

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 366

Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen

April 2010



LIVESTOCK RESEARCH

WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2010

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

In this study the possibilities are shown to reduce ammonia emission from houses for growing-finishing pigs by a combination of feeding, simple housing and management measures.

Keywords

Ammonia emission, growing-finishing pigs, feeding, housing, management

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

A.J.A. Aarnink, M.C.J. Smits en I. Vermeij

Titel

Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen
Rapport 366

Samenvatting

In deze studie worden de mogelijkheden aangegeven om de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen te reduceren via gecombineerde voer-, huisvesting- en management maatregelen.

Trefwoorden

Ammoniakemissie, vleesvarkens, voer, huisvesting, management



Rapport 366

Reductie van ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven via gecombineerde maatregelen

Reduction of ammonia emission from houses
for growing-finishing pigs by combined
measures

A.J.A. Aarnink
M.C.J. Smits
I. Vermeij

April 2010

Voorwoord

Het terugdringen van de emissie van ammoniak uit stallen is al jaren een belangrijk onderwerp in de Nederlandse veehouderij. Om de in EU-verband gestelde doelstelling van maximaal 128 kton aan emissie te realiseren is onder andere het Besluit huisvesting opgenomen in de wet- en regelgeving. Dit besluit verplicht het gebruik van emissiereducerende technieken voor alle bestaande stallen in de varkens- en pluimveehouderij per 1 januari 2013. Daarbij mag de emissie niet boven een vastgestelde grenswaarde komen. Voor een groep bedrijven met een relatief kleine omvang stuit het toepassen van in bijlage 1 van de Regeling ammoniak en veehouderij opgenomen technieken op praktische of financiële problemen. Deze groep bedrijven zouden door het combineren van maatregelen die ieder voor zich niet voldoen aan de grenswaarde mogelijk wel aan de eisen van het besluit kunnen voldoen. In dit rapport wordt voor de vleesvarkenshouderij een overzicht gegeven van perspectievolle maatregelen die een verlaging geven van de ammoniakemissie in traditionele stallen. Er is aangegeven of de maatregelen gecombineerd kunnen worden en welk effect dit heeft op de emissie. Verder wordt in dit rapport ingegaan op mogelijkheden tot controle en handhaving van deze maatregelen.

De gecombineerde maatregelen genoemd in dit rapport kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan het realiseren van de gestelde doelstellingen met betrekking tot de ammoniakemissie in Nederland. Dit project is gefinancierd door het Productschap Vee en Vlees (PVV) en begeleid door een klankbordgroep van het PVV. Wij zijn de klankbordgroep erkentelijk voor de aangedragen ideeën en het klankborden tijdens de uitvoering van het project.

Mede namens de auteurs,

Ing. H.H. Ellen
Projectleider

Samenvatting

Het Productschap voor Vee en Vlees (PVV) heeft de studie voor het opstellen van dit rapport gefinancierd.

In dit rapport zijn mogelijkheden geïnteriseerd om de ammoniakemissie op vleesvarkensbedrijven te verminderen door combinaties van relatief eenvoudige maatregelen zoals voeding in combinatie met goedkope stalaanpassingen en managementmaatregelen. Daarmee is een reductie van de ammoniakemissie mogelijk zonder dat ingrijpende en dus dure stalaanpassingen nodig zijn. Dit is vooral van belang voor varkensbedrijven die niet opteren voor schaalvergroting en die niet gaan investeren in grote, nieuwe stallen, maar die de bedrijfsvoering op de huidige schaal in de bestaande stallen nog een aantal jaren willen voortzetten. In 2013 moeten alle bedrijven emissiearm zijn ten aanzien van ammoniak. Voor vleesvarkens betekent dit een maximale ammoniakemissie van 1,4 kg/jaar per dierplaats.

Het doel van dit onderzoek was het inschatten van effecten van eenvoudig implementeerbare maatregelen op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Aangezien de afzonderlijke maatregelen de ammoniakemissie in het algemeen onvoldoende reduceren, is ook aangegeven of ze gecombineerd kunnen worden en wat de effecten zijn van deze combinaties. De geschatte emissiereducties zijn afgeleid uit eerdere experimenten, Rav-emissiefactoren en een modelbenadering. Voor toepassing in de praktijk en regelgeving is een aanzet voor een eenvoudige rekentool gemaakt om de effecten op de ammoniakemissie te kwantificeren. De kosten en de kosteneffectiviteit in € per 10% ammoniakreductie van maatregelen zijn berekend, zodat de diverse combinaties goed vergeleken kunnen worden. Daarnaast zijn in dit rapport mogelijkheden aangegeven om deze maatregelen te controleren en te handhaven.

De resultaten laten zien dat er verschillende mogelijkheden zijn om voor traditionele stallen via gecombineerde maatregelen (voer-, simpele huisvesting- en managementmaatregelen) te voldoen aan de grenswaarde van 1,4 kg ammoniak per dierplaats per jaar. De meest perspectievolle combimaatregelen zijn in willekeurige volgorde: a) verlaging eiwitgehalte voer; b) toevoeging benzoëzuur aan voer (VevoVital[®]); c) vervanging Ca in het voer in de vorm van CaCO₃ door CaSO₄ of CaCl₂; d) het aanbrengen van een stankslot bij volledige onderkeldering; e) het aanbrengen van een schuine plaat in de mestkelder; f) het verdunnen van de mest met water; g) vervangen van betonroosters door metalen driekantroosters; h) aanzuren van de mest; i) aanbrengen van balansballen in de mestkelder; j) afdelingen leeg laten; k) eerder afleveren; l) doorschuiven van varkens. Voor de meeste van deze maatregelen is het effect op de ammoniakemissie al voldoende onderbouwd en zijn voor een deel al in de Rav lijst opgenomen (maatregelen b, d, e, f, i, j, k, l). Bij een paar maatregelen worden op dit moment metingen uitgevoerd volgens het protocol voor opname van een emissiefactor in de Rav, maar kan voorlopig wel uitgegaan worden van effecten die in eerdere experimenten zijn vastgesteld (a, c); bij de overige maatregelen (g en h) zijn nog geen metingen volgens Rav-protocol opgestart, maar kan voorlopig worden uitgegaan van vastgestelde effecten in eerder onderzoek.

Door de hiervoor genoemde maatregelen te combineren kunnen ammoniakemissiereducties worden bereikt, variërend van ca. 30 tot 70%. De varkenshouder zal zelf de afweging moeten maken welke (gecombineerde) maatregelen voor zijn bedrijf het meest geschikt zijn. Een indicatie van de kosten van combimaatregelen wordt in dit rapport weergegeven. Echter, de uiteindelijke kosten zijn (voor een deel) bedrijfsspecifiek en zullen daarom per individueel bedrijf moeten worden bepaald. Naast de kosten, kan een verbetering van de luchtkwaliteit in de stal ook een afweging zijn om voor combimaatregelen te kiezen in plaats van voor luchtwassers.

Veel combimaatregelen, zoals hiervoor genoemd, kunnen ook gecombineerd worden met de huidige systemen die vermeld zijn in de Regeling ammoniak en veehouderij (Rav-lijst). Dit geldt vooral voor de voer- en managementmaatregelen. De controle en handhaafbaarheid van combimaatregelen hoeft geen probleem te vormen. Bij veel huisvestingsmaatregelen volstaat een eenmalige vaststelling door de vergunningverlener dat de maatregel in de stal is geïnstalleerd. Voeding- en managementmaatregelen kunnen op de meeste bedrijven ook met (relatief) geringe inspanningen (via geautomatiseerde controle van datastromen) gecontroleerd worden.

Geconcludeerd kan worden dat combimaatregelen perspectief bieden voor veel vleesvarkensbedrijven met stallen die nog niet afgeschreven zijn, maar die per 2013 moeten voldoen aan de emissiegrenswaarde voor ammoniak. Dit zal echter inzet vragen van verschillende betrokken actoren (o.a. primaire sector, veevoerindustrie, centrale overheid, gemeenten en controlerende instanties).

Summary

In this report an inventory is made of the possibilities to reduce ammonia emission from houses for growing-finishing pigs by a combination of relatively simple feeding, housing, and management measures. In this way ammonia emission could be reduced without high investment costs for reconstruction of the animal house. This is especially important for pig farmers that don't opt for a large extension of their farm or opt for new buildings, but opt for continuation in their existing pig houses. In the year 2013 all farms should have low emissions of ammonia, meeting the requirement of a maximum emission level of 1.4 kg/year per pig place.

The objective of this study was to determine the effects of simple implementable measures on ammonia emission from houses for growing-finishing pigs. While the individual measures generally are not reducing ammonia emission to the required level, it is reported whether measures could be combined and what the effects are of these combined measures. The estimated effects on ammonia emission are based on former experiments, Rav emission factors and model estimations. For use in practice and for legislation a set up has been made of a simple calculation tool to quantify the effects on ammonia emission. The costs and the cost efficiency in € per 10% ammonia reduction were calculated. In this way the different combinations of measures can be easily compared with respect to overall costs. In this report the possibilities to control and maintain the different measures are reported, as well.

Results show different possibilities for traditional pig houses to fulfill the required 1.4 kg of ammonia per animal place per year by combined measures (feeding measures, simple housing measures, management measures). The most promising combi-measures are, in random order: a) lowering protein content of the diet; b) addition of benzoic acid to the diet (VevoVital[®]); c) replacement of Ca in the diet in the form of CaCO₃ by CaSO₄ or CaCl₂; d) application of an air lock in a house with a manure channel under the whole floor; e) application of a slanted plate inside the manure channel; f) dilution of the manure with water; g) replacement of concrete slatted floor by a metal triangular slatted floor; h) acidifying the manure; i) application of 'balance balls' in the manure pit; j) leave rooms empty; k) early deliverance of the pigs; l) shifting pigs from small to large pens. For most of these measures the estimated effects on ammonia emission have been determined sufficient accurate (measures b, d, e, f, i, j, k, l). A few measures are in study at this moment (a, c); the remaining measures have to be studied in the near future (g, h).

By combining the former mentioned measures ammonia emission reductions varying from approximately 30 to 70% can be achieved. The pig farmer should make his own decision on which (combined) measures are most suitable for his farm. In this report an indication of the costs is given. However, the real costs are (at least for a part) depending on farm characteristics and should therefore be calculated for each individual farm. Besides the costs, the improvement of the air quality inside the pig house might be a consideration of the farmer to choose for combined measures instead of air scrubbers.

A large number of the previous mentioned combi-measures can also be combined with the present systems in the Rav. This is especially true for the feeding and management measures. Control and maintenance of combi-measures should not be a big problem. For most housing measures a one time check that the measure is installed should be sufficient. Feeding and management measures could be controlled on most farms rather easily by automated data streams.

It can be concluded that combi-measures are very promising for a lot of farms with growing-finishing pigs with houses that are not fully depreciated, who have to fulfill the ammonia emission requirement in 2013. Implementation of these measures in practice, however, asks for a lot of motivation from the different actors (e.g. primary pig industry, feeding industry, national and local governments, controlling institutes).

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Te combineren maatregelen	2
2.1	Modelmatige benadering emissiereductie	2
2.2	Inventarisatie maatregelen	2
2.2.1	Groslijst van mogelijke maatregelen	2
2.2.2	Niet uitgewerkte maatregelen	3
2.3	Voermaatregelen	3
2.3.1	Verlaging eiwitgehalte	3
2.3.2	Toevoeging benzoëzuur (VevoVital [®])	3
2.3.3	Vervanging CaCO ₃ door CaSO ₄ of CaCl ₂ bij vleesvarkens	4
2.3.4	Verlaging kation/anion balans in het voer	4
2.3.5	Extra toevoeging fermenteerbare koolhydraten aan het voer	4
2.3.6	Samenvatting effecten voermaatregelen	5
2.4	Simpele huisvestingsmaatregelen	6
2.4.1	Verkleining emitterend kelderoppervlak	6
2.4.2	Verdunnen van mest met water	7
2.4.3	Verlaging staltemperatuur door extra ventilatie	7
2.4.4	Koeling inkomende lucht	8
2.4.5	Roostervloer	8
2.4.6	Toevoegmiddelen aan de mest: aanzuren	8
2.4.7	Drinkwateropname	9
2.4.8	Balansballen in de mestkelder	9
2.4.9	Samenvatting effecten simpele huisvestingsmaatregelen	10
2.5	Managementmaatregelen	10
2.5.1	Minder dieren in de stal	10
2.5.2	Betere groei en voerconversie	11
2.5.3	Mesten van beren	11
2.5.4	Afleverstrategie	12
2.5.5	Doorschuiven van vleesvarkens	12
2.5.6	Samenvatting effecten management maatregelen	13
3	Gecombineerde maatregelen	14
3.1	Perspectievolle maatregelen	14
3.2	Effecten van mogelijke combinaties	14
3.2.1	Berekening van gecombineerde effecten	14
3.2.2	Voermaatregelen	15
3.2.3	Simpele huisvestingsmaatregelen	16
3.2.4	Managementmaatregelen	17

4	Kosten van combimaatregelen.....	18
5	Controle en handhaafbaarheid	20
5.1	Algemeen	20
5.2	Controle en handhavingmogelijkheden per categorie	20
5.2.1	Voermaatregelen	20
5.2.2	Huisvesting	21
5.2.3	Management	22
5.3	Aandachtspunten bij implementatie	23
6	Discussie	24
7	Conclusies.....	27
8	Aanbevelingen.....	28
	Referenties	29

1 Inleiding

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Productschap Vee en Vlees (PVV).

In 2013 moeten alle bedrijven emissiearm zijn ten aanzien van ammoniak. Dit betekent dat alle bedrijven moeten voldoen aan de wettelijke eis in het 'Besluit beperking ammoniakemissie veehouderijen' van december 2005. Voor vleesvarkens betekent dit een maximale ammoniakemissie van 1,4 kg/jaar per dierplaats (Anonymous, 2005). Vooral de kleinere varkenshouders met traditionele stallen, zonder mogelijkheden voor interne saldering (Horne et al., 2006), komen hierdoor voor grote investeringen te staan. De vraag die in deze studie moet worden beantwoord is wat de mogelijkheden zijn om de ammoniakemissie te verminderen op vleesvarkensbedrijven via een combinatie van meerdere maatregelen zoals voeding in combinatie met goedkope stalaanpassingen. De achterliggende vraag daarbij is in hoeverre effecten van diverse emissie beperkende maatregelen optelbaar zijn. Verder is het de vraag hoe deze combinaties van maatregelen gecontroleerd en gehandhaafd kunnen worden. Inzet is een reductie van de ammoniakemissie zonder dat ingrijpende en dus dure stalaanpassingen nodig zijn. Dit soort maatregelen zijn vooral van belang voor varkensbedrijven die niet opteren voor schaalvergroting en die niet gaan investeren in grote, nieuwe stallen, maar die de bedrijfsvoering op de huidige schaal in de bestaande stallen nog een beperkt aantal jaren willen voortzetten. Ook biedt het voor kleinere zeugenhouders de mogelijkheid om goedkoper over te schakelen naar vleesvarkens.

