasser. De invloed hiervan op het jaargemiddelde ammoniakverwijderingsrendement is slechts beperkt.

*Biologische wasser:*

- d. Vermindering van de spuiwaterproductie door toepassing van membraantechnologie en/of denitrificatie.

*Chemische wasser:*

- e. Wanneer de gewenste emissiereductie van ammoniak lager is dan 95%, is het mogelijk om slechts een deel van de ventilatielucht te behandelen in de wasser en een deel onbehandeld te laten.

Voor de ontwikkeling van de hierboven genoemde systemen met lagere exploitatiekosten, is nader experimenteel onderzoek noodzakelijk.

6. In vergelijking met de ammoniakverwijdering is de geurverwijdering van biologische en chemische luchtwassers laag (zie onder 1). De geurverwijdering zou verhoogd kunnen worden door:

- a. Het gebruik van nageschakelde technieken in combinatie met de reeds bestaande luchtwassers (bijvoorbeeld UV licht, biofilter en chemische oxidatie).
- b. Het verbeteren van de huidige generatie wassers (processturing en ontwerp) door kleine aanpassingen van de processturing en het ontwerp.
- c. De ontwikkeling van nieuwe luchtwastechnieken en (nageschakelde) overige technieken, die niet alleen gericht zijn op NH<sub>3</sub> verwijdering, maar ook op geurverwijdering. Deze technieken zouden als alternatief voor de huidige luchtwassers kunnen toegepast worden.

Nader experimenteel onderzoek is noodzakelijk om te bepalen wat de potentie is van de hierboven geschetste manieren om de geurverwijdering te verhogen. Bovendien is het gewenst om de relatie tussen stof- en geuremissie nader te onderzoeken.

7. Om er zeker van te zijn dat luchtwassers in de praktijk naar behoren (blijven) functioneren, is het noodzakelijk dat er een doeltreffend systeem van controle en onderhoud wordt toegepast. Wanneer er onvoldoende onderhouds- en controle werkzaamheden worden uitgevoerd, is het

gevaar groot dat het luchtwassysteem na enige tijd niet meer goed functioneert en dat de beoogde emissiereductie niet wordt behaald.

## Literatuur

- Aarnink A.J.A., Landman, W.J.M., Melse R.W., Gijssels de P., Huynh T.T.T., Fabri T. (2003) Voorkomen van verspreiding van ziektekiemen en milieu-emissies via luchtreiniging. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen UR, Wageningen (in voorbereiding).
- Asseldonk M. M. L. van, Voermans, J. A. M. (1989) Toepassing van biobedden in de veehouderij. Proefverslag nummer P 1.47. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Bemmel J.B.M. van; Werf A.W. van der (2002) Haalbaarheidsstudie naar de toepassing van biologische technieken voor de behandeling van methaan houdende lucht uit stallen en mestopslagen. Projectcode 2000-1366. Bioclear, Groningen (opgenomen als bijlage in: Melse, R.W. (2003) Biologisch filter voor verwijdering van methaan uit lucht van stallen en mestopslagen. Rapport 2003-16. Agrotechnology & Food Innovations, Wageningen. ISBN 90-5406-240-1.)
- Bodde R. (2000) Prefab stal vrijwel zonder uitstoot van ammoniak. Boerderij / Varkenshouderij 85, no. 12, pp. 20-21.
- Bosma, A.J.J. (2003) Persoonlijke mededeling. Praktijkonderzoek van de Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- Bovema (2003) Persoonlijke mededeling door de heer M.P.J.W. Clephas.
- Demmers T. G. M., Uenk G. H. (1996) Experimenten met een biofilter op kleine schaal. Nota P 96-37. IMAG, Wageningen.
- Eggels P. G., Scholtens R. (1989) Biofiltratie van ammoniakbevattende stallucht bij de intensieve veehouderij, fase 3: Onderzoek aan een praktijk biofilter. MT-TNO/IMAG, Wageningen.
- EU (2001) Europese lijst met afvalstoffen (Eural). Beschikking 2001/118/EG.
- Geelen M. van (1986) Stankbestrijdingstechnieken. Publicatie 216. IMAG, Wageningen.
- Huijben J.J.H., Hoofs A.I.J. (1997) Vergelijking van grondbuizen en grondwater-unit bij vleesvarkens. Proefverslag P 1.180. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen. ISSN 0922-8586.
- Kennes C., Thalasso F. (1998) Waste gas biotreatment technology (review). J.Chem.Technol.Biotechnol., 72, 303-319.
- Klarenbeek J. V., Ogink N. W. M., Hol J. M. G., Satter I. H. G. (s.a.) De geurreductie van een zuure wasser bij een pluimveestal voor scharrelhennen. IMAG, Wageningen.
- Klimaatplatform (2002) Klimaatinstellingen varkensstallen. Varkens 77, 3 september 2002.
- KWIN-V (2003) Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2003-2004. Praktijkboek 28. Animal Sciences Group / Praktijkonderzoek, Lelystad.
- LNV (1977) Koninklijk Besluit van 11.7.1977, houdende voorschriften inzake meststoffen, Staatsblad 1977 nr. 469, en de hierbij gebaseerde uitvoeringsregelingen (ook bekend onder de naam "Meststoffenbesluit 1977").