De afgelopen 20 jaar is veel kennis verkregen van de mogelijkheden om de ammoniakemissie via allerlei maatregelen te verlagen. Op dit moment zijn alleen technische (huisvesting)maatregelen opgenomen in de Regeling Ammoniak en Veehouderij (Rav). De Ministeries van LNV en VROM bekijken de mogelijkheden om ook voermaatregelen of toevoegmiddelen aan de mest, die ammoniakreducerend werken, op te nemen in de Rav. Ook andere maatregelen, zoals minder dieren in de stal, vervangen betonnen roosters door driekantroosters, het mesten van beren, het drinkwatersysteem en de afleverstrategie kunnen de ammoniakemissie beïnvloeden.

Door integratie van de huidige kennis in een rekenmodel zijn inschattingen gemaakt van de effecten van eenvoudig implementeerbare voer-, huisvesting- en managementmaatregelen op de ammoniakemissie. Daarnaast is, met detailkennis van het emissieproces op vloerniveau en in de mestkelder, een inschatting gemaakt van de optelbaarheid van de effecten van deze maatregelen. Van de maatregelen is tevens een kostenberekening (investering- en jaarkosten) gemaakt, zodat de kosteneffectiviteit in € per kg gereduceerde ammoniak bij te kiezen combinaties van maatregelen vergeleken kan worden. Naast de inschatting van de effecten is het voor de handhavende instantie(s) van belang om te weten hoe deze (gecombineerde) maatregelen gecontroleerd en gehandhaafd kunnen worden, zodanig dat de emissiedoelstellingen gehaald zullen worden. Daarover zijn in dit rapport ook suggesties beschreven.

Door opname van eenvoudig implementeerbare maatregelen in de Rav ontstaat meer flexibiliteit en dynamiek in de varkenssector om aan de milieueisen voor ammoniak te voldoen. Varkenshouders hoeven geen dure investeringen te doen voor verbouw van bestaande stallen om onder de grenswaarde voor ammoniak te komen.

In hoofdstuk 2 worden de effecten van enkelvoudige maatregelen op de ammoniakemissie aangegeven en hoe deze schattingen tot stand zijn gekomen. In hoofdstuk 3 wordt voor de perspectiefvolle maatregelen aangegeven of ze al dan niet gecombineerd kunnen worden met andere maatregelen en hoe het totaal effect berekend kan worden. In hoofdstuk 4 zijn de kosten van de perspectiefvolle combimaatregelen aangegeven. In hoofdstuk 5 wordt gerapporteerd hoe de verschillende combimaatregelen kunnen worden gecontroleerd en gehandhaafd. In hoofdstuk 6 wordt het een en ander beknopt bediscussieerd. Het rapport eindigt met de belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

2 Te combineren maatregelen

2.1 Modelmatige benadering emissiereductie

In de afgelopen 20 jaar is veel kennis verkregen over de processen en factoren die van invloed zijn op de ammoniakemissie. Door Aarnink en Elzing (1998) is een rekenmodel gemaakt voor het inschatten van de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Dit rekenmodel is gebaseerd op de verschillende basisprocessen die de ammoniakemissie beschrijven. Uit de gevoeligheidsanalyse van dit model komt naar voren dat de volgende variabelen voor een belangrijk deel de ammoniakemissie kunnen beschrijven:

1. pH van de mest;
2. ammoniumgehalte van de mest;
3. emitterend mestoppervlak (roostervloer, dichte vloer en mestkelder);
4. temperatuur van de mest;
5. lichtsnelheid over het emitterend oppervlak.

Het voornoemde model is te ingewikkeld om toe te passen in de regelgeving. Daarom is een sterk vereenvoudigde modelbenadering gemaakt. In eerste instantie wordt bepaald wat het effect is van bepaalde maatregelen op de verschillende invloedsvariabelen (variabelen 1 t/m 5). Vervolgens kan dan ingeschat worden wat het effect is op de ammoniakemissie.

2.2 Inventarisatie maatregelen

2.2.1 Groslijst van mogelijke maatregelen

De volgende te combineren maatregelen om de ammoniakemissie te verlagen zijn overwogen om verder uit te werken in dit rapport:

- Voermaatregelen:
 - Verlaging eiwitgehalte
 - Toevoeging benzoëzuur (VevoVital[®])
 - Toevoeging zure Ca-zouten (CaSO₄ of CaCl₂)
 - Verlaging kation/anion balans in het voer
 - Toevoeging fermenteerbare koolhydraten
- Simpele huisvestingsmaatregelen:
 - Verkleining emitterend kelderoppervlak (water/mest kanaal; schuine plaat)
 - Verdunnen van mest met water
 - Verlaging staltemperatuur door extra ventilatie
 - Koeling inkomende lucht
 - Roostervloer
 - Toevoegmiddelen aan de mest, o.a. aanzuren
 - Drinkwateropname
 - Balansballen in de mestkelder
 - Percentage dichte vloer vergroten
 - Afschot dichte vloer vergroten
 - Vloerkoeling (dichte vloer)
 - Klimaatsysteem (o.a. punt van afzuiging, grondkanaal- versus plafondventilatie)
- Managementmaatregelen
 - Minder dieren in de stal
 - Betere groei en voerconversie
 - Mesten van beren
 - Afleverstrategie (eerder afleveren)
 - Doorschuiven van vleesvarkens

2.2.2 Niet uitgewerkte maatregelen

Op basis van eerdere metingen, modelmatige inzichten en ervaringen met systemen zijn maatregelen geselecteerd die potentieel geschikt (effectief) zijn. In de volgende hoofdstukken worden die nader uitgewerkt.

De volgende maatregelen zijn niet uitgewerkt, omdat ze niet effectief of niet eenvoudig in een bestaande stal uitvoerbaar zijn:

- Toevoegmiddelen aan de mest: afgezien van aanzuren zijn er geen toevoegmiddelen die volgens een transparant beschreven mechanisme robuust werken en waarvan het effect in proeven aangetoond is; van veel toevoegmiddelen is de samenstelling bovendien niet getoetst op toelaatbaarheid in de bodem en mogelijke neveneffecten in de stal.
- Percentage dichte vloer vergroten: is in het algemeen niet effectief, aangezien de reductie van de kelderemissie (voor een deel) gecompenseerd wordt door een hogere emissie vanaf de vloer als gevolg van hokbevuiling. Daarnaast is het vergroten van het dichte vloeroppervlak en het verkleinen van het kelderoppervlak niet simpel uitvoerbaar in een bestaande stal.
- Afschot dichte vloer vergroten: is weinig effectief. Bij flinke hokbevuiling is de ammoniakemissie sowieso te hoog. Dit zal slechts beperkt gereduceerd kunnen worden door een vergroting van het afschot van de dichte vloer.
- Vloerkoeling: is niet eenvoudig in bestaande stallen aan te brengen. In stallen met vloerverwarming is het aantal leidingen in de vloer in het algemeen te gering om voldoende koelcapaciteit te behalen. Daarnaast zal het effect sterk afhankelijk zijn van de huidige situatie. Bij veel hokbevuiling in de zomer kan vloerkoeling een belangrijk effect hebben op de ammoniakemissie. Is er weinig bevuiling dan zal het effect gering zijn. De huidige emissiefactoren zijn in het algemeen tot stand gekomen bij een relatief geringe bevuiling van de dichte vloer.
- Klimaatstelsel: punt van afzuiging: is niet effectief, kan zelfs averechts werken als luchtsnelheid nabij emitterende oppervlakken toeneemt. Grondkanaal versus plafondventilatie: niet eenvoudig aan te passen en daarnaast waarschijnlijk weinig effectief.

2.3 Voermaatregelen

2.3.1 Verlaging eiwitgehalte

Het effect van eiwitgehalte in het voer op de ammoniakemissie is al vrij uitgebreid onderzocht, zowel nationaal ((Canh et al., 1998b; Le et al., 2007; Van der Peet-Schwing et al., 1996, 1997) als internationaal (Kay en Lee, 1997; Latimier en Dourmad, 1993). Dit onderzoek is steeds uitgevoerd bij vleesvarkens. Gemiddeld werden reducties gevonden van ca. 10-12,5% in ammoniakemissie bij elke 10 g/kg verlaging van het eiwitgehalte in het voer. De verlaging in ammoniakemissie wordt enerzijds bereikt door een verlaagd ammoniumgehalte van de mengmest en anderzijds door een verlaagde pH van de mengmest (Aarnink en Verstegen, 2007). Het eiwitgehalte van het voer kan bij vleesvarkens vanaf ca. 40 kg tegen niet al te grote meerkosten worden verlaagd naar ca. 135 – 140 g/kg. Bij jonge vleesvarkens tot 40 kg ligt dit ca. 10 g/kg hoger. Ten tijde van het vaststellen van de ammoniakemissiefactoren voor de traditionele stallen waren de eiwitgehalte niveaus voor vleesvarkens vanaf 40 kg ca. 160 – 165 g/kg en voor jonge vleesvarkens ca. 170 – 175 g/kg. Op dit moment liggen deze gehalten wat lager op ca. 150 – 155 g/kg voor varkens vanaf 40 kg en op ca. 160 – 165 g/kg voor vleesvarkens tot 40 kg.

2.3.2 Toevoeging benzoëzuur (VevoVital[®])

Het effect van toevoeging van benzoëzuur (VevoVital[®]) aan het voer op de ammoniakemissie is volgens het officiële meetprotocol (Ogink et al., 2005) onderzocht. Uit dit onderzoek is gebleken dat toevoeging van 1% benzoëzuur in het voer bij vleesvarkens de ammoniakemissie met gemiddeld 15,8% (\pm 4,2%) verlaagde (Aarnink et al., 2008). Aan vleesvarkensvoer mag maximaal 1% benzoëzuur worden toegevoegd. Aan voer voor gespeende biggen is dit maximaal 0,5%. Voor biggen is de ammoniakreductie nog niet vastgesteld. Benzoëzuur is tevens een groeibevorderaar en wordt al

regelmatig toegevoegd aan met name biggenvoerders als antwoord op het verbod op toevoeging van antibioticum aan het voer.

2.3.3 Vervanging CaCO_3 door CaSO_4 of CaCl_2 bij vleesvarkens

In de huidige vleesvarkenvoeders wordt calcium (Ca) in het algemeen in de vorm van CaCO_3 (kalk) aan het voer toegevoegd. Carbonaat is een base en zorgt voor een verhoging van de pH van de urine en de mengmest. Vervanging van CaCO_3 door een verzurende Ca-bron geeft een sterk effect op de pH van urine en mengmest. Vervanging van 3 g Ca in de vorm van CaCO_3 door 3 g Ca in de vorm van CaCl_2 of CaSO_4 gaf een verlaging van de urine pH met meer dan 1 eenheid en van de pH van de mengmest van ca. 0,8 eenheid (Canh et al., 1998a). Als gevolg van deze pH daling gaf voorgaande vervanging een ammoniakemissiereductie van 24% (Canh et al., 1998a). In het onderzoek van (Canh et al., 1998a) had vervanging van 3 of 6 g CaCO_3 per kg voer door CaCl_2 of CaSO_4 geen effect op de voeropname van de varkens. Deze varkens werden echter beperkt gevoerd. Bakker et al. (2002) geven aan dat een urine pH van 5,5 als een veilige ondergrens kan worden gehanteerd. Vervanging van 3 g Ca in de vorm van CaCO_3 door 3 g Ca in de vorm van CaCl_2 of CaSO_4 gaf in het onderzoek van Canh et al. (1998a) urine pH's boven de 5,5 bij een dEB van 320 mEq/kg ds van het voer. Bij een verlaging van de dEB naar 100 mEq/kg ds daalde de urine pH wel onder de 5,5.

Vervanging van CaCO_3 door CaSO_4 zou een verhoging kunnen geven van de geuremissie, aangezien het sulfaat in de mengmest wordt gereduceerd tot H_2S . Vervanging van CaCO_3 door CaCl_2 heeft daarom de voorkeur, omdat HCl geen geur veroorzaakt. De pH verlaging van de mengmest zal naar verwachting geen effect hebben op de geuremissie aangezien in het VevoVital onderzoek ook geen aantoonbaar effect op de geuremissie werd waargenomen.

2.3.4 Verlaging kation/anion balans in het voer

Een verlaging van de kation/anion balans geeft een verlaging van de urine-pH en daarmee een verlaging van de pH en de ammoniakemissie van de mengmest. De kation/anion balans kan op verschillende manieren worden gedefinieerd:

1. $(\text{Na} + \text{K}) - \text{Cl}$ (dEB)
2. $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$ (dEBS)
3. $(\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) - (\text{Cl} + \text{P} + \text{S})$ (dUA)

Naast vervanging van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4 kan dEBS tevens verlaagd worden door het Na- of K-gehalte in het voer te verlagen. Op basis van onderzoek van Canh e.a. (1998a) wordt ingeschat dat bij elke verlaging van dEBS met 100 mEq per kg ds voer de ammoniakemissie met 7% daalt. Het effect van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4 is groter dan voornoemd effect, aangezien een base (CO_3^{2-}) wordt vervangen door een zuur. De kation/anion balans mag niet te laag zijn, aangezien dan processen in het lichaam op gang komen om het zuur in bloed en urine te neutraliseren (o.a. ontkalking). De kation/anion balans sorteert onvoldoende effect om hier gericht op in te steken. Voor het inschatten van effecten van voersamenstelling op de ammoniakemissie (voer – ammoniakemissie model) moet deze echter wel meegenomen worden.

Voor verlaging van de anion/kation balans wordt geen effect op de geuremissie verwacht, aangezien de pH verlaging van de mengmest in het VevoVital onderzoek ook geen aantoonbaar effect op de geuremissie opleverde.

2.3.5 Extra toevoeging fermenteerbare koolhydraten aan het voer

Opname van (extra) fermenteerbare koolhydraten ofwel niet-zetmeel koolhydraten (NSP) aan het voer heeft op twee manieren invloed op de ammoniakemissie:

1. het zorgt voor een verschuiving van N-uitscheiding via de urine naar N-uitscheiding via de feces;
2. het zorgt voor een verlaging van de pH van de mengmest door een toename van het gehalte aan vluchtige vetzuren.

De verschuiving in N-excretie van urine naar feces wordt veroorzaakt doordat ureum in het bloed via uitscheiding in de dikke darm wordt gebonden in bacterieel eiwit (Bakker et al., 1996; Bakker en Dekker, 1998; Bakker et al., 1998). Fermenteerbare koolhydraten zorgen voor de noodzakelijke energie voor dit proces. Bij onvoldoende fermenteerbare koolhydraten wordt de ureum terug geresorbeerd in het bloed en vervolgens uitgescheiden via de urine. De afbraak van eiwit in de mengmest naar ammoniak is een veel langzamer proces dan de afbraak van ureum naar ammoniak. Volgens Spoelstra (1979) duur het bij 18°C 70 dagen voordat 43% van het eiwit in de mest is afgebroken. Ureumafbraak daarentegen is een kwestie van uren (Elzing et al., 1992; Elzing en Swierstra, 1993). Door verhoging van het NSP gehalte in het voer van 140 naar 310 g/kg vonden Canh et al. (1997) een verlaging in de verhouding tussen urine-N / feces-N van 3,8 naar 1,2. Door verschillende studies te combineren vond Jongbloed (2001) de volgende relatie tussen de verhouding urine-N/feces-N en NSP-gehalte in het voer: $Y = 178,1 X^{0,83}$ ($R^2=0,79$). Door verschillende onderzoeken te combineren (Canh et al., 1998b; Canh et al., 1998c; Canh et al., 1998d) komen we op de volgende schatting van NSP-gehalte op de ammoniakemissie: voor elke toename van het NSP-gehalte met 100 g/kg neemt de ammoniakemissie af met 12%. Dit effect kan variëren afhankelijk van de soort NSP.

Nadelen van het verhogen van het NSP-gehalte in het voer is: 1) de verteerbaarheid van de voercomponenten neemt af, waardoor de mestuitscheiding toeneemt (Moesser en Van Kempen, 2002); 2) de emissie van methaan neemt toe (Kirchgessner et al., 1991). Verhoging van het NSP-gehalte lijkt vooral een optie te zijn voor gaste en dragende zeugen en minder voor snel groeiende dieren (biggen, vleesvarkens) of dieren die moeilijk voldoende energie kunnen opnemen (zogende zeugen). Voor gaste en dragende zeugen heeft het voeren van voer met een hoog gehalte aan NSP's een gunstige invloed op het welzijn (Van der Peet-Schwering, 2002).

Het is niet bekend wat het effect is van fermenteerbare koolhydraten op de geuremissie. Aan de ene kant worden stikstof en zwavel vastgelegd in bacterieel eiwit, aan de andere kant worden extra vluchtige vetzuren gevormd. Verder onderzoek zal hier uitsluitsel over moeten geven.

2.3.6 Samenvatting effecten voermaatregelen

In Tabel 1 wordt een samenvatting gegeven van de effecten van voermaatregelen op de ammoniakemissie. Uit onderzoek van Van der Peet-Schwering et al. (1996) bleek dat het effect van voedingsmaatregelen gedeeltelijk teniet kan worden gedaan door hokbevuiling. In dit onderzoek werd het effect van fasevoeding onderzocht in twee verschillende staltypen. Hokbevuiling zal te allen tijde voorkomen moeten worden, aangezien dit de effecten van emissiearme maatregelen belangrijk kan overschaduwden. In de huidige stallen zijn echter al verschillende maatregelen genomen om hokbevuiling tegen te gaan.

Tabel 1 Samenvatting effecten voermaatregelen op de ammoniakemissie

Maatregel	Referentie waarde	Verandering	Eenheid	Verandering emissie per dier (%)
Eiwit verlaging	165	-15	g/kg voer	-15
	165	-30		-30
Toevoeging benzoëzuur (VevoVital [®])	0	10	g/kg voer	-16
CaCO ₃ → CaSO ₄ of CaCl ₂	0	3	g Ca/kg voer	-24
	0	6		-35
Kation/anion balans	320	-100	mEq/kg ds voer	-7
Fermenteerbare koolhydraten (NSP)	180	50	g/kg voer	-6
	180	100		-12

2.4 Simpele huisvestingsmaatregelen

2.4.1 Verkleining emitterend kelderoppervlak

Het emitterend kelderoppervlak in vleesvarkensstallen kan op een aantal manieren worden verkleind:

1. Het aanbrengen van een stankafsluiter bij volledige onderkeldering; daarmee wordt het emitterend mestoppervlak verkleind tot die van een gedeeltelijk roostervloerstal;
2. Het scheiden van de mestkelder in een water- en een mestkanaal en/of het aanbrengen van een schuine plaat (met overloop).

Ad 1. Het aanbrengen van een stankafsluiter bij volledige onderkeldering

Bedrijven met stallen die volledig zijn onderkelderd zouden de ammoniakemissie kunnen reduceren door stankafsluiters aan te brengen. De stankafsluiter moet er voor zorgen dat er geen luchtcontact is tussen de mest onder de dichte vloer en de lucht in de afdeling. Hierdoor wordt emissie van ammoniak uit de mest onder de dichte vloer voorkomen. Daarmee wordt hetzelfde effect verkregen als bij overgang van volledige naar gedeeltelijke onderkeldering. Volgens bijlage 1 van de Rav neemt de ammoniakemissie hiermee af van 3,0 tot 2,5 kg per vleesvarkenplaats per jaar, ofwel een reductie van 17%.

Ad 2. Het scheiden van de mestkelder in een water- en een mestkanaal en/of het aanbrengen van een schuine plaat

In bijlage 1 van de Rav (RAV-lijst) zijn verschillende emissiefactoren opgenomen voor het scheiden van de mestkelder in een water- en een mestkanaal en het verkleinen van het emitterend kelderoppervlak door het aanbrengen van een schuine plaat. In Tabel 2 worden deze systemen met de belangrijkste kenmerken weergegeven. De systemen zijn, afgezien van het type roostervloer, als volgt te typeren:

1. (water-) en mestkanaal, maximaal emitterend oppervlak < 0,18 m²/varken;
2. (water-) en mestkanaal, maximaal emitterend oppervlak < 0,27 m²/varken;
3. bolle vloerhokken met water- en mestkanaal; maximaal emitterend oppervlak < 0,22 m²/varken;
4. bolle vloerhokken met water- en mestkanaal; maximaal emitterend oppervlak < 0,30 m²/varken.

De belangrijkste redenen waarom deze systemen moeilijk te implementeren zijn in bestaande (traditionele) stallen is dat systemen 1 en 2 met een rioleringsysteem en systemen 3 en 4 met een bolle vloer moeten worden uitgevoerd. Bij systemen 3 en 4 wordt aangegeven dat een rioleringsysteem niet nodig is als de kelderdiepte meer dan 0,7 m bedraagt. Als dit toegepast zou kunnen worden bij systemen 1 en 2 dan biedt dit mogelijkheden om bestaande stallen relatief eenvoudig aan te passen. Dan zou immers met een schuine plaat in de mestkelder en een overloop volstaan kunnen worden. Bij een huidig emitterend oppervlak van het mestkanaal van 0,42 m²/varken en een kelderdiepte van 2,0 m, kan een schuine plaat onder een hoek van 63° het emitterend oppervlak verkleinen tot 0,27 m²/varken, wanneer de maximale mesthoogte wordt ingesteld op 1,0 m. Voor andere kelderdieptes en kelderbreedtes zijn soortgelijke berekeningen te maken. Op deze manier zou een systeem gecreëerd kunnen worden met een ammoniakemissiefactor van 1,4 kg/jaar.

Tabel 2 Systemen in de Rav met een water- en een mestkanaal en/of met een schuine plaat (www.infomil.nl)

Rav code	Omschrijving	Factor
D 3.2.7.1	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met metalen driekant roostervloer op het mestkanaal	
D 3.2.7.1.1	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met metalen driekant roostervloer op het mestkanaal, emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ² ; (Groen Label BB 97.07.056V2; (BWL 2004.03); BB 97.07.056/A 97.11.059V2)	1,0
D 3.2.7.1.2	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met metalen driekant roostervloer op het mestkanaal, emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ² ; (Groen Label BB 97.07.056V2; (BWL 2004.04); BB 97.07.056/A 97.11.059V2)	1,4
D 3.2.7.2	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal	
D 3.2.7.2.1	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal, emitterend mestoppervlak maximaal 0,18 m ² ; (Groen Label BB 99.02.070) (BWL 2004-05)	1,2
D 3.2.7.2.2	Mestkelders met (water- en) mestkanaal, mestkanaal met schuine putwand, met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal, emitterend mestoppervlak groter dan 0,18 m ² , maar kleiner dan 0,27 m ² , Groen Label BB 99.02.070	1,5
D 3.2.10	Bolle vloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekant rooster	
D 3.2.10.1	Bolle vloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekant rooster, hokoppervlak maximaal 0,8 m ² ; (BWL 2001.26)	1,4
D 3.2.10.2	Bolle vloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekant rooster, hokoppervlak groter dan 0,8 m ² ; (BWL 2001.27)	2,0
D 3.2.11	Hok met gescheiden mestkanalen	
D 3.2.11.1	Hok met gescheiden mestkanalen, hokoppervlak maximaal 0,8 m ² ; (BWL 2001.02)	1,8
D 3.2.11.2	Hok met gescheiden mestkanalen, hokoppervlak groter 0,8 m ² ; (BWL 2001.03)	2,5

2.4.2 Verdunnen van mest met water

Dit is een variant op het 'Cevardo-systeem met water' (Rav-code D3.2.5; Groen Label [BB 95.10.029V3](#)). Hierbij moet na het aflaten van de mest de mestkelder halfvol met water worden gezet. Het waterverbruik dient minimaal 1 m³ per dierplaats per jaar te bedragen en het drogestofgehalte van de mest mag niet hoger zijn dan 7,0%. In het 'Cevardo-systeem met water' wordt de mest afgevoerd middels een rioleringsstelsel. In traditionele stallen is veelal geen rioleringsstelsel aanwezig. In dit systeem mogen willekeurige afvoersystemen worden toegepast. Het water en de mest moeten echter wel in het mestkanaal opgeslagen kunnen worden. Als de mestkelder vol is, moet deze in één keer volledig leeg gemaakt kunnen worden, waarna de kelder opnieuw halfvol met water wordt gezet. De verwachting is dat met dit systeem de ammoniakemissie uit de mestkelder met 60% zal verminderen. Dit betekent een ammoniakreductie uit de stal van 46%, ofwel een vermindering van de ammoniakemissie van 2,5 naar 1,4 kg per vleesvarkenplaats per jaar.

2.4.3 Verlaging staltemperatuur door extra ventilatie

Uit berekeningen met het model van Aarnink en Elzing (1998) blijkt dat de vloeremissie met 1,2% en de kelderemissie met 6,8% afneemt bij elke °C verlaging van de staltemperatuur. Bij een verhouding tussen vloer- en kelderemissie van 3:7, komt dit overeen met een ammoniakemissiereductie van 5,1% per °C verlaging van de staltemperatuur. Dit model geeft tevens aan dat de ammoniakemissie uit de stal toeneemt met 6,5% bij een verhoging van het ventilatiedebiet met 10 m³/uur per varken.

Gezonde dieren die goed groeien kunnen prima bij lagere temperaturen worden gehuisvest dan de normen die worden aangegeven door het Klimaatplatform. Wanneer de hiervoor genoemde normen worden aangehouden zou de gemiddelde staltemperatuur uitkomen op ca. 21°C. Wanneer de temperaturen in de klimaatcomputer (begin temperatuur verwarming, begin temperatuur ventilatie) 2°C lager zouden worden ingesteld, dan zou deze lagere temperatuur gedurende 93% van de tijd gerealiseerd kunnen worden. Uit berekeningen blijkt dat hiervoor gemiddeld ca. 15% extra ventilatie nodig is (van gemiddeld 27 naar 31 m³/uur per vleesvarken). Bij de berekeningen is voor de maximale ventilatiecapaciteit uitgegaan van 70 m³/uur. Uit de gemodelleerde effecten in voorgaande paragraaf levert dit een overall ammoniakemissiereductie op van ca. 7%.

2.4.4 Koeling inkomende lucht

Er zijn een aantal systemen op de markt die de inkomende lucht kunnen koelen. We nemen als uitgangspunt dat het koelsysteem de 2°C lagere temperatuur zoals aangegeven in de vorige paragraaf kan bereiken met een maximale ventilatiecapaciteit van 40 m³/uur in plaats van 70 m³/uur, zoals in een normale situatie. Het gemiddelde ventilatiedebiet neemt daardoor naar verwachting af van gemiddeld 27 naar 22 m³/uur per vleesvarken. Uit deze gegevens en uit de in paragraaf 2.4.3 aangegeven effecten voor staltemperatuur en ventilatie, kan berekend worden dat de ammoniakemissie als gevolg van de koeling met ca. 14% daalt. Bij deze berekening is geen rekening gehouden met een eventueel effect van koeling op de hokbevuiling. Bij hoge buitentemperaturen zal koeling hokbevuiling beperken.

2.4.5 Roostervloer

Uit onderzoek van Aarnink et al. (1997) blijkt dat metalen driekantroosters de ammoniakemissie significant kunnen reduceren ten opzichte van standaard betonnen roosters (100 mm balk, 20 mm spleet). Door noppen te plaatsen op een deel van de roosters kan voorkomen worden dat de dieren, vooral bij warm weer, op de roosters gaan liggen en als gevolg daarvan op de dichte vloer gaan mesten. Hiermee kan de ammoniakemissie verder worden gereduceerd. In voorgaand onderzoek werden reducties van de ammoniakemissie gevonden van 27% (± 16%) voor het driekantrooster en van 36% (± 16%) voor het driekantrooster met noppen. Modelberekeningen (Aarnink en Elzing, 1998) bevestigden dit effect, alhoewel de berekende effecten iets lager lagen, namelijk 20,5% voor driekantrooster en 24% voor driekantrooster met noppen. In het hiervoor genoemd onderzoek was de kelderemissie, door het kleine emitterend kelderoppervlak, relatief gering. Omgerekend naar een stal met 70% roostervloer worden de geschatte reducties 18% voor het driekantrooster en 21% voor het driekantrooster met noppen. In het voornoemde onderzoek was een roosteroppervlak van 0,8 x 0,7 m² voorzien van noppen. Een betonnen rooster met 70 mm balk en 18 mm spleet en een gietijzeren rooster lieten geen significant effect op de ammoniakemissie zien ten opzichte van het standaard betonnen rooster.

Het is de verwachting dat noppen bij betonnen roosters een vergelijkbaar effect zullen geven als bij metalen driekantroosters. Dit betekent dat bij betonnen roosters ook een reductie van de ammoniakemissie mag worden verwacht van 3% wanneer een gedeelte van de roostervloer wordt voorzien van noppen. Het effect van noppen wordt groter naarmate in de referentiesituatie meer hokbevuiling optreedt.

In de huidige Rav-lijst wordt een reductie aan metalen driekantroosters toegekend variërend van 0,1 tot 0,2 kg/jaar. Dit komt overeen met reducties variërend van 6,7 tot 16,7%. Het toegekende effect in absolute zin in de Rav-lijst (0,1 – 0,2 kg/jaar) is beduidend lager dan de 0,4 kg/jaar (18% van 2,5 kg/jaar) die uit het onderzoek van Aarnink et al. (1997) kan worden berekend. Het voornoemde onderzoek is uitgevoerd in een experimentele stal. Metingen in praktijkstallen zullen moeten aantonen hoe groot het effect is onder praktijkomstandigheden. Voorlopig wordt vastgehouden aan de huidige maximale waarde in de Rav-lijst van 0,2 kg/jaar, ofwel een reductie van 8% op 2,5 kg/jaar.

Van andere typen dan de hiervoor genoemde roosters, bijvoorbeeld gecoate roosters, is het effect op de ammoniakemissie niet bekend. In het algemeen kan gesteld worden dat roostervloeren minder emitteren als er minder urine op de roosters achterblijft en als door de gladheid van de roosterbalken de urease-activiteit laag is.