- Martinec M. (2001) Optimierung von Biofiltern in der Landwirtschaft. VDI-MEG-Schrift 377 (Dissertation). Hohenheim, Duitsland.
- Martinec M., Hartung, E., Jungbluth, T., Schneider F., Wieser P.H. (2001) Reduction of gas , odor and dust emission from swine operations with biofilters. Paper number 014079, ASAE Annual Meeting, July 29-August 1, 2001, Sacramento, California, USA..
- Melse R. W., Mol G. (2003) Odour and ammonia removal from pig house exhaust air using a biotrickling filter. Submitted for presentation at the 2nd IWA International Conference on Odours and VOC's, Singapore, 14-17 September 2003.
- Mol G., Ogink N. W. M. (2002) Geuremissies uit de veehouderij II. Overzichtsrapportage 2000-2002. Rapport 2002-09. IMAG, Wageningen.
- Mol G. (2003) Persoonlijke mededeling. Cijfers zijn gebaseerd op database van door IMAG gemeten ventilatiedebieten (gepubliceerd in diverse rapporten). IMAG, Wageningen.
- Monteny G. J., Verhaak M., Hartung E. (1998) Technical and economical feasibility of integration of a catalytic reactor system for removal of aerial pollutants from livestock operations. Framework BRITE-EURAM project, BEST-CT97-0556. Nota V 98-45. IMAG-DLO, Wageningen.
- Ogink N. W. M., Lens P. N. (2001) Geuremissies uit de veehouderij I. Overzichtsrapportage 1996-1999. Rapport 2001-14. IMAG, Wageningen.
- Satter I. H. G. (1996) Biowassers in Nederland. Afstudeerscriptie. Vakgroep Agrotechniek & -fysica LMBU & TN, Landbouwniversiteit Wageningen, Wageningen.
- Sande-Schellekens A. L. P. van de, Backus G. B. C. (1993a) Ervaringen met biowassers op vleesvarkensbedrijven in PROPRO. Proefverslag nummer P 1.93. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Sande-Schellekens A. L. P. van de, Backus G. B. C. (1993b) Ervaringen met biobedden op vleesvarkensbedrijven in PROPRO. Proefverslag nummer P 1.99. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Scholtens R. (1996) Inspectie van luchtwassystemen voor mechanisch geventileerde varkensstallen. Intern verslag. IMAG, Wageningen.
- Siemers V. (1996) Nassabscheider/Biofilterkombinationen zur Verminderung von Ammoniak-, Geruchs- und Staubemissionen aus Schweineställen. VDI-MEG-Schrift 304. Goettingen, Duitsland.
- Stichting Groen Label (1999) Bijlagen behorende bij biologische luchtwassers d.d. 4 november 1999. Web:  
[http://www.infomil.nl/contents/pages/00002057/bijlage\\_behorende\\_bij\\_biologische\\_luchtwassers.pdf](http://www.infomil.nl/contents/pages/00002057/bijlage_behorende_bij_biologische_luchtwassers.pdf)
- Stichting Groen Label (2000) Bijlagen behorende bij chemische luchtwassers d.d. 15 juni 2000 (vervangt de bijlagen van 4 november 1999). Web:

[http://www.infomil.nl/contents/pages/00002057/bijlage\\_behorende\\_bij\\_chemische\\_luchtwassers.pdf](http://www.infomil.nl/contents/pages/00002057/bijlage_behorende_bij_chemische_luchtwassers.pdf)