2.4.6 Toevoegmiddelen aan de mest: aanzuren

Een aanzuursysteem met zwavelzuur is uitgebreid onderzocht in Denemarken. Het systeem wordt op de markt gebracht door Infarm onder de naam Infarm NH₄⁺ systeem. Het principe van het NH₄⁺ systeem van Infarm is dat de ammoniak in de mengmest wordt gebonden door de pH van de mengmest onder een bepaalde waarde te brengen (< 6,0). De pH wordt verlaagd door toevoeging van zwavelzuur aan de mest in een tussenopslagtank buiten de stal. Regelmatig wordt de verse mest in de stal weggespoeld met de aangezuurde mest en wordt een laagje aangezuurde mest in de

mestkelder gezet om de verse mest in op te vangen. Alle processen binnen dit systeem, zoals aanzuren, mengen van mest, spoelen van mest, zijn PLC gestuurd en de PLC wordt aangestuurd door een interface op de PC. De veehouder kan op deze PC het proces volgen en kan zien wanneer processen niet naar behoren verlopen door een afgegeven alarm. Zo nodig kan de veehouder instellingen van de besturing wijzigen. De PC interface biedt tevens de mogelijkheid aan de controlerende instantie om het functioneren van het systeem te inspecteren en te auditen.

Deze techniek is een BBT (best beschikbare techniek) in Denemarken voor melkveestallen. Uit Deens onderzoek bij vleesvarkens bleek dit systeem de ammoniakemissie uit de stal met 70% te kunnen reduceren (Kai et al., 2008). Daarnaast is uit ditzelfde onderzoek gebleken dat de emissiereductie 90% was tijdens de opslag (zonder afdekking) en 67% tijdens het oppervlakkig uitrijden van de mest. Het aanzuren van de mest bleek geen effect te hebben op de geuremissie uit de stal. Verder onderzoek in Nederland is nodig om dit systeem geschikt te maken voor de Nederlandse markt en er zal bekeken moeten worden of de huidige metingen in Denemarken voldoende zijn om een emissiefactor voor varkens vast te stellen. Veiligheid- en duurzaamheidsaspecten zullen ook aandacht moeten krijgen, bijvoorbeeld ten aanzien van risico's op H₂S-vorming en corrosie van materialen. Daarnaast zullen eventueel (aanvullende) validatiemetingen moeten worden gedaan om te bepalen of het systeem in Nederland net zo effectief is als in Denemarken. In Denemarken kunnen emissieniveaus immers anders liggen als gevolg van gebruik van andere voercomponenten die een andere mestsamenstelling geven.

2.4.7 Drinkwateropname

Verdunning van de mest met water zal de ammoniakemissie reduceren. In paragraaf 2.4.2 is aangegeven dat de ammoniakemissie belangrijk kan worden gereduceerd door de mest in de mestkelder te verdunnen met water. De mest kan ook verdund worden door de dieren meer water te laten opnemen of eventueel te laten vermorsen, zodat dit water ook in de mestkelder terecht komt. Het drinkwatersysteem heeft een belangrijke invloed op de wateropname. In Tabel 3 wordt aangegeven wat het effect is van de wateropname, weergegeven als de water/voer verhouding, op de ammoniakemissie. Deze effecten zijn bepaald door berekeningen met het MESPRO model (Aarnink et al., 1992) te combineren met het ammoniakemissiemodel. Het MESPRO model berekent het ammoniumgehalte van de mest afhankelijk van de voer- en wateropname, terwijl het ammoniakemissiemodel vervolgens het effect op de emissie bepaald. In Tabel 3 is tevens aangegeven met welke drinkwatersystemen deze water/voer verhoudingen gemiddeld worden gerealiseerd. Hierbij moet worden bedacht dat er grote variaties kunnen optreden in de water/voer verhouding tussen bedrijven. In Tabel 3 is een water/voer verhouding van 2,3 als referentie genomen. Het is echter niet bekend bij welke water/voer verhouding de emissiefactor is vastgesteld.

Tabel 3 Effect van de drinkwateropname, weergegeven als de water/voer verhouding, op de ammoniakemissie uit de stal

Water/voer	Drinkwatersysteem	Ammoniakemissie (%)
2,3	Referentie; gemiddeld	100
2,0	Brijbak	112
2,2	Drinkbakje	103
2,5	Drinknippel zonder morsbakje; brijvoerininstallatie	95

2.4.8 Balansballen in de mestkelder

Door het mestoppervlak in de mestkelder onder de roosters af te dekken met kunststofballen is er minder contact tussen de mestlaag en de lucht boven de mest. Daardoor is er minder uitwisseling van ammoniak en zo wordt de vervluchtiging van ammoniak uit de mest gereduceerd. De balansballen zijn voor 50% gevuld met water en 50% met lucht zodat ze blijven drijven. Het effect van balansballen op de ammoniakemissie is recentelijk vastgesteld bij vleesvarkens in stallen met volledige onderkeldering (Mosquera et al., 2009). Op 2 bedrijven was het leefoppervlak per dier kleiner dan 0,8 m² en op 2 bedrijven groter dan 0,8 m². De overall gemiddelde emissiereductie door toepassing van het balansballensysteem was 29%. Op één bedrijf was de emissiereductie aanmerkelijk hoger. Op de overige drie bedrijven was de gemiddelde emissiereductie 25%. Per bedrijf werd steeds een afdeling met en zonder balansballen vergeleken. Daarnaast werd per bedrijf een derde afdeling vergeleken

waarin balansballen werd toegepast in combinatie met toevoeging van 1% Vevovital aan het voer. De gemiddelde emissiereductie door toepassing van Vevovital was 18%. Dit sluit goed aan bij de eerder door Aarnink et al. (2008) op praktijkbedrijven gevonden emissiereductie van 15,8%.

Op basis van het voorgaande wordt voor balansballen in traditionele huisvesting voor vleesvarkens uitgegaan van een reductie van de ammoniakemissie van 25%. Hoe het effect van balansballen uitwerkt in emissiearme huisvestingssystemen zal nader (modelmatig) bepaald moeten worden.

2.4.9 Samenvatting effecten simpele huisvestingsmaatregelen

In Tabel 4 wordt een samenvatting gegeven van de effecten van simpele huisvestingsmaatregelen op de ammoniakemissie.

Tabel 4 Samenvatting effecten simpele huisvestingsmaatregelen op de ammoniakemissie

Maatregel	Referentie waarde	Verandering	Eenheid	Verandering emissie per dier, %
Verkleining emitterend kelderoppervlak	volledige onderkeldering	Stankslot		-17
	mestkanaal	mestkanaal + schuine plaat (emitterend opp. < 0,27 m ² /varken)		-40
Verdunnen met water	geen water	> 1 m ³ water /jaar		-46
	21	-2	°C	-7
Staltemperatuur en ventilatie	21	-2	°C	-13
Koeling inkomende lucht	21	-2	°C	-13
Roostervloer	betonrooster	Driekant		-8
		Driekant + noppen		-11
		Betonrooster + noppen		-3
Aanzuren Drinkwater	pH=8,0	pH<6,0		-70
	2,3	2,5	L/kg voer	-5
Balansballen	geen	wel		-25

2.5 Managementmaatregelen

2.5.1 Minder dieren in de stal

Door structureel minder dieren op te leggen kan een emissiereductie bewerkstelligd worden. Belangrijk daarbij is dat emissies vanuit mestkelders nog lang kunnen voortgaan als er geen dieren in een hok of afdeling zijn. Daarom is het van belang om per mestkanaal (veelal per afdeling) volledige leegstand van stal en mestkelder te realiseren. Als het vergunde aantal dierplaatsen wordt verlaagd met bijvoorbeeld 20% en voor deze 20% volledige leegstand van mestkelders en hokken wordt gerealiseerd, is de afname van de emissie ook 20%.

Als in of na 2013 vanwege de welzijnseis van minimaal 1 m² per dier¹, het aantal dierplaatsen wordt verminderd kan het netto effect van enerzijds een afname van het aantal dieren en anderzijds een toename van de oppervlakte per dier direct afgeleid worden uit de dieraantallen en de emissiefactoren in de Rav (die beschreven zijn bij een oppervlakte per dier ≤ 0,8 m²/dier en > 0,8 m²/dier). Voor een afdeling met 100 dieren en een oppervlakte per dier van 0,70 m² is de totale ammoniakemissie uit de afdeling volgens de Rav 250 kg/jaar. Bij vergroting van het oppervlak per dier naar 1,0 m² zal de emissie per dier stijgen van 2,5 naar 3,5 kg/jaar. De ammoniakemissie uit de afdeling, waar nog maar 70 dieren zijn gehuisvest, zal dalen van 250 naar 245 kg/jaar. Modelmatige berekening van het effect van oppervlaktevergroting op de ammoniakemissie laat een iets grotere reductie zien van de ammoniakemissie, namelijk van 250 naar 231 kg/jaar.

2.5.2 *Betere groei en voerconversie*

Modelberekeningen laten een relatief gering effect zien van groei en voerconversie op de ammoniakemissie. Bij een toename van de groei met 50 g/d en een gelijkblijvende voeropname, neemt de ammoniakemissie af met 3%. Bij een verbetering van de voerconversie met 0,1 kg voer per kg groei neemt de modelmatig ingeschatte ammoniakemissie, bij een gelijkblijvende groei, af met 2%. Bij voorgaande berekeningen is er steeds van uit gegaan dat de water/voer verhouding gelijk blijft.

Deze berekeningen tonen aan dat de groei en voerconversie slechts een gering effect hebben op de ammoniakemissie en daardoor geen belangrijke maatregel zijn om de ammoniakemissie terug te dringen.

2.5.3 *Mesten van beren*

Uit verschillende buitenlandse onderzoeken (Van der Peet-Schwering, mondelinge mededeling, 2010) is gebleken dat bij onbeperkte voeding beren een vergelijkbare groei hadden dan borgen, maar een voerconversie hadden die 0,3 kg/kg lager lag. Uit deze onderzoeken kwam tevens naar voren dat bij beperkte voeding de beren 60 g/d harder groeiden en een voerconversie hadden die 0,5 kg/kg lager lag dan bij de borgen. Modelberekeningen laten zien dat de ammoniakemissie bij het mesten van onbeperkt gevoerde beren naar verwachting 5% lager ligt, terwijl dit bij beperkt gevoerde beren 9% lager ligt dan bij borgen. Een belangrijke veronderstelling bij deze berekeningen is dat het eiwitgehalte in het voer van beren gelijk is aan die van de borgen. Wanneer beren een voer krijgen met een hoger gehalte aan eiwit, dan moet hiervoor gecorrigeerd worden (zie paragraaf 2.3.1 voor het effect van eiwitgehalte op de ammoniakemissie). Wanneer op een bedrijf zowel beren als zeugjes worden gemest (in de verhouding 50/50), dan is het totaal effect op de ammoniakemissie de helft van de getallen die hiervoor zijn berekend, dus 2,5% verlaging van de ammoniakemissie bij onbeperkte voeding en 4,5% bij beperkte voeding.

Voorgaande berekeningen tonen aan dat het mesten van beren niet zoveel effect heeft op de ammoniakemissie. Dit effect zal voor een belangrijk deel verloren gaan of zelfs negatief worden als beren voer krijgen met een hoger eiwitgehalte.

¹ Volgens het varkensbesluit zou de oppervlakenorm in 2013 naar 1 m² per varken gaan. De minister van LNV heeft kort voor afronding van dit rapport in een brief aan de Tweede Kamer gemeld dat zij een besluit over de oppervlakenorm wil koppelen aan de herziening van de Europese Varkensrichtlijn die voor de komende jaren op het programma staat. De minister zal in Brussel pleiten voor een snelle herziening. Als compensatie wil Verburg de oppervlakenorm voor alle vleesvarkens per 2013 vastleggen op 0,8 m² per dier. Dat geldt dan ook voor vleesvarkens in stallen van voor 1998. De minister laat onderzoeken of het mogelijk is varkenshouders vanaf 2011 alleen subsidie te geven voor extra welzijnsmaatregelen als zij minimaal 0,4 m² voor biggen en 1 m² voor vleesvarkens aan leefoppervlakte hanteren. Tegen deze achtergrond wordt hier volstaan met het beschrijven van de impact op de ammoniakemissie als t.z.t. zou moet worden overgegaan van ≤0,8 naar 1 m².

2.5.4 Afleverstrategie

Om het effect van eerder of later afleveren in te schatten is gebruik gemaakt van nog niet gepubliceerde relaties tussen:

- Ventilatie niveau als functie van Buitentemperatuur en Diergewicht.
- Ammoniakemissie als functie van het aldus afgeleide ventilatie niveau.

Deze relaties zijn ontleend aan meta-analyses op alle bruikbare data van een groot aantal stalmetingen die voor het vaststellen van emissiefactoren in Nederland eerder zijn uitgevoerd.

Bij een gewicht van 25 tot 130 kg met stapjes van 5 kg is het ventilatie niveau en het emissie niveau op basis van de hiervoor beschreven relaties berekend bij temperaturen van -14 tot 28 °C met stapjes van 1 graad Celsius. De aldus berekende emissies zijn gewogen naar het aantal uren per jaar dat de betreffende temperaturen voorkomen. Dit op basis van normalen van het KNMI: die beschrijven het aantal uren per jaar dat een bepaalde buitentemperatuur (afgerond op hele graden Celsius) voorkomt; gemiddelden over een meetreeks van 30 jaren.

Bij een 15 kg lager aflevergewicht zijn de berekende emissies voor de stappen van 5 kg boven de 100 kg niet meegewogen. Bij een regulier aflevergewicht zijn de stappen van 5 kg boven de 115 kg niet meegewogen. Bij een 15 kg hoger aflevergewicht zijn de stappen van 5 kg tot en met 130 kg meegewogen.

Eerder afleveren (lager eindgewicht):

Uit deze berekeningswijze volgt dat de ammoniakemissie zal dalen met 19,5% als de varkens worden afgeleverd op een levend gewicht van 101,5 kg in plaats van 116,5 kg.

Later afleveren (hoger eindgewicht):

Uit deze berekeningswijze volgt dat de ammoniakemissie zal stijgen met 11% als de varkens worden afgeleverd op een levend gewicht van 131,5 kg in plaats van 116,5 kg.

2.5.5 Doorschuiven van vleesvarkens

Bij implementatie van de nieuwe oppervlakenormen voor vleesvarkens² (zie Tabel 5) kan het aantrekkelijk worden om de dieren bij een bepaald gewicht door te schuiven naar grotere hokken. In de huidige Rav-lijst wordt ten aanzien van de ammoniakemissie onderscheid gemaakt tussen oppervlakten van maximaal 0,80 m² per varken en oppervlakten groter dan 0,80 m². Voor traditionele stallen gelden ammoniakemissies van 2,5 kg per jaar voor varkens gehuisvest bij een oppervlakte van maximaal 0,80 m² per varken en van 3,5 kg per jaar voor varkens gehuisvest bij een oppervlakte van meer dan 0,80 m² per varken. Door varkens eenmalig te verschuiven bij een gewicht van ca. 85 kg, kunnen ongeveer 2/3 deel van de varkens worden gehuisvest bij 0,8 m², terwijl de zware varkens (1/3 deel) worden gehuisvest bij 1,0 m². Dit geeft een verlaging van de ammoniakemissie in traditionele stallen van 3,5 naar 2,8 kg per vleesvarkenplaats per jaar.

Tabel 5 Oppervlakenormen voor vleesvarkens per 1 november 1998 en de nieuwe oppervlakenormen waarvan de invoering door LNV wordt uitgesteld in afwachting van Europese harmonisatie. Volgens het oorspronkelijke varkensbesluit zouden de nieuwe normen per 2013 worden ingevoerd

Gewicht, kg	Oppervlakenorm 1998, m ²	Nieuwe Oppervlakenorm, m ²
15 – 30	0,30	0,40
30 – 50	0,50	0,60
50 – 85	0,65	0,80
85 – 110	0,80	1,00
> 110	1,00	1,30

² In maart 2010 heeft de minister van LNV aangegeven te willen afzien van invoering van de nieuwe oppervlakenorm van 1 m² per vleesvarken in 2013. In dit rapport wordt het doorschuiven van vleesvarkens slechts als een optie beschreven voor het geval de oppervlakenorm in de toekomst alsnog zou worden ingevoerd

2.5.6 *Samenvatting effecten management maatregelen*

In tabel 6 wordt een samenvatting gegeven van de effecten van management maatregelen op de ammoniakemissie.

Tabel 6 Samenvatting management maatregelen op de ammoniakemissie

Maatregel	Referentie waarde	Verandering	Eenheid	Verandering emissie per dier, %
Minder dieren in stal:				
- afdelingen leeg laten	10	-3	afdelingen	-30 ^{a)}
- groter oppervlak per dier	0,7	0,3	m ²	40 ^{b)}
Betere groei	750	50	g/d	-3
Betere voerconversie	3,0	-0,1	kg/kg	-2
Mesten van beren	borgen	beren		
- onbeperkt voer				-5
- beperkt voer				-9
Eerder afleveren	115	-15	kg	-20
Doorschuiven (alleen relevant bij oppervlakte per dier van 1,0 m ²)	niet	wel		-20

^{a)} Per dier in de oorspronkelijke situatie (referentie)

^{b)} Als bij oppervlaktevergroting het aantal dieren evenredig afneemt in de stal, zal de totale emissie uit de stal met 2% afnemen

3 Gecombineerde maatregelen

3.1 Perspectievolle maatregelen

In Tabel 7 worden de meest perspectievolle maatregelen weergegeven om de ammoniakemissie te reduceren, zoals die naar voren zijn gekomen in hoofdstuk 3. Met deze maatregelen zal in de rest van dit rapport verder worden gewerkt.

Tabel 7 Perspectievolle maatregelen die in combinatie met andere maatregelen een significant effect sorteren op de ammoniakemissie

Voermaatregelen	Simpele huisvestingsmaatregelen	Management maatregelen
<ul style="list-style-type: none"> • Eiwitverlaging voer • Toevoeging benzoëzuur (VevoVital[®]) • $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaSO}_4$ of CaCl_2 	<ul style="list-style-type: none"> • Stankslot • Schuine plaat • Verdunnen met water • Driekantrooster • Aanzuren • <i>Balansballen</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Afdelingen leeg laten • Eerder afleveren • Doorschuiven

3.2 Effecten van mogelijke combinaties

3.2.1 Berekening van gecombineerde effecten

In de volgende subparagrafen zal voor elke perspectievolle maatregel aangegeven worden of deze gecombineerd kan worden met andere perspectievolle maatregelen die naar voren komen in dit rapport en met andere emissiearme systemen die al opgenomen zijn in de Rav. Tevens zal aangegeven worden of de effecten van de gecombineerde maatregelen additief zijn, dat wil zeggen dat de effecten onafhankelijk van elkaar zijn en bij elkaar kunnen worden opgeteld, of dat de ene maatregel het effect van de andere maatregel beïnvloedt (interactie tussen de maatregelen). Bij additiviteit kunnen twee situaties worden onderscheiden: 1) de maatregel werkt op verschillende emissiebronnen; 2) de maatregel werkt op dezelfde emissiebron. In een varkensstal kunnen twee bronnen worden onderscheiden voor ammoniak: de vloer en de mestkelder. Maatregelen die invloed hebben op de emissie uit de mestkelder zullen de vloeremissie niet of nauwelijks beïnvloeden en andersom. Als maatregelen inwerken op verschillende bronnen dan mogen absolute emissiereducties bij elkaar opgeteld worden. Werken maatregelen op dezelfde bron en ze beïnvloeden elkaars effect niet dan moet de reductie van de tweede maatregel bepaald worden op basis van de emissie die overblijft nadat de emissiereductie van de eerste maatregel van de emissie zonder maatregelen afgetrokken is.

Voorbeelden:

Uitgangspunten: totale emissie: 2,5 kg/jaar per vleesvarkenplaats; 30% komt vanaf de vloer (0,75 kg) en 70% komt uit de mestkelder (1,75 kg); gedeeltelijk roostervloerstal met betonnen roosters.

- Voorbeeld 1:
 - Betonnen roosters worden vervangen door metalen driekantroosters; in de mestkelder worden balansballen aangebracht.
 - Driekantroosters geven een emissiereductie uit de stal van 8%.
 - Balansballen geven een emissiereductie uit de stal van 25%.
 - De emissiereductie van deze gecombineerde maatregel is: $8\% + 25\% = 33\%$.

Andere wijze van berekenen:

- De driekantroosters verlagen de vloeremissie met 27%, ofwel met 0,20 kg.
- De balansballen verlagen de kelderemissie met 36%, ofwel met 0,63 kg.
- De totale reductie is $0,20 + 0,63 = 0,83$ kg, ofwel een reductie van 33%.

- Voorbeeld 2:
 - Er wordt een schuine plaat aangebracht in de mestkelder; de mest wordt verdund met water.
 - De schuine plaat reduceert de ammoniakemissie uit de stal met 43%; de reductie uit de mestkelder is 61%.
 - Verdunnen van mest met water reduceert de ammoniakemissie uit de stal met 45%; de reductie uit de mestkelder is 65%.
 - De ammoniakemissie van de combinatie van deze maatregelen is: $0,75 + (1 - 0,61) * (1 - 0,65) * 1,75 = 0,99$ kg, ofwel een totale reductie van 60%.
- Voorbeeld 3:
 - Aanvullend op voorbeeld 1 (driekanroosters + balansballen) worden de varkens bij 100 kg levend gewicht afgeleverd. Dit geeft een emissiereductie van 20%.
 - De ammoniakemissie uit de stal kan als volgt worden berekend: $(1 - 0,20) * (1 - 0,33) * 2,5 = 1,3$ kg, ofwel een reductie van 46%.

3.2.2 Voermaatregelen

Voermaatregelen kunnen met alle andere emissiearme technieken worden gecombineerd. De belangrijkste vraag hierbij is of de voermaatregelen relatief gezien even effectief zijn voor emissiearme stallen als voor standaard stallen. Voor deze analyse is het belangrijk om te kijken naar de verschillende emissiereducerende principes van voermaatregelen:

- Verlaging eiwitgehalte voer → verlaging N-uitscheiding urine → lagere ammoniumconcentraties in urine en mengmest.
- Toevoeging VevoVital en vervanging van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4 → verlaging pH urine → verlaging pH mengmest.

Het merendeel van de varkensstallen hebben een roostervloer met daaronder een mestkelder. De urine en feces komen gescheiden terecht op de roostervloer, waarna ze in de mestkelder met elkaar mengen. Ammoniak vervluchtigt vooral uit de urine en de mengmest. Een deel van de ammoniak vervluchtigt daarbij vanaf het rooster en een ander deel vanuit de mestkelder. Bij varkens vervluchtigt het merendeel van de ammoniak uit de mestkelder. Voorgaande zaken zijn van belang om te bepalen of er een interactie is tussen het effect van voermaatregelen en het effect van emissiearme technieken, zoals nu opgenomen in de Rav. Voor luchtwassers geldt al dat de effecten van emissiearme technieken additief zijn ten opzichte van het effect van de luchtwasser.

Ad 1. Verlaging eiwitgehalte voer

Verlaging van het eiwitgehalte van het voer zorgt er voor dat zowel het ammoniumgehalte in de urine als het ammoniumgehalte in de mengmest wordt verlaagd en wel (vrijwel) in dezelfde mate. Dit betekent dat ook de ammoniakemissiereductie vanaf de roostervloer vergelijkbaar zal zijn met die vanuit de mestkelder. Het relatieve effect van deze voermaatregel zal daarom zowel voor emissiearme technieken die insteken op vermindering van de ammoniakemissie vanaf de roostervloer als op vermindering van de ammoniakemissie uit de mestkelder vergelijkbaar zijn.

Ad 2. Toevoeging benzoëzuur (VevoVital[®]) en vervanging van CaCO_3 door CaCl_2 of CaSO_4

Deze maatregelen verlagen de pH van de urine en de pH van de mengmest. Hierbij wordt de pH van de urine in het algemeen meer verlaagd dan de pH van de mengmest, aangezien de mengmest een grotere bufferende werking heeft dan de urine. Op basis hiervan mag je een grotere emissiereductie vanaf het rooster dan uit de mestkelder verwachten. Dit geldt echter alleen als de oude urineplassen regelmatig worden weggespoeld met nieuwe urineplassen. De emissiesnelheid van ammoniak neemt namelijk weliswaar af bij een lagere pH, maar de hoeveelheid ammonium-N is gelijk. Als de urineplas voldoende tijd krijgt om vrijwel alle ammonium-N in de vorm van ammoniak te emitteren, zal er weinig effect zijn van de urine-pH op de ammoniakemissie. In het algemeen kan voor varkensstallen worden gesteld dat urineplassen regelmatig ververs worden en daardoor niet gemakkelijk uitgeput zullen raken t.a.v. ammonium-N. De verwachting is dat het effect van deze maatregel op de roosteremissie niet veel zal afwijken van die van de kelderemissie. Modelberekeningen zullen hier een betere onderbouwing aan kunnen geven.

Conclusie gecombineerde effecten van voermaatregelen

In het algemeen kan gesteld worden dat er geen of weinig interactie zal optreden tussen voermaatregelen om de ammoniakemissie te beperken en andere emissiereducerende technieken. De effecten van voermaatregelen en andere maatregelen zijn daarom additief. De hierboven genoemde voermaatregelen zijn onderling ook additief. Bij een combinatie van verzurende componenten, bijvoorbeeld VevoVital en CaCl₂, moet er voor gewaakt worden dat het zuur/base evenwicht van het varken niet verstoord raakt. Hiervoor wordt een ondergrens van de urine-pH aangehouden van 5,5.

3.2.3 Simpele huisvestingsmaatregelen

De simpele huisvestingsmaatregelen zijn allemaal heel verschillend en zullen daarom hierna apart behandeld worden ten aanzien van mogelijke combinaties met andere maatregelen. Zoals in paragraaf 3.2.2 al aangegeven kunnen voermaatregelen met vrijwel alle andere emissiearme technieken worden gecombineerd en zal er weinig of geen interactie optreden met het effect van de andere maatregelen. Daarom zal voor onderstaande simpele huisvestingstechnieken niet steeds herhaald worden dat ze gecombineerd kunnen worden met voermaatregelen. Ook voor de managementmaatregelen geldt dat ze met alle 'combimaatregelen' en emissiearme technieken in de Rav gecombineerd kunnen worden. Hetzelfde geldt voor luchtwassystemen, dat wil echter niet zeggen dat deze combinaties ook logisch zijn. Als voor een luchtwasser wordt gekozen zal een varkenshouder niet snel genegen zijn om ook nog in andere emissiearme maatregelen te investeren.

Stankslot

Het stankslot (in de mestkelder op de grens tussen roostervloer en dichte vloer) zou gecombineerd kunnen worden met de volgende 'combimaatregelen':

- Verdunnen met water
- Driekantrooster
- Balansballen

Het stankslot kan niet goed gecombineerd worden met de meeste emissiearme systemen in de Rav-lijst, aangezien die systemen zich richten op gedeeltelijke onderkeldering. Een uitzondering is het koeldekstelsysteem, deze zou wel bij een volledige onderkeldering toegepast kunnen worden.

De effecten van de maatregelen waarmee het stankslot gecombineerd kan worden zijn additief.

Schuine plaat

De schuine plaat zou gecombineerd kunnen worden met de volgende 'combimaatregelen':

- Verdunnen met water
- Driekantrooster

Combinaties met aanzuren of het toevoegen van formaldehyde zou kunnen, maar is niet logisch, omdat deze toevoegmiddelen de emissie uit de mestkelder al vrijwel tot nul reduceren. De toegevoegde waarde van een schuine plaat is daardoor vrijwel nihil. Combinaties met spoelgoten, koeldek en mestbanden zijn ook niet mogelijk, aangezien deze maatregelen een rechthoekige mestkelder vereisen.

De effecten van de maatregelen waarmee de schuine plaat gecombineerd kan worden zijn additief.

Verdunnen met water

De mest verdunnen met water zou gecombineerd kunnen worden met de volgende 'combimaatregelen':

- Schuine plaat
- Driekantrooster

Het verdunnen van de mest met water is niet logisch in combinatie met emissiearme systemen die insteken op een sterke reductie van de ammoniakemissie uit de mestkelder, zoals koeldek, toevoegen van zuur of formaldehyde. Verdunnen van de mest met water gaat niet samen met mestbanden.

De effecten van de maatregelen waarmee het verdunnen met water gecombineerd kan worden zijn additief.

Driekantrooster

Metalen driekantroosters, al dan niet in combinatie met noppen, kunnen in alle vleesvarkensstallen met roostervloeren worden toegepast. Het toepassen van driekantroosters is één van de weinige maatregelen die de emissie vanaf de vloer reduceert. Deze maatregel is daarom zeer effectief in combinatie met maatregelen die de emissie uit de mestkelder reduceren, zoals al is aangegeven in paragraaf 3.2.1.

Aanzuren

Aangezien door het aanzuren met zwavelzuur de ammoniakemissie uit de mestkelder vrijwel tot nul reduceert, heeft het weinig zin om deze techniek te combineren met andere emissiearme technieken die op de mestkelder zijn gericht. Om tot verdere ammoniakemissiereductie te komen zou deze techniek wel gecombineerd kunnen worden met technieken die op de roosteremissie zijn gericht (vervanging betonroosters door driekantroosters).