- Takai H., Pedersen S., Johnsen J.O., Metz J.H.M., Groot Koerkamp P.W.G., Uenk G.H., Philips V.R., Holden M.R., Sneath R.W., Short J.L., White R.P., Hartung J., Seedorf J., Schroeder M., Linkert K.H., Wathes C.M. (1998) Concentrations and emissions of airborne dust in livestock buildings in Northern Europe. *J. agric. Engng Res.* 70, 59-77.
- Tolsma A. (2000) BB Air system. Biological and bacterial air recycling system. Symposium "De varkensstal van de toekomst", georganiseerd door IMAG, PV en WU. 8 juni 2000, WICC, Wageningen.
- Vrielink M. G. M., Verdoes N., Gastel J. P. B. F. van (1997) Vermindering van de ammoniakemissie door een chemische luchtwasser. Proefverslag nummer P 1.178. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- VROM (1979) Wet milieubeheer, 13 juni 1979. Staatsblad 442.
- VROM (1998) Vrijstellingsregeling waterige fracties en reinigingswater 1998 (DWL/97580839). Staatscourant 1998, nr. 26.
- VROM (2000) Brief en notitie 'Milieuhygiënische randvoorwaarden voor verwijdering van spuiwater van luchtwassersystemen in de veehouderij', 18 mei 2000, DWL/2000055147.
- VROM (2001) Ontwerp-Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Staatscourant 23 mei 2001, nr. 99, en de hierbij behorende wijzigingen van recenter datum (ook bekend onder de naam "AMvB Huisvesting").
- VROM (2002) Regeling Ammoniak en Veehouderij. Staatscourant 1 mei 2002, nr. 82.
- Werken, van de, G. (2000) Persoonlijke mededeling. DLG Gelderland.
- Wever A. C., Groot Koerkamp P. W. G. (1999) Behandeling van lucht uit een traditionele stal voor kraamzeugen en guste- en dragende eugen, met een chemische wasser. Nota 99-126. IMAG, Wageningen.
- Willers H. C., Aarnink A. J. A., Ogink N. W. M. , Hamelers H. V. M. (2000) On-farm processing of urine and solid manure fractions of fattening pigs in the Hercules system. Proceedings of the 9th International Workshop of the European Cooperative Research Network, Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture, Ramiran 2000, Gargano, Italy, 6-9 September, p. 176-181.

## Samenvatting

In onderhavige studie zijn de technische mogelijkheden en kosten van luchtwassystemen in kaart gebracht voor de verwijdering van in de eerste plaats ammoniak en in de tweede plaats geur uit de ventilatielucht van stallen. De achtergrond hiervan is dat luchtwassing mogelijk een alternatief is voor verplaatsing van veehouderijbedrijven in het kader van het reconstructiebeleid, voor zover het de emissie van ammoniak en geur betreft. De studie is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV) in het kader van programma 415: "Integrale aanpak van gasvormige emissies (ammoniak, geur, (overige) broeikasgassen en fijn stof) van de veehouderij".

Uit het onderzoek blijkt dat met behulp van zowel chemische wassers als biologische wassers een vergaande ammoniakverwijdering kan worden bereikt (95% resp. 70%). De geurverwijdering bedraagt circa 30% voor een chemische en 40 tot 50% voor een biologische wasser. Bovendien wordt de emissie van fijn stof door beide wassers teruggebracht met 80 - 100%. Om de genoemde emissiereducties op de lange termijn te kunnen garanderen is het noodzakelijk een doeltreffend systeem van controle en onderhoud te hanteren.

Een economische evaluatie voor een nieuwbouwstal wijst uit dat de exploitatiekosten (excl. BTW) voor een chemische wasser € 7 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering en voor een biologische wasser € 9 tot € 19 per kg NH<sub>3</sub> verwijdering bedragen. Voor een vleesvarkensstal betekent dit dat de exploitatiekosten (excl. BTW) gelijk zijn aan € 16 per dierplaats/jaar voor de chemische wasser en € 15 tot € 33 per dierplaats/jaar voor de biologische wasser.

Voor een biologische wasser hangen de exploitatiekosten sterk af van de wijze waarop het spuiwater wordt afgezet: aanwending op eigen land is relatief goedkoop en afzet tegen reguliere mestafzettarieven is relatief duur. Daarnaast geldt voor zowel de chemische als biologische wasser dat de elektriciteitskosten en de vaste kosten van de investering een aanzienlijk deel van de exploitatiekosten uitmaken. Toepassing van een luchtwassysteem bij een nieuwbouwstal leidt tot een stijging van de exploitatiekosten van het bedrijf van 4% in het geval een chemische wasser en 4 tot 13% in het geval een biologische wasser wordt toegepast.

De exploitatiekosten van een chemische luchtwasser worden voor 42% uitgemaakt door de vaste kosten van de investering, uitgaande van een nieuwbouwstal. Voor de biologische wasser is dit 29 tot 50%, afhankelijk van de wijze waarop het spuiwater wordt afgezet. Wanneer gesteld wordt dat de investeringskosten van de luchtwasser verlaagd zouden kunnen worden met 50%, bijvoorbeeld door middel van een subsidieregeling of door grootschalige productie, zouden de exploitatiekosten afnemen met 21% voor de chemische wasser en met 14 tot 25% voor de biologische wasser, uitgaande van een nieuwbouwstal.