Balansballen bij vleesvarkens

Balansballen kunnen in vleesvarkensstallen vooral toegepast worden in traditionele volledig en gedeeltelijk onderkelderde roostervloerstallen. Hiervoor is ook het reductiepercentage vastgesteld. Ze zijn tevens goed te combineren met emissiearme bolle vloerhokken en met hokken met gescheiden mestkanalen. Hiervoor zal het totale effect op de ammoniakemissie echter nog (modelmatig) bepaald moeten worden. Daarnaast zouden balansballen eventueel ook toegepast kunnen worden in combinatie met luchtwassystemen. Balansballen zijn niet of minder geschikt voor toepassing in combinatie met de andere emissiearme systemen, zoals mestkoeling, schuine plaat, spoelen met ammoniakarme of zure vloeistof en spoelgoten.

3.2.4 Managementmaatregelen

Zoals hiervoor al aangegeven kunnen managementmaatregelen met alle andere emissiearme maatregelen worden gecombineerd. De effecten van deze gecombineerde maatregelen zijn onafhankelijk van elkaar en daardoor additief.

4 Kosten van combimaatregelen

Van de perspectiefvolle maatregelen zoals genoemd aan het begin van hoofdstuk 3 zijn de kosten doorgerekend. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd (zie ook Vermeij et al., 2009):

- Vleesvarkensbedrijf met 4 200 dierplaatsen op 1,0 m² per vleesvarken;
- Rentepercentage: 5%;
- Afschrijvings- en onderhoudspercentage zijn afhankelijk van de maatregel;
- Voermaatregelen: een vleesvarken eet 247 kg voer. Een voerprijsverhoging van bijvoorbeeld €0,60 per 100 kg kost dus €1,48 per afgeleverd vleesvarken.

De doorgerekende kosten voor de perspectiefvolle combimaatregelen worden weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 Investeringskosten, jaarkosten en jaarkosten per 10% ammoniakreductie voor perspectiefvolle combimaatregelen (per dierplaats)

Maatregel	Referentie	Verandering	Investing	Jaarkosten	Kosten / (10% NH ₃ reductie)
Verlagen eiwitgehalte, g/kg	165	-15		-€ 2,07	-€ 1,38
		-30		€ 5,91	€ 1,97
Toevoeging benzoëzuur (VevoVital [®]), g/kg	0	10		€ 9,94	€ 6,21
CaCO ₃ --> CaSO ₄ , g/kg	0	3		€ 4,38	€ 1,83
		6		€ 8,77	€ 2,50
CaCO ₃ --> CaCl ₂ , g/kg	0	3		€ 4,38	€ 1,83
		6		€ 8,77	€ 2,50
Stankslot, -	geen	wel	€ 12,00	€ 2,00	€ 1,18
Schuine plaat, -	geen	wel	€ 30,00	€ 3,00	€ 0,70
Verdunnen met water ¹⁾ , -	niet	wel	€ 61,00	€ 16,00	€ 3,48
Driekantrooster, -	beton	driekant	€ 10,77	€ 1,87	€ 2,34 ²⁾
Aanzuren H ₂ SO ₄ (Deens systeem), pH	8	<6,0	€ 35,00	€ 9,00	€ 1,29
Balansballen, -	geen	wel	€ 65,00	€ 4,85	€ 1,94
Afdelingen leeg laten, n dieren	1000	-300	€ 0,00	€ 13,57	€ 4,52
Eerder afleveren, kg diergewicht	114	-10	€ 0,00	€ 22,58	€ 11,58
Doorschuiven van varkens ³⁾ , -	niet	bij 85 kg	-€ 1,48	€ 4,73	€ 2,37

¹⁾ Bij verdunnen met water zijn de jaarkosten opgesplitst in € 7 voor de investering en € 9 exploitatiekosten (o.a. hogere mestafzetkosten);

²⁾ Gerekend bij een reductie van 8% (0,2 kg/jaar);

³⁾ Bij het doorschuiven van de varkens op 85 kg hebben ze eerst 82 dagen op 0,8 m² gezeten en daarna 34 dagen op 1,0 m². Dit levert een besparing op in huisvestingskosten van € 0,50 per afgeleverd vleesvarken, maar een toename in arbeidskosten in verband met schoonmaken van € 2,20 per afgeleverd vleesvarken.

Het perspectief van combimaatregelen wordt sterk bepaald door de investering die ervoor nodig is met de bijbehorende jaarkosten. Voor de korte termijn, zijn met name hoge investeringen minder interessant, terwijl voor lange termijn vooral het variabele deel van de jaarkosten nadelig kan uitpakken. In Tabel 8 zijn de kosten weergegeven voor een gemiddelde uitgangssituatie. De eerste vier maatregelen uit Tabel 8 vergen geen investering en geven alleen variabele jaarkosten. Het verlagen van het eiwitgehalte en vervanging van CaCO₃ door CaSO₄ of CaCl₂ leidt tot de minste kosten per 10% NH₃-reductie en zouden daarmee het eerst in aanmerking komen voor bedrijven die niet willen investeren in installaties. Een kleine verlaging van het eiwitgehalte leidt zelfs tot een besparing van kosten. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het optimale eiwitniveau, op basis van kosten, op dit moment lager ligt (150 g/kg) dan ten tijde van bepaling van de emissiefactor (165 g/kg). Het toevoegen van benzoëzuur brengt veel hogere kosten met zich mee. Benzoëzuur (VevoVital[®]) heeft echter als voordeel dat het in het algemeen een betere groei en voerconversie geeft (antibioticumvervanger).

Van de maatregelen die wel investeringen met zich meebrengen, zijn een stankslot en een driekantrooster de goedkoopste, maar deze geven slechts een beperkte reductie. Daarbij moet bedacht worden dat het effect van een driekantrooster op dit moment waarschijnlijk laag is ingeschat. Een schuine plaat brengt weliswaar hogere investeringskosten van € 30,- per dierplaats met zich mee, maar door de grotere emissiereductie, leidt dit tot de laagste kosten per 10% NH₃-reductie (€ 0,70 per 10% NH₃-reductie). Het aanzuren van mest (Deens systeem) en balansballen leiden tot forse investeringen per dierplaats (respectievelijk € 35,- en € 65,-), maar door een hoge emissiereductie zijn de kosten per 10% NH₃-reductie niet het hoogst van alle maatregelen. De hoogste kosten zitten bij het verdunnen met water, het leeg laten van afdelingen en eerder afleveren. Deze drie maatregelen bieden daarom in het algemeen minder perspectief. Bedacht moet echter worden dat deze kosten sterk bedrijfsspecifiek zijn. Stallen kunnen bijvoorbeeld al afgeschreven zijn waardoor de kosten van leeg laten lager zullen zijn. Bij verdunnen van mest met water zijn de mestafzet kosten sterk afhankelijk van de aanwendingsmogelijkheden op het eigen bedrijf. Het doorschuiven van varkens leidt weliswaar tot lagere huisvestingskosten, maar door de extra arbeid, met name vanwege extra schoonmaaktijd, leidt dit toch tot redelijk hoge kosten.

5 Controle en handhaafbaarheid

5.1 Algemeen

Bij controle en handhaving is onderscheid tussen voeding-, huisvesting- en managementmaatregelen relevant. Per categorie worden hierna de controle en handhavingmogelijkheden geduid. Indien de agrarische ondernemer gebruik wil maken van een combinatie van maatregelen en een daaraan gekoppelde emissie(factor) ligt het voor de hand dat deze zelf verantwoordelijk is voor het beschikbaar hebben en actualiseren van de documentatie en het toegankelijk zijn van zijn bedrijf voor steekproefsgewijze fysieke controle van zijn bedrijf. In tabel 9 is per maatregel kort aangegeven hoe controle en handhaving mogelijk is.

Ter beperking van de administratieve lastendruk licht het voor de hand om de documentatie digitaal via een beschermde verbinding beschikbaar te laten maken, inclusief aan en afvoer van dieren met specificatie van diergewichten. Bij toepassing van voermaatregelen is dat inclusief actuele en historische administratie van voerhoeveelheden en specificaties van de leverancier.

5.2 Controle en handhavingmogelijkheden per categorie

5.2.1 Voermaatregelen

Eerder zijn Startnotities gemaakt voor opname van VevoVital en een verlaagd eiwitgehalte in het voer in de Rav (Levrouw et al., 2006; Wegereef et al., 2007). Deze Startnotities zijn voorgelegd aan de TAC-Rav en in 2009 akkoord bevonden als vertrekpunt voor een implementatietraject van deze afzonderlijke voermaatregelen. In de startnotities is aandacht besteed aan controle en handhavingaspecten. In deze paragraaf wordt daarvan gebruik gemaakt. Voor de vergunningverlenende instantie is het van belang dat er controle mogelijk is op de toepassing van ammoniakemissiearme voeders. Gebruik van emissiearme voeders kan worden gecontroleerd en gehandhaafd als de volgende punten in acht worden genomen:

1. De mengvoederfabrikant voorziet het betreffende emissiearme voer van een unieke voercode met een nauwkeurig omschreven samenstelling.
2. In deze samenstelling dienen in ieder geval de gehalten van componenten die beogen de ammoniakemissie te verlagen nauwkeurig te zijn aangegeven (zie paragraaf 2.3).
3. De gehalten genoemd onder 2 dienen op het etiket te worden vermeld. Afhankelijk van het emissiereducerend principe dienen minimale, maximale of een gemiddelde met marges aangegeven te worden. Zoals voor alle andere vermeldingen op het etiket wordt de mengvoederfabrikant door de wetgever verantwoordelijk en aansprakelijk geacht voor het respecteren van de gehalten in het voeder. De etiketvermelding biedt een bijkomende garantie voor de veehouder dat hij wel degelijk het correcte voeder heeft gevoerd (controleerbaarheid). De voercomponenten die van belang zijn voor verlaging van de ammoniakemissie in betreffende diervoeder dienen analytisch aantoonbaar en kwantificeerbaar te zijn. Dit is noodzakelijk om etiketvermelding mogelijk te maken en niet strijdig te zijn met de huidige wetgeving inzake etikettering van dierenvoeders.
4. Als een bedrijf besluit tot het voeren van emissiearme voeders dan ligt het voor de hand dat alle dieren op dit bedrijf van een bepaalde diercategorie (bijvoorbeeld vleesvarkens of gespeende biggen) worden gevoerd met de emissiearme voeders. Controle en handhaafbaarheid kan echter ook op voersilonniveau plaats vinden. Dat betekent dat het mogelijk is om per stal al dan niet emissiearme voeders te verstrekken.
5. Elk bedrijf heeft een klantnummer bij de mengvoerleverancier. De controlerende instantie kan opvragen bij de mengvoerleverancier welk mengvoer met welke voercode aan een klant zijn geleverd. Door de combinatie van klantnummer en voercode kan op ieder moment een overzicht van de afname worden aangevraagd.
6. In de borgingsystematiek van het mengvoerbedrijf wordt voorzien dat de productie van emissiearm voer wordt geborgd via GMP of HACCP systematiek, met speciale aandacht voor:
 - a. controle receptuur op gehalten;
 - b. controle of voeders volgens het betreffend raamwerk zijn samengesteld. Het raamwerk bevat de verschillende eisen die aan het voeder worden gesteld. Het betreft de minimale en

de maximale gehalten van bepaalde nutriënten zoals ruw eiwit, fosfaat, zetmeel etc. alsook de minimale / maximale gehalten aan voedermiddelen met het oog op voederwaarde, smakelijkheid, verwerkbaarheid, diergezondheid. Het raamwerk is de basis voor de productie. Wijzigingen zijn onderworpen aan bepaalde procedures.

- c. afnamelijst per klantnummer met afgenomen tonnages van alle voeders en gebruikte grondstoffen opvraagbaar.
7. Op verzoek van de controlerende instantie werkt de voerleverancier mee aan interne / externe audits. Op aanvraag van de varkenshouder wordt een door de voerleverancier volledig ingevulde en ondertekende verklaring voerleverancier voor de Regeling Emissie Arme Vleesvarkenvoeders verzonden naar de varkenshouder.
8. De veehouder blijft steeds verantwoordelijk voor de afname van de emissiearme voeders en voor het kunnen overleggen van de noodzakelijke documenten voor controle en handhaafbaarheid.

Voor bedrijven die zelf mengen of het mengvoer niet geheel volgens de hiervoor beschreven werkwijze aanvoeren, voldoet deze werkwijze niet en is een sluitende controle en handhaving lastiger. Dit betekent echter niet dat voermaatregelen voor deze bedrijven geen optie zijn. De controle en handhaafbaarheid zal voor deze bedrijven nader moeten worden uitgewerkt. Aangezien het overgrote deel van de bedrijven (speciaal ook in de subklassen van kleine en middelgrote bedrijven) wel volgens de geschetste systematiek kan werken is het wenselijk om dit nu in te voeren met uitzondering van de bedrijven die niet volledig gebruik kunnen maken van deze systematiek.

5.2.2 Huisvesting

Controle en handhaafbaarheid eenvoudige huisvestingsmaatregelen

Bij veel huisvestingsmaatregelen kan de toepassing op basis van de bouwtekening (opgenomen in de vergunning) en daarna via een eenmalige controle (bij oplevering van een nieuwe stal en bij een eenmalig bezoek van een bestaande stal) worden vastgesteld. Daarmee is dit redelijkerwijs voor het vervolg gegarandeerd. Bij nieuwbouw is een huisvestingsmaatregel tevens gekoppeld aan een investering en kan een gespecificeerde offerte als extra document behulpzaam zijn. Hierbij kan een vergelijkbare benadering als bij MDV gevolgd worden, namelijk organisatie van de beoordeling van het huisvestingssysteem op basis van een beschrijving met bouwtekening via een certificerende instelling en eenmalige controle in geval van nieuwbouw bij oplevering en in geval van bestaande stallen op basis van een bedrijfsbezoek of een bevestiging van de vergunningverlener dat de vergunde situatie recent (bijvoorbeeld < .. jaar geleden) geverifieerd is. Eventueel kan de actuele situatie later vergeleken worden met het vergunde huisvestingssysteem en de daaraan gekoppelde bouwtekening bij een steekproefsgewijze controle vanuit een gemeente of provincie (vergunningverlener) of een daartoe gedelegeerde instantie zoals een regionale bouw- en/of milieudienst. Wanneer een technische maatregel eenmaal is aangebracht in een stal, zal dit niet gemakkelijk meer worden verwijderd. Het bedrijf hoeft dan ook slechts sporadisch te worden bezocht om te controleren (handhaving) of de techniek nog steeds aanwezig is en wordt toegepast (b.v. éénmaal per 5 jaar).

Controle en handhaafbaarheid van aanzuren van mest met zwavelzuur

In Denemarken worden door de wetgever twee eisen gesteld ten aanzien van het monitoren van het functioneren van een emissiearm systeem. In de eerste plaats moet de monitoring dusdanig zijn dat de veehouder inzicht heeft in het technisch functioneren van het systeem en eventueel noodzakelijke wijzigingen kan doorvoeren. In de tweede plaats moeten de geregistreerde data de controlerende instantie de mogelijkheid bieden om de werking van het systeem te beoordelen. Voor dit laatste worden de volgende data opgeslagen: de pH waarden en het zuurverbruik. Deze data kunnen vrijwel onbeperkt worden opgeslagen en worden uitgeprint of elektronisch worden opgestuurd. In Denemarken is voorgaande methode van monitoring en mogelijkheid van controle goedgekeurd door de lokale milieuthoriteiten. Belangrijk aandachtspunt is het regelmatig kalibreren van de pH-elektrode, zodat de pH voldoende nauwkeurig wordt gemeten. Indicaties van een niet goed functionerende pH elektrode zijn: 1) een duidelijke verandering van de pH van de onbehandelde mest; deze moet steeds vrij constant zijn (binnen $\pm 0,5$ eenheid); 2) het zuurverbruik per ton mest moet ook vrij constant zijn.

Controle en handhaving van mest verdunnen met water

Veel huisvestingsmaatregelen zijn hardware maatregelen die nadat ze geïnstalleerd zijn zondermeer zullen werken. Dit geldt niet voor verdunnen met water. Verdunnen met water is effectief in het verminderen van de ammoniakemissie. De toename van het mestvolume en de lagere concentraties aan nutriënten zijn nadelen (transportkosten en acceptatie van de mest door derden). Om te borgen dat ondanks de nadelen toch de verdunning als emissiereducerende maatregel consequent wordt toegepast, is een meer verfijnde benadering wenselijk. Daartoe kan aangesloten worden bij de toepasbare elementen uit de Groen Label beschrijving van het vergelijkbare systeem in de Rav (Rav-code D3.2.5; Groen Label [BB 95.10.029V3](#)):

Eisen aan de uitvoering:

- De vloer van de mestkanalen dient glad te zijn afgewerkt om een goede mestafvoer te garanderen;
- Na afvoer van de verdunde mest naar een gesloten mestopslag dient het mestkanaal voor minimaal de helft te worden gevuld met water. Afvoer is pas nodig als het mestkanaal volledig is gevuld.
- De aanvoer van water dient automatisch te gebeuren.
- De afvoer van de verdunde mest kan zowel automatisch als handmatig verlopen.
- Per afdeling dient een geijkte waterpulsometer te worden geplaatst, tenzij gebruik wordt gemaakt van een waterdoseercomputer. In dat geval dient een meet- en registratiemogelijkheid per afdeling aanwezig te zijn.

Eisen aan het gebruik:

- Het mestkanaal dient altijd voor minimaal de helft gevuld te zijn met water. Indien het niveau hoger is, dan is sprake van een mengsel van water en mest waarvan het droge stofgehalte lager dient te zijn dan 7,0%.
- Het watergebruik dient te worden geregistreerd met behulp van een geijkte waterpulsometer. Voor de watermeter dient een filter (doorlaat < 1,0 mm) te worden geplaatst om terugpompen van verdunde mest te voorkomen. Het waterverbruik dient minimaal 1,0 m³ per dierplaats per jaar te bedragen.
- Er moet een jaarlijkse controle zijn op de goede werking en op de goede onderhoudstoestand van het stalsysteem, de automatische waterdosering in het mestkanaal en de watermeters, door de leverancier, of een door het bevoegd gezag geaccepteerde deskundige.
- In een register moeten de volgende gegevens worden vastgelegd:
 - o de uitvoerdatum en resultaten van de eerder genoemde jaarlijkse controle;
 - o de stand van de watermeter op het moment van de nulsituatie en de jaarlijkse controle. Indien geen gebruik wordt gemaakt van een waterdoseercomputer moeten deze gegevens per afdeling worden geregistreerd;
 - o de begin- en einddata van de mestronden (per afdeling).
- Bij het gebruik van een waterdoseercomputer dient een uitdraai te kunnen worden gegeven van het waterverbruik per afdeling over de laatste 8 weken en per jaar.

Nadere bijzonderheden:

- Jaarlijks dient er een controle uitgevoerd te worden op de goede werking van het aanvoersysteem van water.
- Middels een eenvoudige test waarbij het mestkanaal wordt leeg gelaten, kan worden vastgesteld of het mestkanaal daarna weer automatisch voor de helft wordt gevuld met water.

5.2.3 Management

Het houden van minder dieren in de stal en het opschuiven van zwaardere dieren naar grotere hokken kan inzichtelijk gemaakt worden met een administratie met minimaal wekelijkse registratie op hok- of afdelingsniveau (tot niveau met dezelfde oppervlakte per dier) van dieraantallen, gewichten of leeftijden, en beschikbare oppervlakte per dier. De actuele situatie zou bijvoorbeeld één maal per jaar gecontroleerd kunnen worden.

Het eerder of later afvoeren kan inzichtelijk gemaakt worden door afleverinformatie van de slachterij in combinatie met de dieradministratie op het bedrijf. Als een gedeelte van de dieren bij een lager gewicht wordt afgevoerd kan aanvullend de info zoals beschreven in de vorige alinea vastgelegd worden.

Uiteraard kan de informatie grotendeels via geautomatiseerde systemen van veehouders en slachterijen vastgelegd en uitgewisseld worden. Hoe controlerende en handhavende instanties gebruik kunnen maken van deze informatie zal nader tussen partijen afgestemd moeten worden.

5.3 Aandachtspunten bij implementatie

Overwogen kan worden om in de vergunningverlening een onderscheid te maken tussen een constante huisvestingssituatie en een in de loop der jaren veranderende management en voersituatie, waarbij veranderingen die leiden tot een verdere emissiereductie eerst voorgelegd moeten worden aan een certificerende instelling en veranderingen die leiden tot een emissieverhoging (naar een bekend ouder niveau) rechtstreeks voorgelegd kunnen worden aan de vergunningverlener.

Tabel 9 Samenvatting van de mogelijkheden tot controle en handhaafbaarheid van combimaatregelen

Maatregelen	Controle en handhaving	
	WIE levert informatie*	WELKE informatie
Voermaatregelen	Veehouder/leverancier	Voerbonnen (digitale administratie hoeveelheid en samenstelling)
Volledige → gedeeltelijke onderkeldering	Veehouder/vergunningverlener, bouw/stalinrichtingbedrijf	Vergunning/bouwtekening/eenmalige controle/actuele steekproef
Schuine putwand	Veehouder/vergunningverlener, bouw/stalinrichtingbedrijf	Vergunning/bouwtekening/eenmalige controle/actuele steekproef
Verdunnen met water	Veehouder	Technische beschrijving van de installatie/watermeters en registraties per afdeling
Type roostervloer	Veehouder/vergunningverlener, vloerleverancier	Vergunning/bouwtekening/eenmalige controle/actuele steekproef
Toevoegmiddelen aan de mest	Veehouder	Vergunning/bouwtekening/eenmalige controle/actuele steekproef
- aanzuren H ₂ SO ₄ (Deens systeem)	Veehouder/leverancier	Aanvullend evt. registratie/administratie van middelverbruik en data logging van pH en doseertijdstippen
Balansballen	Veehouder/vergunningverlener, leverancier	Vergunning/bouwtekening of offerte+betalingsbewijs/eenmalige controle/actuele steekproef
Minder dieren in de stal	Veehouder	Administratie met minimaal wekelijkse registratie op hok of afdelingsniveau met zelfde opp./dier van dieraantallen gewichten leeftijden en beschikbare opp. per dier
Afleverstrategie	Slachterij en veehouder	Aflever info slachterij + dieradministratie op bedrijf
Doorschuiven van dieren	Veehouder	Administratie met minimaal wekelijkse registratie op hok of afdelingsniveau met zelfde opp./dier van dieraantallen gewichten leeftijden en beschikbare opp. per dier

* veehouder is eindverantwoordelijk

6 Discussie

Combimaatregelen

Uit dit rapport blijkt dat er verschillende mogelijkheden zijn om de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen te reduceren via een combinatie van voer-, simpele huisvesting- en managementmaatregelen. In dit rapport zijn effecten steeds als reductiepercentage weergegeven. Om absolute emissies te bepalen bij gebruik van combimaatregelen moet er een goed omschreven referentiestal zijn. Bekeken zal moeten worden onder welke omstandigheden de huidige emissiefactoren voor de referentiestallen tot stand zijn gekomen (welke voersamenstellingen, welk stalklimaat (temperatuur en ventilatiehoeveelheid), welke aflevergewichten, welke oppervlakten etc.). In dit rapport is hier en daar een inschatting gemaakt van de omstandigheden die heersten bij het vaststellen van de referentiewaarde (2,5 kg/jaar per dierplaats).

Wanneer de referentiewaarden nauwkeurig zijn vastgesteld en de omstandigheden waarbinnen de metingen hebben plaatsgevonden nauwkeurig zijn omschreven, kunnen alle overige emissiewaarden aan deze referentiewaarden worden gekoppeld. Dit zou het systeem van emissiefactoren veel logischer en inzichtelijker maken. Dit biedt ook de mogelijkheid om combinaties van maatregelen door te rekenen en extrapolaties te maken naar andere omstandigheden of correcties te maken als omstandigheden afwijken van die bij de referentiemetingen.

Van een aantal perspectievolle maatregelen is het effect al nauwkeurig bepaald volgens vastgesteld protocol; dit geldt voor het toevoegen van VevoVital aan het voer en voor het aanbrengen van balansballen in de mestkelder. Het effect van verlaging van het eiwitgehalte in het voer en vervanging van CaCO_3 in het voer door CaCl_2 wordt in 2010 op 4 praktijkbedrijven volgens protocol bepaald. Voor toevoeging van CaSO_4 in plaats van CaCl_2 mag een vergelijkbaar effect op de ammoniakemissie worden verwacht. Het nadeel van CaSO_4 zou kunnen zijn dat de geuremissie kan toenemen als gevolg van omzetting van sulfaat naar H_2S (Bakker et al., 2002).

De effecten van een stankslot en van een schuine plaat zijn al opgenomen in de Rav, waarbij het effect van de schuine plaat in dit rapport is geëxtrapoléerd naar mestkanalen zonder rioleringsysteem. Dit lijkt verdedigbaar wanneer de mestkanalen voldoende diep zijn (> 0,7 m). Dit laatste wordt namelijk ook in de Rav geaccepteerd voor het systeem met bolle vloerhokken met water- en mestkanaal (Rav-code D3.2.10). Ook voor het systeem van verdunnen van mest met water wordt in de Rav-lijst aangegeven dat dit systeem gecombineerd moet worden met een rioleringsysteem. Bij voldoende diepe kelders (> 0,7 m) is het aannemelijk dat voor mestkanalen zonder riolering vergelijkbare effecten op de ammoniakemissie worden verkregen.

Het effect van driekantroosters zou afgeleid kunnen worden uit de Rav-lijst. Deze lijst geeft een reductie aan van 0,1 – 0,2 kg/jaar voor ammoniak. Uit onderzoek in een experimentele stal is een groter effect vastgesteld van ca. 0,4 kg/jaar (Aarnink en Elzing, 1998; Aarnink et al., 1997). Metingen in praktijkstallen zullen moeten bepalen hoe groot het effect onder praktijkomstandigheden is.

Met het 'Deense' systeem van aanzuren van mest met zwavelzuur is in Nederland nog geen ervaring opgedaan. Bij een goed werkend systeem wordt de ammoniakemissie, blijkt uit Deens onderzoek, belangrijk gereduceerd. Bij gebruik van dit systeem zullen de veiligheidsaspecten goed in acht moeten worden genomen. De pH in de mest zal continu op een laag niveau gehouden moeten worden om te voorkomen dat sulfaat wordt omgezet in H_2S .

Het effect van afdelingen leeg laten is evident en hoeft niet nader te worden onderzocht. Het effect van doorschuiven van dieren kan ook rechtstreeks uit de Rav-lijst worden gedestilleerd. Het effect van eerder afleveren kon goed worden ingeschat op basis van een groot aantal metingen die in het verleden zijn uitgevoerd bij vleesvarkens. De nauwkeurigheid van deze inschatting zal nauwelijks verbeteren door extra metingen.

In Tabel 10 zijn voor een aantal voor de hand liggende combimaatregelen de effecten op de jaarkosten en op de ammoniakemissie berekend. Het aanzuren van mest is niet als combimaatregel in deze tabel opgenomen, aangezien deze maatregel alleen de ammoniakemissie al sterk reduceert (met 70%). De kosten van de gecombineerde maatregelen is gelijk aan de som van de kosten van de afzonderlijke maatregelen. Ter vergelijking zijn tevens de kosten van een aantal luchtwassystemen opgenomen in Tabel 10. Hieruit blijkt dat kosten van combimaatregelen voor een aantal combinaties

lager en voor een aantal andere combinaties hoger uitvallen dan luchtwassystemen. Uit deze tabel blijkt tevens dat er verschillende mogelijkheden zijn om bij een oppervlakte per dier van 0,8 m² de ammoniakemissie via gecombineerde maatregelen onder de 1,4 kg/jaar te brengen. Bij een oppervlakte van 1,0 m² per dier wordt dit al een stuk moeilijker.

Veel combimaatregelen, zoals genoemd in dit rapport, zouden ook gecombineerd kunnen worden met systemen die al in de Rav-lijst zijn opgenomen. In hoofdstuk 4 is aangegeven welke maatregelen gecombineerd kunnen worden. Voer- en managementmaatregelen kunnen in principe met elk systeem van de Rav-lijst gecombineerd worden. Deze combinaties zullen relevant worden als de oppervlakenorm voor vleesvarkens wordt verhoogd van 0,8 naar 1,0 m²/dier. Door deze verhoging zullen verschillende emissiearme systemen die opgenomen zijn in de Rav-lijst boven de grenswaarde van 1,4 kg ammoniak per dierplaats per jaar uitkomen.

Combimaatregelen kunnen perspectief bieden voor veel bedrijven die de stallen nog niet hebben afgeschreven, maar per 2013 wel moeten voldoen aan de emissiegrenswaarde voor ammoniak (1,4 kg/jaar per vleesvarkenplaats). Varkenshouders zullen daarbij zelf een afweging moeten maken. Deze afweging zal voor een belangrijk deel bepaald worden door kosten. De kosten zoals weergegeven in Tabel 8 van hoofdstuk 4 geven een indicatie. Deze kosten zijn echter (voor een deel) bedrijfsspecifiek. Eventueel kan de varkenshouder aanpassingen in de stal zelf uitvoeren. De werkelijke kosten zullen per individueel bedrijf moeten worden berekend. Kosten zijn echter niet de enige afweging. De varkenshouderij heeft lange tijd ingestoken op bronaanpak bij de bestrijding van de ammoniakemissie. Dat wil zeggen dat maatregelen in de stal werden genomen om de ammoniakemissie te beperken. Dit gaf niet alleen lagere emissies van ammoniak, maar tevens een betere luchtkwaliteit in de stal door lagere ammoniakconcentraties. De meeste combimaatregelen reduceren de ammoniakemissie ook bij de bron en zullen in die zin ook een bijdrage leveren aan een beter stalklimaat.

Tabel 10 Aantal voor de hand liggende combimaatregelen en de effecten op de jaarkosten (per dierplaats) en op de ammoniakemissie. Ter vergelijking zijn tevens de kosten opgenomen van luchtwassystemen (KWIN-V, 2009-2010).