Wanneer er gesproken wordt over de installatie van een luchtwassysteem op een veehouderijbedrijf, als mogelijk alternatief voor bedrijfsverplaatsing, is er geen sprake van nieuwbouw maar van reeds bestaande stallen. Geconcludeerd wordt dat het technisch gezien mogelijk is om reeds bestaande stallen uit te breiden met een luchtwassysteem. Het is echter niet mogelijk om hiervoor een algemeen geldende kosteninschatting te maken, zoals wel mogelijk is voor nieuwbouwstallen. Hiervoor zijn de verschillen tussen de specifieke bedrijfsomstandigheden te groot. Het is daarom noodzakelijk om voor elk specifiek veehouderijbedrijf dat mogelijk verplaatst zal worden, uit te rekenen hoe hoog de investeringskosten zijn om de op dat bedrijf aanwezige stallen uit te rusten

met een luchtwassysteem. De variabele kosten (kosten van elektriciteit, water, chemicaliën en afzetkosten voor spuiwater) van het luchtwassysteem behoeven daarentegen niet opnieuw uitgerekend te worden aangezien deze gelijk zijn voor nieuwbouwstallen en reeds bestaande stallen. Voor elke casus kunnen eveneens de kosten van verplaatsing van dat specifieke veehouderijbedrijf worden berekend, zodat deze kosten desgewenst vergeleken kunnen worden met de berekende exploitatiekosten van een te installeren luchtwassysteem.

Voor het verlagen van de exploitatiekosten, zoals die berekend zijn voor de huidige luchtwassystemen voor de reiniging van stallucht, worden de volgende mogelijkheden onderscheiden (a t/m e):

*Algemeen:*

- a. Ontwikkeling van een luchtbehandelingssystemen met een laag energieverbruik door aanpassing van het wasserontwerp (optimalisatie m.b.t. de verhouding lucht/water, pakkingsmateriaal, drukval, wijze van bevochtiging etc.).
- b. Vermindering van het ventilatiedebiet van een stal door het toepassen/ontwikkelen van andere manieren om warmteafvoer te bewerkstelligen.
- c. Piekbelasting: in perioden waarin een zeer hoog ventilatiedebiet gewenst is, zou een deel van de lucht ongezuiverd de stal kunnen verlaten via een bypass, zodat volstaan kan worden met een kleinere wasser. De invloed hiervan op het jaargemiddelde ammoniakverwijderingsrendement is slechts beperkt.

*Biologische wasser:*

- d. Vermindering van de spuiwaterproductie door toepassing van membraantechnologie en/of denitrificatie.

*Chemische wasser:*

- e. Wanneer de gewenste emissiereductie van ammoniak lager is dan 95%, is het mogelijk om slechts een deel van de ventilatielucht te behandelen in de wasser en een deel onbehandeld te laten.

Voor de ontwikkeling van de hierboven genoemde systemen is nader experimenteel onderzoek noodzakelijk.

In vergelijking met de ammoniakverwijdering is de geurverwijdering van biologische en chemische luchtwassers laag. Er worden verschillende mogelijkheden onderscheiden om de geurverwijdering te verhogen (a t/m c):

- a. Het gebruik van nageschakelde technieken in combinatie met de reeds bestaande luchtwassers (bijvoorbeeld UV licht, biofilter en chemische oxidatie).
- b. Het verbeteren van de huidige generatie wassers (processturing en ontwerp) door kleine aanpassingen van de processturing en het ontwerp.
- c. De ontwikkeling van nieuwe luchtwastechnieken en (nageschakelde) overige technieken, die niet alleen gericht zijn op  $\text{NH}_3$  verwijdering, maar ook op geurverwijdering. Deze technieken zouden als alternatief voor de huidige luchtwassers toegepast kunnen worden.

Nader experimenteel onderzoek is noodzakelijk om te bepalen wat de potentie is van deze manieren om de geurverwijdering van luchtwassers te verhogen. Bovendien is het gewenst om de relatie tussen stof- en geuremissie nader te onderzoeken.

## **Bijlage 1**

Leveranciers van biologische wassers in Nederland voor de behandeling van stallucht:

AIR TOTAAL B.V.  
Fahrenheitstraat 1  
6003 DC Weert

DEVRIE  
Oosteinde 219  
7671 AX Vriezenveen

DORSET BV  
Postbus 228  
7120 AE Aalten

Franc Milieuproducten & -Diensten  
Annecyhof 8  
5627 DK Eindhoven

LAKA B.V.  
Noordermorssingel 9  
7461 JP Rijssen

## **Bijlage 2**

Leveranciers van chemische wassers in Nederland voor de behandeling van stallucht:

Askové Milieutechniek BV  
Postbus 500  
5460 AM Veghel

BOVEMA S-air BV  
Postbus 5060  
5800 GB Venray

DORSET BV  
Postbus 228  
7120 AE Aalten

UniQFill International  
Kerkstraat 31  
5768 BH Meijel