Maatregel 1	Maatregel 2	Maatregel 3	Jaar-kosten	Ammoniakemissie, kg/jaar		
				Reductie%	0,8 m ²	1,0 m ²
Referentie					2,5	3,5
Eiwitverlaging 30 g/kg	VevoVitall (1%)		€ 15,85	41	1,5	2,1
Eiwitverlaging 30 g/kg	3 g Ca → CaCl ₂		€ 10,30	47	1,3	1,9
Eiwitverlaging 30 g/kg	Schuine plaat		€ 8,91	60	1,0	1,4
3 g Ca → CaCl ₂	Schuine plaat		€ 7,38	57	1,1	1,5
Eiwitverlaging 30 g/kg	Balansballen		€ 10,76	48	1,3	1,8
VevoVitall	Balansballen		€ 14,79	37	1,6	2,2
3 g Ca → CaCl ₂	Balansballen		€ 9,23	43	1,4	2,0
Schuine plaat	Driekantrooster		€ 4,87	44	1,4	2,0
Balansballen	Driekantrooster		€ 6,72	33	1,7	2,3
Verdunnen met water	Driekantrooster		€ 17,87	54	1,2	1,6
Doorschuiven varkens	Balansballen		€ 9,58	40	- ^{a)}	2,1
Eiwitverlaging 30 g/kg	3 g Ca → CaCl ₂	Balansballen	€ 15,15	60	1,0	1,4
Eiwitverlaging 30 g/kg	3 g Ca → CaCl ₂	Schuine plaat	€ 13,30	66	0,9	1,2
Luchtwassers:						
	Chemisch 70%		€ 8,00	70	0,8	1,1
	Chemisch 95%		€ 11,00	95	0,1	0,2
	Biologisch 70% met denitrificatie		€ 10,00	70	0,8	1,1
	Combiwasser 85%		€ 12,00	85	0,4	0,5

^{a)} Doorschuiven varkens is alleen bij invoering van een nieuwe oppervlakenorm van 1,0 m²/varken relevant

Controle en handhaving

In dit rapport is al geduid hoe de controle en handhaving van afzonderlijke maatregelen kan plaatsvinden. Als meerdere maatregelen gecombineerd worden zal de beschreven informatie van de afzonderlijke maatregelen beschikbaar moeten komen (al dan niet als pakket) door inspanningen van de veehouder, zijn leveranciers en eventueel de slachterij. De administratieve lastendruk kan beperkt blijven doordat veel informatiestromen geautomatiseerd zijn of kunnen worden. De varkenshouder zal bij de keuze van maatregelen ook de (veelal beperkte) extra inspanningen die voor controle en handhaving nodig zijn moeten meewegen. De sector is inmiddels in overleg met de overheid over

toelating van eenvoudige (combinaties van) maatregelen. Bij sommige maatregelen is ook het committent van voerleverancier(s) en afnemer(s) (slachterijen) nodig. Het is efficiënt om dit op sectorniveau te regelen tussen de ketenpartijen.

Aanbevolen wordt over de systematiek van controle en handhaving en het vereiste detailniveau van informatie nader te overleggen met de overheid. Ook de consequenties bij het onverhoopt niet of niet goed toepassen van maatregelen zullen nader moeten worden ingevuld. De consequenties kunnen ingrijpender worden gemaakt naarmate de ernst en duur toeneemt van het niet voldoen aan een maatregel of combinatie van maatregelen. Zo zou het bevoegde gezag of de controleur/handhaver een waarschuwing kunnen geven, een sanctie kunnen opleggen of het vergunde aantal dierplaatsen kunnen korten tot het niveau dat qua ammoniakemissie overeenkomt met een situatie zonder de maatregel(en) waarvoor niet aan een criterium of criteria voldaan wordt.

Bij veel huisvestingsmaatregelen volstaat een eenmalige vaststelling dat de maatregel in de stal geïnstalleerd is. Voedingsmaatregelen en managementmaatregelen zullen op de meeste bedrijven ook met geringe inspanningen (via geautomatiseerde controle van datastromen) gecontroleerd kunnen worden.

Geconcludeerd kan worden dat combimaatregelen perspectief bieden voor veel vleesvarkensbedrijven met stallen die nog niet afgeschreven zijn, maar die per 2013 moeten voldoen aan de emissiegrenswaarde voor ammoniak. Dit zal echter inzet vragen van verschillende betrokken actoren (o.a. primaire sector, veevoerindustrie, centrale overheid, gemeenten en controlerende instanties).

7 Conclusies

Op basis van dit rapport kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Voor bedrijven met traditionele huisvesting voor vleesvarkens zijn verschillende mogelijkheden om via gecombineerde maatregelen (voeding, simpele huisvestingsmaatregelen, managementmaatregelen) te voldoen aan de grenswaarde van 1,4 kg ammoniak per dierplaats per jaar.
2. De meest perspectiefvolle combimaatregelen zijn:
 - a. Verlaging eiwitgehalte voer;
 - b. Toevoeging benzoëzuur (VevoVital[®])
 - c. Vervanging Ca in de vorm van CaCO_3 door CaSO_4 of CaCl_2 ;
 - d. Het aanbrengen van een stankslot bij volledige onderkeldering;
 - e. Het aanbrengen van een schuine plaat in de mestkelder;
 - f. Het verdunnen van de mest met water;
 - g. Vervangen van betonroosters door metalen driekantroosters;
 - h. Aanzuren van de mest;
 - i. Aanbrengen van balansballen in de mestkelder;
 - j. Afdelingen leeg laten;
 - k. Eerder afleveren;
 - l. Doorschuiven van varkens.
3. Voor een aantal maatregelen genoemd onder punt 2 is het effect op de ammoniakemissie al voldoende onderbouwd en zijn voor een deel al in de Rav lijst opgenomen (maatregelen b, d, e, f, i, j, k, l). Bij een paar maatregelen worden op dit moment metingen uitgevoerd volgens het protocol voor opname van een emissiefactor in de Rav, maar kan voorlopig wel uitgegaan worden van effecten die in eerdere experimenten zijn vastgesteld (a, c); bij de overige maatregelen (g en h) zijn nog geen metingen volgens Rav-protocol opgestart, maar kan voorlopig worden uitgegaan van vastgestelde effecten in eerder onderzoek.
4. Een groot aantal combimaatregelen, zoals genoemd onder punt 2, kunnen ook gecombineerd worden met de huidige systemen in de Rav. Dit geldt vooral voor de voer- en managementmaatregelen.
5. De controle en handhaafbaarheid van combimaatregelen hoeft geen probleem te vormen. Bij veel huisvestingsmaatregelen volstaat een eenmalige vaststelling dat de maatregel in de stal is geïnstalleerd. Voeding- en managementmaatregelen kunnen op de meeste bedrijven ook met (relatief) geringe inspanningen (via geautomatiseerde controle van datastromen) gecontroleerd worden.
6. Combimaatregelen kunnen perspectief bieden voor veel bedrijven met nog niet afgeschreven stallen, die per 2013 moeten voldoen aan de emissiegrenswaarde voor ammoniak.

8 Aanbevelingen

Op basis van dit rapport worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Onderzocht zal moeten worden onder welke omstandigheden de huidige referentiewaarden tot stand zijn gekomen. De hele rekensystematiek van combimaatregelen is immers gebaseerd op het bepalen van reducties ten opzichte van de referentiestal. Om effecten goed te kunnen doorrekenen moeten de omstandigheden die geheerst hebben tijdens het vaststellen van de referentiewaarde(n) goed zijn beschreven.
- Er zal hard (samen-)gewerkt moeten worden door verschillende partijen (o.a. primaire sector, veevoerindustrie, centrale overheid, gemeenten en controlerende instanties) om gebruik van combimaatregelen in de praktijk mogelijk te maken.

Referenties

- Aarnink, A. J. A., en A. Elzing. 1998. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53: 153-169.
- Aarnink, A. J. A., J. M. G. Hol, en G. M. Nijeboer. 2008. Ammonia emission factor for using benzoic acid (1% vevovital) in the diet of growing-finishing pigs., Animal Sciences Group, Divisie Veehouderij, Lelystad.
- Aarnink, A. J. A., D. Swierstra, A. J. Van den Berg, en L. Speelman. 1997. Effect of type of slatted floor en degree of fouling of solid floor on ammonia emission rates from fattening piggeries. *J. agric. Engng Res.* 1997, 66: 93-102.
- Aarnink, A. J. A., E. N. J. Van Ouwerkerk, en M. W. A. Verstegen. 1992. A mathematical model for estimating the amount en composition of slurry from fattening pigs. *Livest. Prod. Sci.* 31: 133-147.
- Aarnink, A. J. A., en M. W. A. Verstegen. 2007. Nutrition, key factor to reduce environmental load from pig production. *Livestock Sciences* 109: 194-203.
- Anonymous. 2005. Besluit van 8 december 2005, houdende regels ter beperking van de ammoniakemissie uit huisvestingssystemen van veehouderijen. *Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden*, Jaargang 205, 675. p 1-67, Den Haag.
- Bakker, G. C. M. et al. 1996. The quantitative relationship between absorption of nitrogen en starch from the hindgut of pigs. *J. Anim. Sci.* 74: 188.
- Bakker, G. C. M., en R. A. Dekker. 1998. Effect of source en amount of carbohydrate on the form in which n is excreted by the pig. *Abstract ASAS*, July 1998.
- Bakker, G. C. M., R. A. Dekker, R. Jongbloed, en A. W. Jongbloed. 1998. Non-starch polysaccharides in pig feeding. *The Veterinary Quaterly* 20: S59-S64.
- Bakker, G. C. M., J. M. G. Hol, M. C. J. Smits, en A. W. Jongbloed. 2002. De addiviteit van voedingsmaatregelen om de ammoniakemissie te verlagen uit varkensstallen. 2. Stalmetingen en in vitro ammoniakemissie bij drie rantsoenen. *Rapport 03/0000003*, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- Canh, T. T. et al. 1998a. Influence of electrolyte balance en acidifying calcium salts in the diet of growing-finishing pigs on urinary ph, slurry ph en ammonia volatilisation from slurry. *Livest. Prod. Sci.* 56: 1-13.
- Canh, T. T. et al. 1998b. Dietary protein affects nitrogen excretion en ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 56: 181-191.
- Canh, T. T. et al. 1998c. Effect of dietary fermentable fibre from pressed sugar-beet pulp silage on ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Animal Science* 67: 583-590.
- Canh, T. T. et al. 1998d. Dietary carbohydrates alter the faecal composition en ph en ammonia emission from slurry of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 1887-1895.
- Canh, T. T., M. W. A. Verstegen, A. J. A. Aarnink, en J. W. Schrama. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning en composition of urine en feces of fattening pigs. *J. Anim. Sci.* 75: 700-706.
- Elzing, A., W. Kroodsma, R. Scholtens, en G. H. Uenk. 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelstelsel van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. *IMAG-DLO rapport 92-3*, Wageningen, 25 pp.
- Elzing, A., en D. Swierstra. 1993. Ammonia emission measurements in a model system of a pig house. *Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production en Environmental Consequences*, Wageningen 8-11 june, p. 280-285.
- Horne, P.L.M. van; Hoste, R.; Haan, B.J. de; Ellen, H.H.; Hoofs, A.I.J.; Bosma, B. (2006) *Gevolgen van aanpassingen in het ammoniakbeleid voor de intensieve veehouderij: onderzoek naar de economische aspecten van en de gevolgen voor de ammoniakdoelstellingen bij intern salderen van ammoniakemissie, versoepeling van de WAV en het niet emissiearm maken van bestaande stallen*. Den Haag : LEI, (LEI rapport 3.06.03).
- Jongbloed, A. W. 2001. Hebben voermaatregelen ter verlaging van de ammoniakemissie een negatief effect op de vertering en benutting van nutriënten? [do feeding measures for lowering ammonia emission have a negative effect on the digestibility en utilisation of nutrients?]. In: *Veevoeding en Ammoniakemissie uit Varkensstallen*. Samenvattingen van de themamiddag, no. 2174, Lelystad p11-23.
- Kai, P., P. Pedersen, J. E. Jensen, M. N. Hansen, en S. G. Sommer. 2008. A whole farm assessment of the efficacy of slurry acidification in reducing ammonia emissions. *European Journal of Agronomy* 28: 148.

- Kay, R. M., en P. A. Lee. 1997. Ammonia emission from pig buildings en characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. In: J.A.M. Voermans en G.J. Monteny, Proceedings of the International Symposium on Ammonia en Odour Control from Animal Production Facilities, p. 253-260 Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.
- Kirchgessner, M., M. Kreuzer, D. A. Roth-Maier, F. X. Roth, en H. L. Muller. 1991. Bestimmungsfaktoren der gullearakteristik beim schwein. Einfluss von futterungsintensitat und den anteilan an unverdaulichen sowie an bakteriell fermentierbaren substanzen (bfs) im futter. *Agribiol. Res.* 44 (4), p. 325-344.
- Latimier, P., en J. Y. Dourmad. 1993. Effect of three protein feeding strategies, for growing-finishing pigs, on growth performance en nitrogen output in the slurry en in the air. Proceedings Congress on Nitrogen Flow in Pig Production en Environmental Consequences, Wageningen 8-11 june, p. 242-246.
- Le, D. P. et al. 2007. Effects of dietary crude protein level on odour from pig manure. *Animal* 1: 734-744.
- Levrouw, L., A. Wegereef, en A. Aarnink. 2006. Startnotitie voor opname van veevital in de regeling ammoniak en veehouderij (rav). Animal Sciences Group, Lelystad.
- Moeser, A. J., en A. T. G. Van Kempen. 2002. Dietary fibre level en enzyme inclusion affect nutrient digestibility en excreta characteristics in grower pigs. *Journal of the Science of Food en Agriculture* 82: 1606-1613.
- Ogink, N. W. M., J. M. G. Hol, J. Mosquera, en H. M. Vermeer. 2005. Aanpassing van het meetprotocol NH_3 -emissiemetingen in de veehouderij. Rapport in druk, Animal Sciences Group, Wageningen.
- Spoelstra, S. F. 1979. Volatile fatty acids in anaerobically stored piggery wastes. *Neth. J. Agric. Sci.* 27: 60-66.
- Van der Peet-Schwering, C. M. C. 2002. Ruwecelstofrijke voeders voor zeugen: Effect op reproductie en gedrag. PV-PraktijkRapport Varkens 10, Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., N. Verdoes, M.P. Voermans & G.M. Beelen, 1996. Effect van voeding en huisvesting op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Proefverslag P 1.145, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen: 40 pp.
- Van der Peet-Schwering, C.M.C., M.P. Beurskens-Voermans, N. Verdoes, 1997. Effect van multifasenvoeding op de ammoniakemissie uit vleesvarkensstallen. Proefverslag P 1.176/ Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, 32 pp
- Vermeij, I., Bosma, A.J.J., Evers, A.G., Harlaar, W., Vink, F.G. 2009. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2009-2010. Handboek 11, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Wegereef, A., J. Baan, A. Aarnink, en C. Peet-Schwering. 2007. Startnotitie voor opname van het eiwitgehalte in varkensvoer in de regeling ammoniak en veehouderij (rav). Animal Sciences Group, Lelystad.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl