



Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij

Waiboer-
hoeve

ROC's

Regionale
Onderzoek
Centra

Publikatie nr. 98

Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roostervloer

Februari 1995

Colofon



Uitgever:

Proefstation voor de Rundveehouderij,
Schapehouderij en Paardenhouderij (PR)
Runderweg 6, 8219 PK Lelystad.
Telefoonnr. 03200-93211, Fax. 03200-41584.

Redactie en fotografie:

Afdeling Voorlichting van het PR

Drukker:

Drukkerij Cabri bv
Lelystad

ISSN 0921-2291

Eerste druk 1995 / oplage 4000

De onderzoekcentra



Overname is toegestaan, mits van
uitdrukkelijke bronvermelding voorzien.

Losse nummers zijn uitsluitend verkrijgbaar door
f 12,50 over te maken op Postbanknr. 2307421
van het Proefstation PR, Runderweg 6,
8219 PK Lelystad met vermelding:
Publikatie PR nr. 98

Geïnteresseerden kunnen donateur van
het PR worden.

Informatie is verkrijgbaar bij het PR.

De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid
voor gevolgen bij gebruik van in deze publikatie
vermelde gegevens.

Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij (PR)

Waiboer-
hoeve

Regionale
Onderzoek
Centra
(ROC's)

Ammoniakemissie bij melkvee na spoelen roostervloer

P.P.H. Kant
C. J. Jagtenberg

Voorwoord

De ammoniakemissie op het rundveebedrijf kan door diverse maatregelen beperkt worden. Een aantal mogelijkheden, zoals het afdekken van mestsilos en het emissie-arm toedienen van mest is door de overheid de afgelopen jaren verplicht gesteld. Andere mogelijkheden zijn het verlagen van de stikstofgift per ha, het verhogen van de melkproductie, het verbeteren van het rantsoen en het bouwen van emissie-arme stallen. Vooral emissie-arme stalsystemen, die grote investeringen vergen en daardoor de kostprijs van de melk voor vele jaren structureel verhogen en in geringere mate de bedrijfsemissie verlagen, dienen zeer goed onderzocht te worden op praktische toepassing.

Het spoelen van roostervloeren leek op basis van IMAG-onderzoek een mogelijkheid om de emis-

sie van het traditionele stalsysteem te beperken. Voor een praktische toepassing waren er vooral vragen op het gebied van de inpasbaarheid en de kosten, mede door de hoeveelheid spoelwater. Het PR heeft om deze reden op ROC Aver Heino onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van het systeem in de praktijk, waarbij getracht is de kosten te verminderen door een reductie van de hoeveelheid spoelwater.

Het onderzoek is mede gefinancierd door het Financierings Overleg Mest en Ammoniak (FOMA).

A.T.J. van Scheppingen
Hoofd Afdeling Synthese, PR

Inhoudsopgave

	Blz.
1 Inleiding	3
2 Praktische inpasbaarheid	5
2.1 Onderzoek op ROC Aver Heino	5
2.2 Beschrijving spoelinstallatie op ROC Aver Heino	7
2.3 Ervaringen en aanpassingen	8
3 Ammoniakemissie en mestamenstelling	11
3.1 Fysisch/chemische processen in de mest	11
3.2 Materialen en methoden	11
3.3 Resultaten Lindvalldoosmetingen	15
3.4 Berekeningen en statistische analyses	15
3.5 Mestanalyses en overige gegevens	16
3.6 Discussie	18
4 Bedrijfseconomische gevolgen	20
4.1 Investerings- en jaarkosten spoelsysteem	20
4.2 Overige kosten	22
5 Conclusie en aanbevelingen	23
Samenvatting	24
Literatuur	25
Bijlagen	26

1 Inleiding

Ammoniak is voor ongeveer 30 % verantwoordelijk voor de verzuring van het milieu. Bossen en natuurgebieden ondervinden hiervan schade. Ammoniak in de atmosfeer is voor het overgrote deel (94 %) afkomstig uit de landbouw door de productie en het uitrijden van dierlijke mest. De emissie van ammoniak moet volgens de plannen van de Nederlandse overheid tussen 1980 en 2000 met minimaal 50 % en zo mogelijk met 70 % worden gereduceerd.

De ammoniakemissie is in de rundveehouderij in 4 bronnen te verdelen: de stal, de opslag van mest, het uitrijden van de mest en de beweiding. De overheid stimuleert de ontwikkeling en introductie van emissie-arme stallen door middel van onderzoek, voorlichting en subsidiëring. In de toekomst moeten nieuwe en gerenoveerde stallen voldoen aan emissienormen. Deze worden vastgesteld in een AMvB Huisvesting Veehouderij. Voor bestaande stallen zal een overgangstermijn gelden. Vanaf 2005 moeten alle stallen voldoen aan de emissienormen.

Om de ammoniakemissie vanuit de ligboxenstal voor rundvee te reduceren zijn diverse technieken ontwikkeld, zoals het aanzuren van de mest in de kelder, het snel afvoeren van de urine via hellende dichte vloeren, het verkleinen van het met mest en urine bevuilde oppervlak met voerboxen en het spoelen van roostervloeren. In tegenstelling tot de andere oplossingen kan spoelen worden toegepast in traditionele stallen met roostervloeren en is tevens een grote reductie van de ammoniakemissie vanuit de stal mogelijk. Het principe van spoelen is vooral gebaseerd op de verlaging van de ammoniak-/ammoniumconcentratie van het emitterend oppervlak door verdunning, gecombineerd met de reiniging van het oppervlak.

Oriënterend onderzoek met de Lindvalldoos liet reeds een reductie van circa 70 % zien na het schoonspuiten van een vuile vloer. Uit emissiemetingen bij het toedienen van mest bleek dat verdunning van mest een effectieve maatregel was om de ammoniakemissie te beperken. Deze



Onderzoek naar het spoelen van roostervloeren is gedaan op ROC Aver Heino.

resultaten waren de aanleiding voor het ontwikkelen van het spoelsysteem voor roostervloeren. Het IMAG-DLO en een stalrichtingsbedrijf hebben een spoelinstallatie ontwikkeld, waarbij water over de mestgang wordt gespoeld met spoelleidingen, die aan weerskanten van de mestgang liggen. De leidingen waren uitgerust met 4 nippels per meter. Deze nippels hadden een doorsnede van 5 mm. In de stalperiode 1989-90 heeft het IMAG-DLO de ammoniakemissie van een ligboxenstal gemeten.

De reductie van de ammoniakemissie door het spoelen van de roosters met spoelleidingen varieerde van 20 tot 70 % ten opzichte van de perioden dat er niet werd gespoeld. De hoogste emissiereductie (73 %) werd bereikt bij een spoelwaterverbruik van 50 liter per koe per dag, een spoeldruk van 60 kPa, een spoeltijd van 2 seconden en een spoelinterval van 2 uur. Het be-

langrijkste nadeel van het hierboven beschreven prototype was de hoeveelheid spoelwater. Deze was bijna even groot als de hoeveelheid geproduceerde mest. Koeien met een melkproductie van 7000 liter per jaar produceren 62 liter mest. Hierdoor wordt de mesthoeveelheid bijna verdubbeld. In de praktijk leidt dit tot hoge kosten voor de opslag en de toediening.

Op basis van deze resultaten is het spoelsysteem over de roosters verder geoptimaliseerd in het praktijkonderzoek op het ROC Aver Heino. De aandacht werd gelegd op het verlagen van het waterverbruik, waardoor het systeem beter inpasbaar zou worden in de praktijk. Het doel was de hoeveelheid spoelwater te verminderen tot minder dan 20 liter per dier per dag met behoud van voldoende emissiereductie. Daarnaast is het technisch functioneren onder praktijkomstandigheden onderzocht.

2 Praktische inpasbaarheid

De basis voor dit onderzoek was het spoelsysteem dat door het IMAG-DLO en een stalrichtingsbedrijf is ontwikkeld en onderzocht. Dit spoelsysteem bestaat uit een spoelinstallatie en een roosterschuif. Voordat het spoelen effect kan hebben, moet eerst de mest van de roostervloer verwijderd zijn.

2.1 Onderzoek op ROC Aver Heino

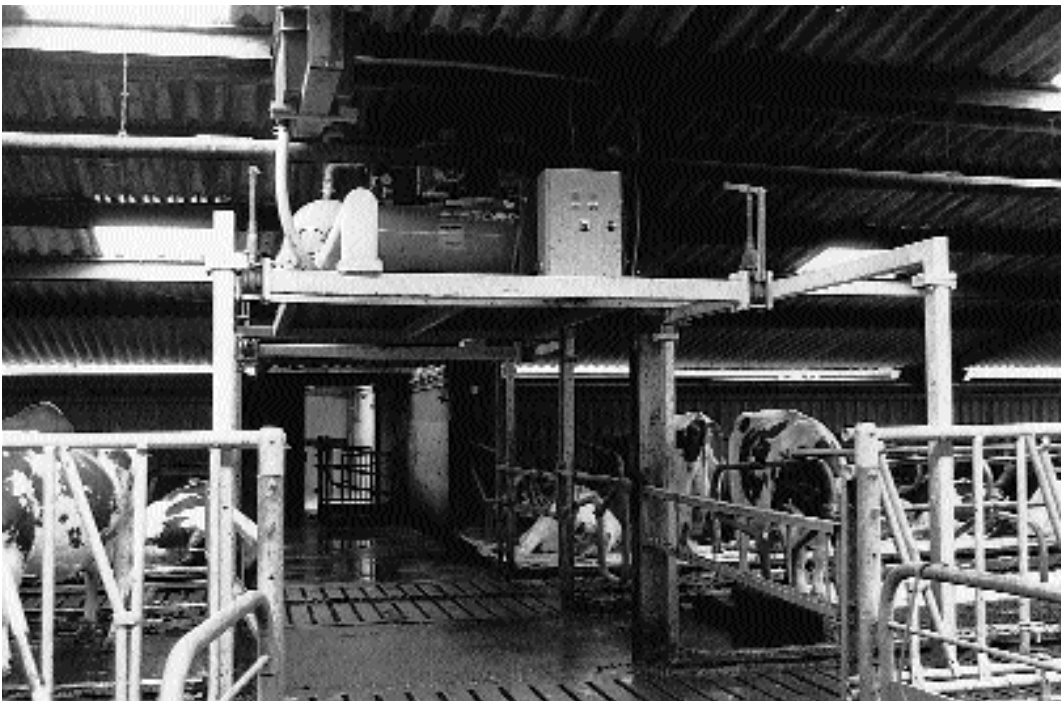
Emissiebeperkende maatregelen in een stal kunnen veelal niet zonder aanpassingen van de bestaande stal worden doorgevoerd. Daarom wordt eerst de stalindeling van ROC Aver Heino besproken, gevolgd door de aanpassingen.

Op ROC Aver Heino is het vee gehuisvest in een 2+2-rijige ligboxenstal. Deze stal is, evenals de roostervloer, circa 20 jaar oud. De stal is niet geïsoleerd en wordt op natuurlijke wijze geventileerd met kleppen in de zijwanden en een open nok. De melkstal met de wachtruimte en de neven-

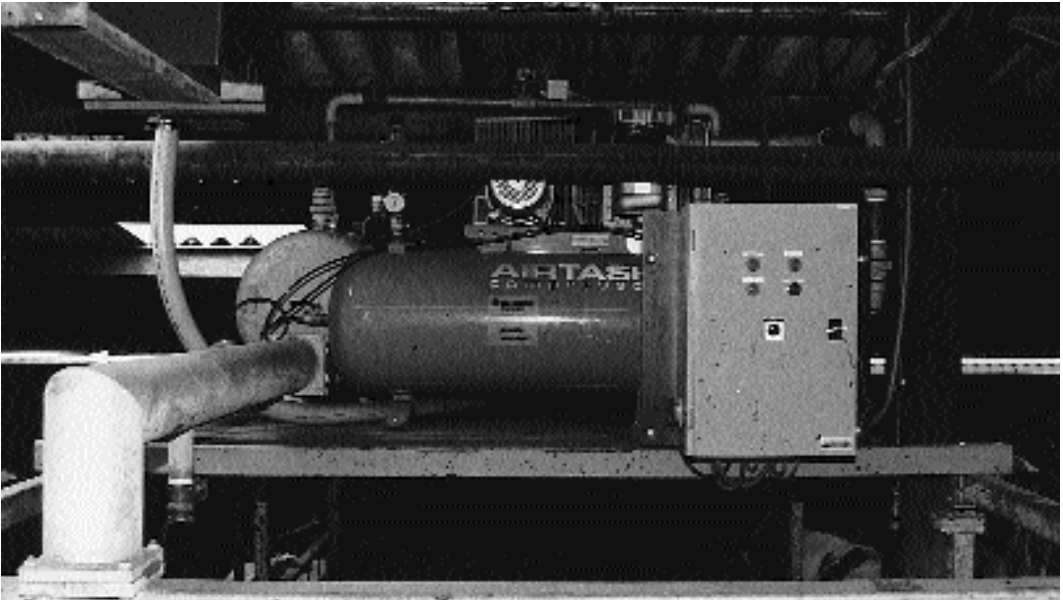
ruimten zijn aangebouwd en door een loopgang verbonden met de ligboxenstal (zie figuur 2.1).

De mestgangen tussen de ligboxen zijn 2,0 meter en achter het voerhek 2,8 meter breed. De stal is alleen onder de roosters onderkelderd, zodat periodiek mest moet worden overgepompt naar een silo. Ter hoogte van de melkstal is er een doorsteek naar de voergang. Aan de rechterzijde van deze doorsteek zijn 48 boxen en aan de linkerzijde 23 boxen. Aan de andere zijde van de voergang is een deel van de binnenrij ligboxen verwijderd voor de uitvoering van voeropnameproeven. Hier staan 30 ligboxen met 30 vreetplaatsen voor de bepaling van de individuele voeropname. In het verlengde van deze rij zijn 20 ligboxen identiek opgesteld als aan de melkstalkant van de voergang (2-rijig).

In 1985 is de ligboxenstal verlengd met twee spantvakken voor de huisvesting van jongvee tot circa 1 jaar. Dit is het niet ingetekende deel van



Het spoelaggregaat is geplaatst boven de doorsteek naar de melkstal.



De centrale besturingskast regelt het schuif- en spoelprogramma. Achter de besturingskast is de compressor zichtbaar.

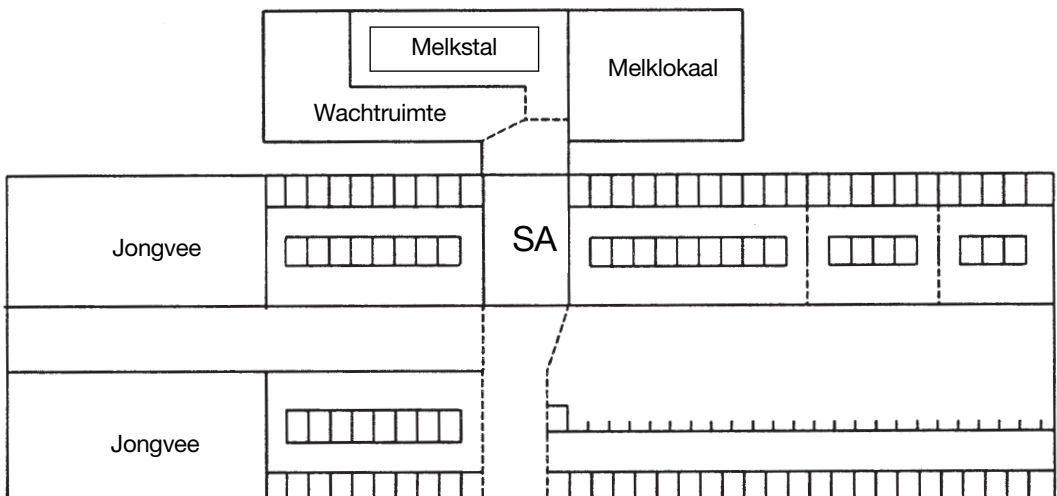
de plattegrond in figuur 2.1. Dit staldeel heeft een afzonderlijke mestkelder, zodat de mest van het jongvee tot 1 jaar apart van het overig vee wordt opgeslagen. Bij het melkvee zijn er twee afzonderlijke mestkelders aan beide zijden van de voergang.

Stal-aanpassing

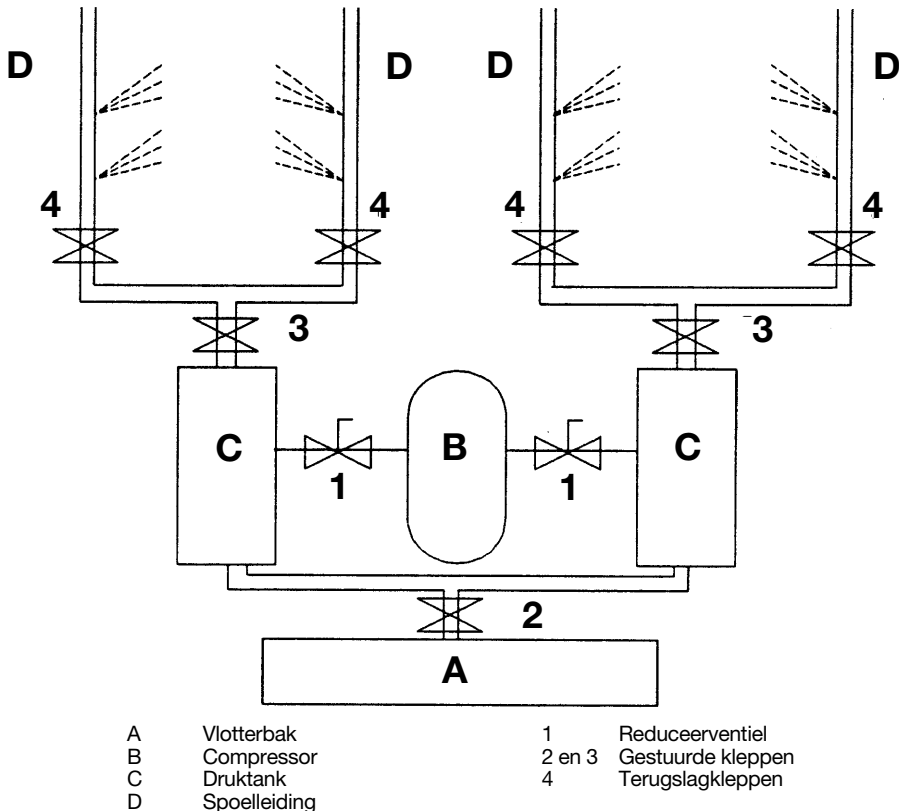
Het stalgedeelte aan de zijde van de melkstal is

ingericht voor het onderzoek met het spoelsysteem. Voor het spoelen zijn in de stal enkele kleine aanpassingen gedaan. Om de roosterschuif goed te laten functioneren is een aantal roosterbalken opnieuw vlak gelegd en is de breedte van de mestgang over de gehele lengte van de mestgang gelijk gemaakt. Hiervoor is een aantal ligboxen verlengd en is de ondersteuning van de krachtvoerboxen veranderd. Deze stonden ge-

Figuur 2.1 Plattegrond ligboxenstal ROC Aver Heino met locatie van het spoelaggregaat (SA)



Figuur 2.2 Schematische voorstelling van de spoelininstallatie



deeltelijk op de roosters. In de oorspronkelijke situatie werden de mest en het spoelwater uit de wachtruimte geloosd in de kelder waarboven het melkvee is gehuisvest. Deze afvoer is verlegd naar de mestkelder van het jongvee, waarvan de mest apart wordt opgeslagen.

Eind 1991 is de spoelininstallatie geplaatst in het stalgedeelte naast de melkstal. Het spoelaggregaat (SA) is geïnstalleerd boven de loopgang tussen de te spoelen mestgangen (zie figuur 2.1). Voor deze opstelling is gekozen vanwege de korte afstand tot de te spoelen mestgangen en de beperkte kans op vorstschade. Door het aanbrengen van de spoelleidingen zijn de ligboxen verlengd. De afstelling van de schoftboom is hierbij aangepast.

2.2 Beschrijving spoelininstallatie op ROC Aver Heino

Het spoelsysteem bestaat uit een roosterschuif en een spoelininstallatie. De schuif is slechts 10 cm hoog, zodat de koeien er makkelijk overheen

kunnen stappen.

De spoelininstallatie bestaat uit twee delen, het spoelaggregaat en de spoelleidingen. Het spoelaggregaat is vervolgens uit te splitsen in de vlotterbak, compressor, druktank en regelapparatuur (zie figuur 2.2).

Algemene werking van het spoelsysteem

Eerst verwijderd de roosterschuif in een enkele werkgang de mest van de roosters. De compressor brengt de druk in de tank op het gewenste niveau. Gedurende enkele seconden wordt er vervolgens water naar de spoelleidingen geperst. Na het spoelen wordt de tank bijgevuld vanuit de vlotterbak en opnieuw op druk gebracht.

Het spoelsysteem wordt aangestuurd door een centrale besturingskast met 2 tijd klokken. Deze zijn apart en in combinatie instelbaar voor de schuif en de spoelininstallatie. Op de ingestelde tijden zorgt de centrale besturingskast voor het afwikkelen van het schuif- en spoelprogramma. Afhankelijk van de hoeveelheid aan te wenden wa-



De nippels zijn aan de bovenzijde van de spoelleiding gemonteerd. Boven de nippels is een afdekplaat geplaatst ter bescherming.

ter kan de spoelduur ingesteld worden van 0,5 tot 10 seconden. Op ROC Aver Heino is gewerkt met 10 spoelbeurten per dag (om de 2 uur tussen 6.00 uur en 24.00 uur).

De vlotterbak is aangesloten op het waterleidingnet. Door de watervoorraad in de vlotterbak kan het waterniveau in de druktank snel weer op peil worden gebracht.

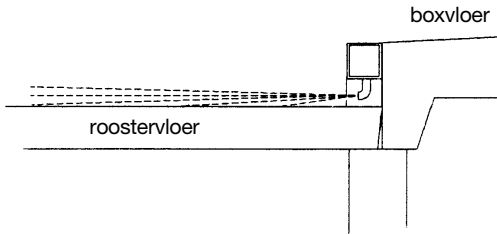
Om de spoeldruk per mestgang te kunnen regelen zijn twee druktanks van elk 250 liter geplaatst. Eén voor het spoelen van de smalle mestgang tussen de boxen en één voor het spoelen van de bredere mestgang achter het voerhek. Vóór het spoelen wordt de compressor ingeschakeld, die de tank op de ingestelde druk brengt. Met twee reduceerventielen kan per tank de druk worden ingesteld, zodat beide mestgangen over de gehele breedte gespoeld worden. De compressor kan een maximale druk opbouwen van 10 bar. Door drukverliezen in de leiding is de maximaal haalbare variatie op de plaats van de nippels 0,6 - 4,0 bar. Via pneumatisch bediende kleppen (klep 3) staan beide tanks in verbinding met de spoelleidingen. In elke druktank bevindt zich een niveauschakelaar, die een magneetklep in de leiding tussen de vlotterbak en de druktank (klep 2) bedient. Zodra het waterniveau in de tank op peil is, sluit deze klep.

De spoelleidingen zijn gemaakt van gegalvaniseerd kokerprofiel van 80 x 60 mm. Een spoelleiding met deze vorm kan eenvoudig worden bevestigd. De nippels waren in de eerste opzet onder de spoelleiding gemonteerd. Hierdoor konden de dieren zich niet aan de leidingen verwonden en konden de nippels niet beschadigd worden. De grotere onderlinge afstand (33 cm) en de kleinere doorlaat van de nippels dan welke door het IMAG-DLO zijn gebruikt, zijn gekozen in verband met de gewenste reductie van het spoelwaterverbruik. De geïnstalleerde spleetnippels zijn uitgevoerd in messing met een spleethoek van 120° en een doorlaat van 3 mm. Iedere nippels was voorzien van een terugslagklep die zich sloot bij een druk lager dan 0,5 bar. Deze moesten voorkomen dat de leidingen leegstroomden, nadat de spoelperiode was afgesloten. De spoelleiding moest steeds met water gevuld blijven om bij alle nippels een vrijwel gelijke waterdruk te kunnen realiseren.

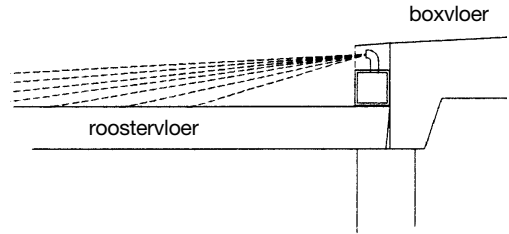
2.3 Ervaringen en aanpassingen

Om de dieren geleidelijk aan de installatie te wennen is eerst alleen de roosterschuiф in gebruik genomen. Het weerstandsniveau waarop de roosterschuiф uitschakelt, is tijdelijk verlaagd. De kans op calamiteiten door schrikreacties van de dieren

Figuur 2.3 Oorspronkelijke spoelleiding met nippels onder de leiding



Figuur 2.4 Aangepaste spoelleiding met nippels op de leiding



werd hierdoor beperkt. Na ongeveer een week is het weerstandsniveau van de schuif weer hoger afgesteld. Er zijn door de roosterschuif geen aantoonbare beschadigingen opgetreden aan spenen, poten en staarten. Het spoelen veroorzaakte reeds na een aantal keren geen opwinding meer.

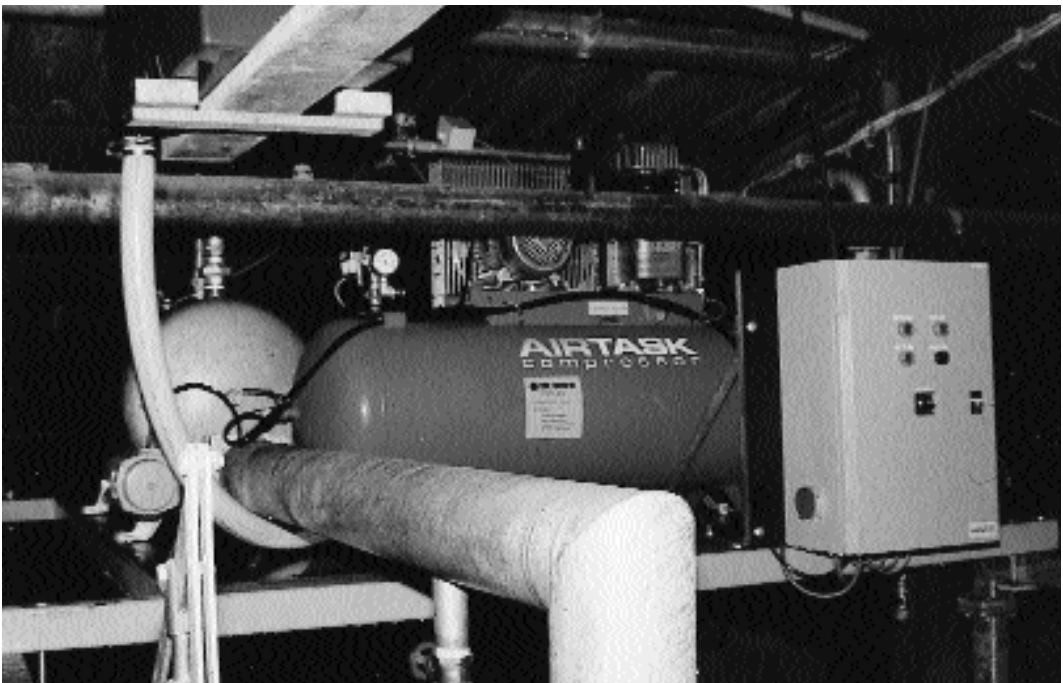
Ervaringen

De voornaamste problemen waren het verstopen van de nippels, de mestophoping vóór de spoelleiding en de werking van de reduceerventielen en de niveauschakelaars.

Het verstopen van de nippels werd in hoofdzaak veroorzaakt door montageresten, zoals

ijzerslijpsel en montagetape. Ook sloten de klepjes in de nippels niet goed meer door kalkafzetting uit leidingwater waardoor de spoelleidingen leeg liepen. Hierdoor was het spoelresultaat niet optimaal. Na een periode van stilstand wilden de klepjes door kalkafzetting niet meer openen.

Door de plaats van de nippels aan de onderkant van de spoelleiding (figuur 2.3) en het gebruik van de roosterschuif hoopte zich mest op onder de spoelleiding voor de nippels. Door het ophopen van mest voor de nippels gaat een gedeelte van het spoelwater verloren en is de verdeling slecht. Doordat de klep tussen de vlotterbak en het drukvat (klep 2 uit figuur 2.2) niet tijdig sloot, was

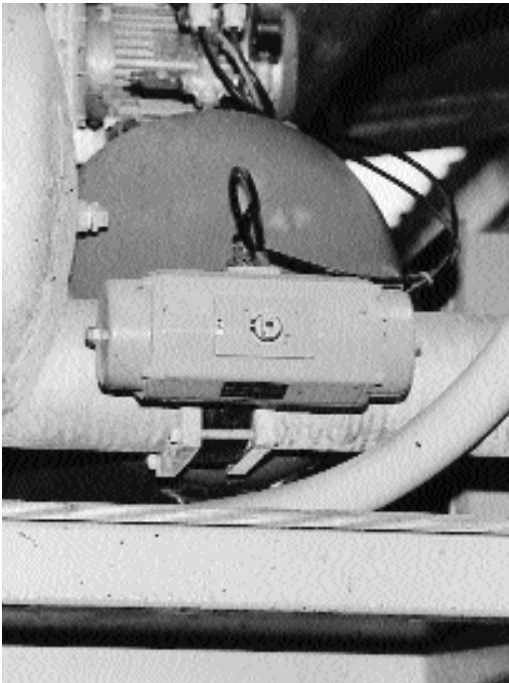


De compressor wordt gebruikt om de tanks met water onder druk te brengen. Links boven de compressor staat de vlotterbak voor het snel vullen van de tanks.

het mogelijk dat er water in de reduceerventielen kwam. Door kalkafzetting functioneerden deze ventielen niet goed. Ook op de niveauschakelaars in de druktanks vond kalkafzetting plaats. Deze moesten daarom regelmatig worden gereinigd.

Aanpassingen

De hierboven genoemde ervaringen hebben er toe geleid dat de spoelinstallatie in het tweede stalseizoen 1992-93 op een aantal punten is aangepast. Als eerste zijn de spoelleidingen gede-monteerd en gereinigd. Desondanks was de wer-



Grote kleppen regelen de toevoer van het water vanuit de druktank naar de spoelleidingen. Deze kleppen hebben weinig last van storingsen.

king van de installatie door kalkafzetting en mest-ophoping weinig verbeterd.

De terugslagklepjes zijn uit de nippels verwijderd. Om vervolgens het leeglopen van de spoelleiding na een spoelbeurt te voorkomen, zijn de nippels boven op de spoelleiding geplaatst (zie figuur 2.3 en figuur 2.4). Daarnaast zijn aan het eind van de aanvoerleidingen van de druktanken naar de spoelleidingen terugslagkleppen (figuur 2.2 klep 4) geplaatst. Deze kleppen zorgen ervoor dat de aanvoerleidingen na het spoelen niet leeglopen en openen zich pas bij een overdruk van 0,5 bar. Door de grotere afmetingen zijn deze kleppen minder storingsgevoelig dan de klepjes in de nippels.

Het verplaatsen van de nippels had als positief neveneffect, dat de mest die op de roosters voor de spoelleiding blijft liggen, niet langer de werking van de nippels belemmerde.

Door het verplaatsen van de nippels naar de bovenkant van de spoelleiding waren de nippels vanaf dat moment niet meer beveiligd door de spoelleiding. Boven de nippels is daarom een afdekplaat aangebracht. Deze voorkomt zowel verwondingen van de koeien door de nippels als beschadiging van de nippels. De afdekplaat is zo geplaatst dat de bovenkant gelijk was aan de boxbodem.

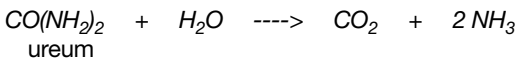
De kleppen, die de toevoer van het water vanuit de druktanks naar de spoelleiding regelen (figuur 2.2 klep 3), zijn aangepast. Hierdoor werd het probleem van onbetrouwbaar openen en sluiten opgelost.

De kalkafzetting is een gevolg van de hardheid van het leidingwater op ROC Aver Heino (circa 10° DH). Het voorkomen van kalkafzetting door het toevoegen van een waterontharder was geen reële mogelijkheid. De benodigde hoeveelheden ontharder en de doseerapparatuur veroorzaken te hoge kosten. Dit probleem is dus niet opgelost.

3 Ammoniakemissie en mest Samenstelling

3.1 Fysisch/chemische processen in de mest

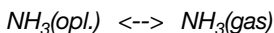
De meeste stikstof wordt door de koe in de urine uitgescheiden. Het grootste deel komt hierin voor als ureum. Ureum wordt onder invloed van het enzym urease omgezet in ammonium. Urease wordt door een groot aantal micro-organismen geproduceerd en komt onder andere voor in de faeces. De afbraak van ureum begint direct na lozing op de stalvloer. De reactievergelijking van de afbraak van ureum is :



In de mest is een evenwicht tussen ammonium (NH_4^+) en ammoniak (NH_3). Het evenwicht is afhankelijk van de pH en de temperatuur. Bij stijging van de temperatuur verschuift het evenwicht in de richting van ammoniak en water. Dit betekent dat de ammoniakconcentratie in de oplossing toeneemt.



Bij stijging van de temperatuur gaat er meer opgeloste ammoniak over naar de gasfase, waardoor er minder ammoniak in de oplossing overblijft.



De temperatuur heeft zowel invloed op de processen in de mest, die de ammoniakvorming beïnvloeden, als op de vervluchtiging van ammoniak uit de mest. Bij temperaturen beneden de 10 °C treedt een aanzienlijke emissiereductie op. Door verdunning van de mest zal bij gelijkblijvend oppervlak de ammoniakconcentratie in de mest verlaagd worden. Hierdoor wordt de ammoniakemissie gereduceerd.

3.2 Materialen en methoden

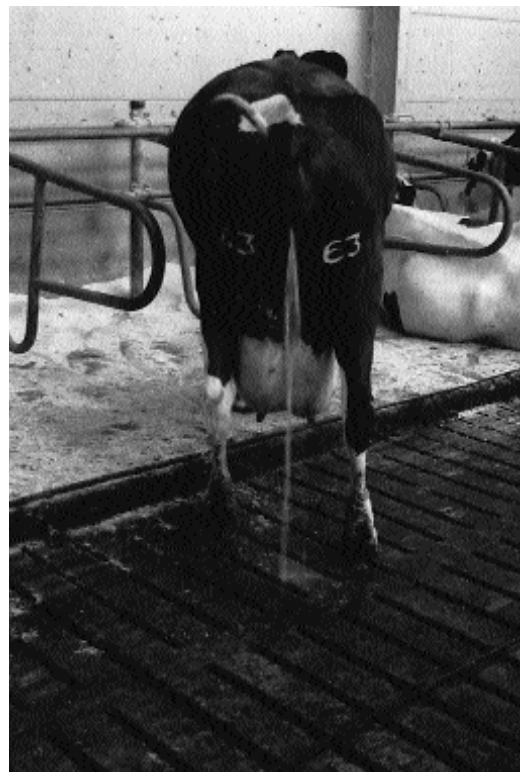
De ammoniakemissie wordt berekend uit de ammoniakconcentratie in de stallucht en de hoeveelheid ventilatielucht die de stal per uur verlaat

ofwel het ventilatiedebiet van de stal. Het is niet eenvoudig om het ventilatiedebiet van een natuurlijk geventileerde stal nauwkeurig te bepalen en uit de ventilatielucht een representatief monster te nemen. Het ventilatiedebiet van een natuurlijk geventileerde stal is niet constant in de tijd door weersinvloeden zoals temperatuur en windsnelheid.

Om inzicht te krijgen in het effect van spoelen op de ammoniakemissie van een natuurlijk geventileerde stal, zijn vergelijkende metingen uitgevoerd met de Lindvalldoos op locaties, die wel en niet werden gespoeld.

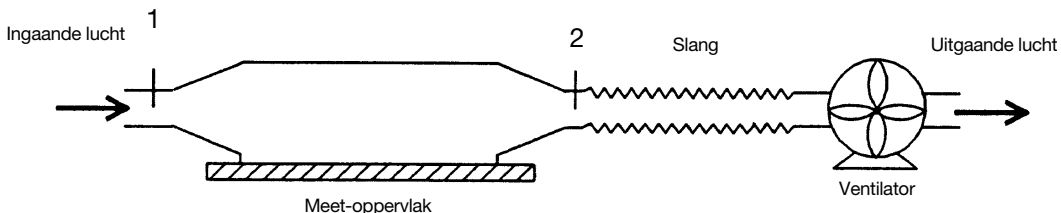
Meetopstelling

De ammoniakemissiemetingen zijn uitgevoerd



De meeste stikstof wordt door de koe uitgescheiden met de urine. De omzetting naar ammoniak begint zodra de urine op de mestgang is geloosd.

Figuur 3.1 Schematisch overzicht van de Lindvalldoosopstelling



met een Lindvalldoos en een NO_x -monitor. Hiermee is het mogelijk om de ammoniakemissie van verschillende bronnen onder vergelijkbare omstandigheden te meten. Deze methode is geschikt voor vergelijkend onderzoek, maar niet voor de bepaling van de totale emissie van de stal.

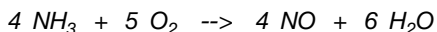
De Lindvalldoos is een bemonsteringsapparaat, dat op het mestoppervlak en op vloerdelen geplaatst kan worden. De Lindvalldoos is aan de onderzijde open en aan de voor- en achterzijde voorzien van toelopende luchtkanalen. De afmetingen van de gebruikte doos zijn 1,10 x 1,10 x 0,4 m. Met de gebruikte Lindvalldoos kan een vloerdeel van 1,10 x 1,10 m afgesloten worden van zijn omgeving en gedurende een periode worden gemeten. Met een centrifugaal ventilator wordt een hoeveelheid buitenlucht door de doos gezogen met een lage ammoniakconcentratie. Door een verstelbare klep wordt de luchtsnelheid geregeld op 7 - 8 cm/s. De ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht wordt bepaald. Dit gebeurt op de monsternamepunten 1 en 2 in figuur 3.1. Het verschil in ammoniakconcentratie, vermenigvuldigd met de hoeveelheid door de doos gestroomde lucht (debiet), levert de ammoniakemissie van het vloerdeel, waarop de Lindvalldoos is geplaatst. Het meetresultaat wordt uiteindelijk uitgedrukt in $\text{mg NH}_3 / \text{m}^2 / \text{uur}$.

Werkingsprincipe ammoniakemissie-meetapparaat

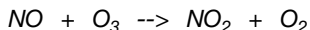
De ammoniakconcentraties van de in- en uitgaande lucht van de Lindvalldoos zijn gemeten met een NO_x -monitor in combinatie met een NH_3 -converter (THIS 42 I NO_x -monitor + NH_3 -converter Model 8840).

De te bemonsteren lucht uit de Lindvalldoos wordt door een converter geleid. In deze converter wordt onder hoge temperatuur (>750 °C) met roestvrij staal als katalysator de in de aangezogen lucht aanwezige ammoniak (NH_3) omgezet in

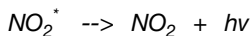
stikstofmonoxide (NO) volgens de reactie:



De gebruikte NO_x -monitor werkt volgens het chemoluminescentie-principe. In deze monitor wordt het verkregen NO-gas met behulp van ozon (O_3) omgezet naar stikstofdioxide (NO_2).



Bij de reactie komt straling vrij. De NO_2 -gasstroom, die hierbij ontstaat is namelijk geïoniseerd (NO_2^+). Bij terugval naar de energetische neutrale toestand wordt een fotonenstroom (= licht) uitgezonden, die met een lichtgevoelige cel meetbaar is.



De grootte van de fotonenstroom ($h\nu$) is maat voor de NH_3 -concentratie in de lucht. De ozon wordt in de monitor geproduceerd door een ozongenerator. Doordat in de reactiekamer een overmaat O_3 aanwezig is, is de reactie proportioneel afhankelijk van de NO-concentratie in de reactiekamer.

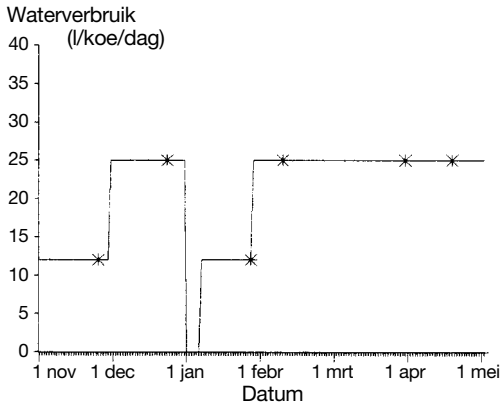
De meetgegevens van de monitor worden per minuut gemiddeld en opgeslagen in een datalogger.

Meetmethode

In de stalperiode zijn elke maand gedurende twee opeenvolgende dagen ammoniakemissiemetingen uitgevoerd.

In de perioden van 1 november t/m 30 november 1992 en van 7 januari t/m 27 januari 1993 is gespoeld met een waterverbruik van circa 12 liter / koe / dag. In de tussenliggende periode en van 28 januari t/m het einde van de stalperiode in april 1993 is gespoeld met een waterverbruik van circa 25 liter / koe / dag. Het gemiddelde spoel-

Figuur 3.2 Spoelwaterverbruik en meetdagen (*) tijdens de stalperiode 1992-93



watervbruik gedurende de stalperiode is weergegeven in figuur 3.2. In deze figuur zijn de meetdagen met kruisjes aangegeven. Van 1 t/m 7 januari is niet gespoeld vanwege de vorst.

Tijdens de meetdagen is steeds de totale hoeveelheid spoelwater per spoelbeurt gemeten. Deze hoeveelheden spoelwater staan in bijlage 1. Door deze hoeveelheid water te delen door het aantal koeien (71 stuks) en te vermenigvuldigen met het aantal spoelbeurten per dag (10) is dit om te rekenen tot een watervbruik per koe per dag.

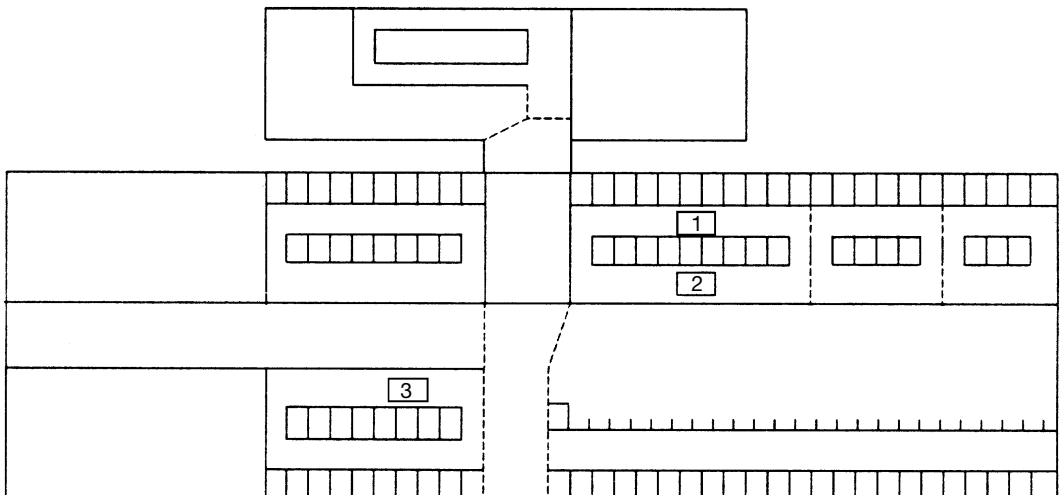
Voor de statistische betrouwbaarheid van de metingen is gedurende een meetdag de bevulling

van de te meten vloerdelen gestandaardiseerd. Aangenomen wordt dat op mestgangen van nature voldoende urease aanwezig is om ureum snel om te zetten in ammoniak. Daarom is er bij het handmatig bevullen alleen urine en geen mest op de te meten vloeroppervlakken aangebracht. Deze urine is steeds voorafgaand aan de metingen opgevangen bij melkgevende dieren. De urine is afgesloten bewaard bij een temperatuur van circa 5 °C. Bij deze lage temperatuur verloopt de afbraak van ureum traag. Pas na 10 dagen is er sprake van een aanzienlijke afbraak van ureum (Elzing et al., 1992). Voor de metingen is steeds een vloeroppervlak (circa 1,10 x 1,10 m) met 3 liter urine bevuld. Dit is een overmaat, zodat een deel van de urine van de roosters afstroomt naar de kelder. Van de gebruikte urine is per meetdag een monster genomen en geanalyseerd op NH_4^- -N en N_{kj} . Per meetdag zijn de metingen dus steeds uitgevoerd met dezelfde urine, zodat de gemeten verschillen per meetdag niet veroorzaakt kunnen worden door concentratieverschillen in de gebruikte urine.

Bij de metingen werd steeds eerst geschoven, daarna handmatig bevuld met urine en vervolgens gespoeld.

Om met de Lindvaldoos gelijktijdig het roosteroppervlak en het bijbehorende mestoppervlak in de kelder te kunnen meten zijn op 3 plaatsen in de stal constructies in de kelder gemaakt. Deze locaties zijn in de plattegrond van de stal (figuur 3.3) weergegeven.

Figuur 3.3 Situering van de meetlocaties in het gespoelde en onbehandelde staldeel



Tabel 3.1 Meetresultaten Lindvalldoosmetingen

Maand	Hoeveelheid spoelwater (l / koe / dag)	Gemiddelde emissie onbehandeld (mg NH ₃ / m ² / uur)	Gemiddelde emissie spoelen (mg NH ₃ / m ² / uur)
November	12	551	1570
December	25	1039	899
Januari	12	1048	1384
Februari	25	822	722
Maart	25	1356	1475
April	25	1283	1155

Parallel aan de kelderwanden zijn hier 2 houten schotten geplaatst. Deze schotten stonden op een onderlinge afstand van 1,10 m en vulden de ruimte tussen de kelderbodem en de rooster-vloer. Tussen de roosterelementen konden 2 andere schotten geschoven worden, zodat de 4 schotten samen een kelderdeel van circa 1,10 x 1,10 m afschermden. Locatie 1 en 2 waren gekozen op de gespoelde mestgangen, locatie 3 op de onbehandelde mestgang. In de staldelen, waartoe de meetlocaties behoorden, liepen steeds melkkoeien. De spleten tussen de roosters werden tijdens de metingen afgedicht.

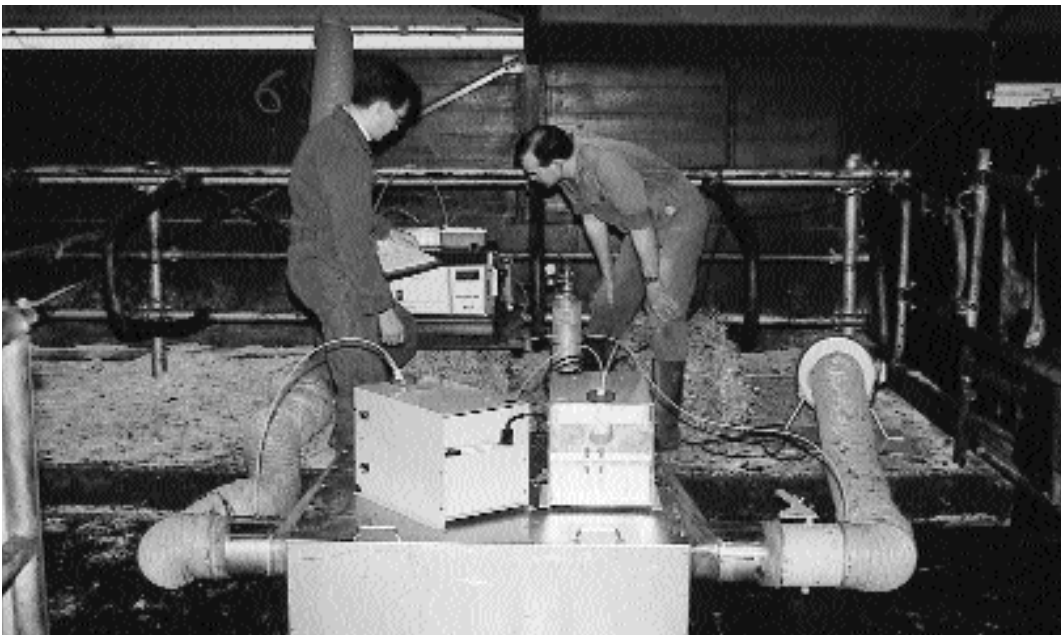
Omstandigheden

Het emissieverloop wordt behalve door het spoelen, door diverse andere factoren beïnvloed. Met de volgende factoren is rekening gehouden:

- Temperatuur en relatieve vochtigheid

Temperatuur en relatieve vochtigheid verlopen tijdens de dag. Deze variabelen zijn tijdens de metingen continu gemeten met een thermo-hygrograaf.

- N-gehalte in de urine
Binnen een meetdag is steeds dezelfde urine gebruikt voor alle metingen. Tussen de meetdagen is echter verschil in de gebruikte urine. Elke dag is een monster genomen en geanalyseerd.
- Dierfactoren (voeding, melkproductie)
De vergelijkende metingen zijn alleen uitgevoerd in de staldelen, waar de melkgevende dieren zich bevonden. De melkproductie van de dieren (laciatiestadium) en het rantsoen kunnen invloed hebben op de N-uitscheiding.
- Voorgeschiedenis meetlocatie
Om de invloed van de voorgeschiedenis van een stuk stalvloer te minimaliseren zijn de vloer-



De ammoniakemissiemetingen zijn uitgevoerd met een Lindvalldoos.

Tabel 3.2 Meetomstandigheden Lindvalldoosmetingen

Maand	Temperatuur (°C)		N-gehalte urine (g/kg)		
	min.	max.	N _{totaal}	Ureum	
November	10,2	-	11,8	6,2	6,0
December	4,2	-	5,9	7,5	6,0
Januari	3,5	-	6,8	8,0	7,7
Februari	2,8	-	5,2	6,2 - 6,3	5,6
Maart	9,8	-	17	6,9 - 7,0	6,6 - 6,8
April	9,2	-	20,6	5,5 - 7,0	5,4 - 6,4

ren voor de meting handmatig bevuild met verse urine.

- Mestniveau in de kelder

De mest in de kelders was tijdens de meetdagen steeds op een zelfde niveau.

3.3 Resultaten Lindvalldoosmetingen

De metingen zijn steeds uitgevoerd in het tijdstraject vanaf enkele minuten na het bevuilen tot circa 2 uur daarna. Om de metingen te kunnen vergelijken is na het bevuilen met de urine telkens hetzelfde tijdstraject genomen. Het grootste gezamenlijke traject is van 26 minuten tot 66 minuten na bevuilen. De uitgevoerde metingen zijn over dit traject gemiddeld. De gemiddelde emissies in dit tijdsinterval van alle metingen staan per maand weergegeven in tabel 3.1. In bijlage 1 is per meting de gemiddelde emissie weergegeven plus de bijbehorende staltemperatuur en N-gehalte van de urine.

De emissies in de maanden november en januari bij een waterverbruik van 12 liter per koe per dag waren tegen de verwachting in hoger dan van de onbehandelde vloer. Hoewel de variatie in de gemeten emissies groot was, is aangenomen dat spoelen met 12 liter/koe/dag om de ammoniakemissie te verminderen geen zin heeft. Na de tweede maand met een spoelwaterverbruik van 12 liter per koe per dag (januari) is deze variant dan ook niet verder onderzocht. Vanaf dat moment is alleen gespoeld met een waterverbruik van circa 25 liter per koe per dag.

In tabel 3.2 staat het temperatuurtraject aangegeven tijdens de metingen op 2 opeenvolgende dagen per maand en het stikstofgehalte van de gebruikte urine. In de maanden november tot en met februari is het temperatuurverloop over de dag klein. Het maximale temperatuurverschil tussen de verschillende metingen gedurende twee meetdagen is dan minder dan 4 °C. In het voorjaar (maanden maart en april) is het temperatuurverschil circa 10 °C. Het N_{totaal}-gehalte in de urine

varieerde over alle metingen tussen 5,5 en 8 g/kg. In de maanden november, december en januari is steeds op beide opeenvolgende meetdagen van dezelfde urine gebruik gemaakt. In de maanden februari, maart en april is op beide meetdagen verse urine verzameld. Alleen in april is er een duidelijk verschil in de N-concentratie van de urine van twee opeenvolgende meetdagen, namelijk 5,5 en 7 g/kg urine. De ureumconcentraties vertonen hetzelfde verloop als het N_{totaal}-gehalte. Alleen in december is de ureumconcentratie duidelijk lager dan het N_{totaal}-gehalte.

3.4 Berekeningen en statistische analyses

Voor het toetsen van de gemeten verschillen in emissie tussen de gespoelde roostervloer en de referentie-roostervloer zijn per maand de gemeten emissies vergeleken. Doordat er per maand (2 opeenvolgende meetdagen) vergeleken wordt, is er weinig effect van daginvloeden en N-niveau in de urine.

Om het verband tussen het waterverbruik, de temperatuur, de locatie en de overige meetomstandigheden ten aanzien van de gemeten emissie te bepalen, is gebruik gemaakt van variantieanalyse (REML), aangevuld met WALD-toetsen. Deze WALD-toetsen zijn vergelijkbaar met een F-toets uit ANOVA.

Met de verzamelde gegevens kan het volgende algemene model voor de gemeten emissie worden opgesteld:

$$E_{ij} = \alpha_i + \beta \times W + \delta \times (T_{ij} - T_{gem}) + \epsilon_{ij}$$

De verklaring van de symbolen in bovenstaande formule is :

- E_{ij} Gemiddelde emissiesnelheid op locatie i op dag j (mg NH₃ / m² / uur)
- α_i Constante van locatie i
- β Werkingscoëfficiënt water
- W Waterverbruik (liter / spoelbeurt)
- δ Werkingscoëfficiënt temperatuur
- T_{ij} Temperatuur op locatie i op dag j (°C)

- T_{gem} Gemiddelde temperatuur gedurende alle metingen ($^{\circ}\text{C}$)
- ϵ_{ij} Restant = verschil tussen gemeten en gefit-te ($\epsilon \sim N(0, \sigma_{d,e}^2)$) emissie-waarde op locatie i op dag j

In dit model is het N-gehalte van de gebruikte urine niet opgenomen. Het aantal waarnemingen was gering (9 verschillende concentraties) en het verloop van het N-gehalte in de urine verloopt vergelijkbaar met de temperatuur. Bij de metingen met een hoge N-gehalte in de urine hoort ook een hoge temperatuur. Hierdoor zijn de factoren temperatuur en N-gehalte van de urine verstrengeld en kan geen uitspraak gedaan worden over het effect van het N-gehalte van de urine op de emissie.

Voor de statische verwerking is gebruik gemaakt van de emissiegegevens en het totale waterverbruik per spoelbeurt, zoals is weergegeven in bijlage 1.

De temperatuur heeft een grote invloed op de hoogte van de emissie. Op grond van de verzamelde meetgegevens op ROC Aver Heino kan geconcludeerd worden dat één graad stijging van de temperatuur gemiddeld een verhoging van de emissie met circa 52 mg $\text{NH}_3/\text{m}^2/\text{uur}$ veroorzaakt. Dit wordt weergegeven door de werkingscoëfficiënt van de temperatuur δ . Hierbij wordt er van uitgegaan dat het verband tussen temperatuur en emissie rechtlijnig is.

De gemeten emissiewaarden zijn vervolgens gecorrigeerd voor temperatuur, door de ammoniakemissie te berekenen bij de gemiddelde temperatuur over alle metingen. De gemiddelde temperatuur gedurende alle metingen (T_{gem}) is 9,2 $^{\circ}\text{C}$. De gemeten emissie, de temperatuur en de gecorri-

geerde emissie staan in bijlage 1.

De werkingscoëfficiënt voor het waterverbruik β geeft het effect weer op de emissie van het spoelen met 1 liter per spoelbeurt. Aangenomen wordt dat dit effect in het onderzochte traject van circa 70 tot 200 l/spoelbeurt (= circa 10 tot 30 l/koe/dag) rechtlijnig is. De emissie daalt dan met circa 7,5 mg / m^2 / uur.

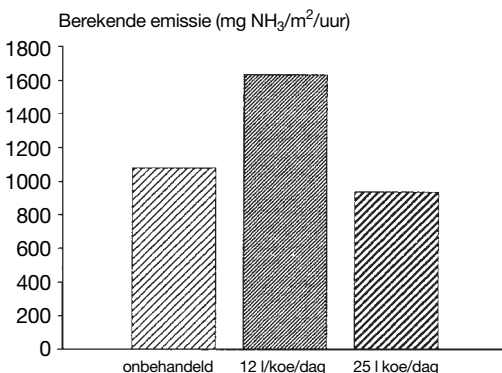
De referentielocatie (locatie 3) blijkt standaard (gecorrigeerd voor temperatuur en waterverbruik) een significant lagere emissie te hebben dan de spoellocaties. Het verschil tussen de twee spoellocaties (locatie 1 en 2) is niet significant.

Bij de proefopzet was er van uitgegaan dat er geen aannemelijke verschillen zijn tussen de locaties. Er wordt daarom aangenomen dat de verschillen in emissie veroorzaakt worden door het spoelsysteem en er geen interactie is tussen de locatie en het waterverbruik. De enige verklaring voor de gevonden resultaten is dat het toedienen van weinig water een verhogend effect geeft op de ammoniakemissie. Wanneer meer water wordt toegediend, neemt de emissie als gevolg van verdunning af.

Uitgaande van geen locatieverschillen heeft spoelen met 25 liter water per koe per dag of minder geen effect of zelfs een verhogend effect op de emissie van ammoniak. In figuur 3.4 staan de gemiddelde emissies berekend bij 9,2 $^{\circ}\text{C}$ van de 3 behandelingen.

Het lijkt er op dat toedienen van weinig water de emissie bevordert. Indien meer water wordt toegediend wordt de emissie lager. Om het negatieve effect van spoelen met weinig water teniet te doen is berekend dat de spoellocaties met 172,3 l water per spoelbeurt gespoeld dienen te worden. Bij dat niveau is de emissie bij spoelen gelijk aan de emissie bij onbehandeld. Dit komt overeen met 24,3 liter per koe per dag. Wanneer met minder water wordt gespoeld is de emissie hoger dan de emissie van de referentievloer. De reductie neemt toe naarmate de gebruikte hoeveelheid meer boven deze 172,3 l/spoelbeurt (24,3 l/koe/dag) water ligt. Figuur 3.5 geeft het verband volgens het gebruikte model tussen de emissie en het spoelwaterverbruik bij een temperatuur van 9,2 $^{\circ}\text{C}$ en 10 keer spoelen per dag grafisch weer in het onderzochte traject van circa 70 tot 200 liter per spoelbeurt. Het emissieverloop buiten deze grenzen is niet duidelijk.

Figuur 3.4 Gemiddelde berekende ammoniakemissie bij 9,2 $^{\circ}\text{C}$



3.5 Mestanalyses en overige gegevens

Behalve temperatuur en N-concentratie in de uri-

Tabel 3.3 Samenstelling van de mest in de kelder van mestgang 1, 2 en 3 (g/kg)

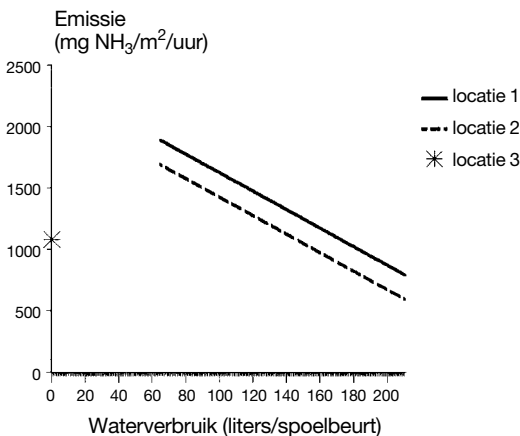
Datum	Liter	Mestgang *	ds	N _{totaal}	NH ₃ -N
November	10	1	124	5,9	2,7
		2	119	4,7	2,4
		3	71	4,7	2,3
December	25	1	108	4,6	1,7
		2	56	3,1	1,5
		3	83	4,7	2,1
Januari	10	1	114	4,5	1,8
		2	56	3,4	1,9
		3	85	5,3	2,5
Februari	25	1	84	4,2	1,9
		2	61	3,4	1,8
		3	90	5,2	2,4
Maart	25	1	104	4,6	2,0
		2	69	3,3	1,7
		3	103	5,3	2,9
April	25	1	13	14,6	2,1
		2	75	3,5	2,0
		3	105	5,1	2,5

* mestgang 1 : tussen de ligboxen met spoelleiding
mestgang 2 : achter het voerhek met spoelleiding
mestgang 3 : achter het voerhek zonder spoelleiding (referentie)

ne zijn nog diverse andere factoren bepaald die van nut zouden kunnen zijn bij het verklaren van gemeten verschillen in ammoniakemissie, namelijk mestsamenstelling, mestniveau's onder de roosters, rantsoen en melkproductie.

De mest in de mestkelders is per maand per mestgang bemonsterd en geanalyseerd op mineralengehalte en droge-stofgehalte. In tabel 3.3 staan de belangrijkste gegevens samengevat.

Figuur 3.5 Verband tussen emissie en spoelwaterverbruik volgens het gebruikte model T_{gem} van 9,2°C in het traject van 70 tot 200 liter per spoelbeurt



Er is een duidelijk verschil in droge-stofgehalte van de mest tussen de beide gespoelde mestgangen 1 (tussen de ligboxen) en 2 (langs het voerhek). Dit wordt door verschillende factoren veroorzaakt. De ligboxen zijn evenals de krachtvoerboxen alleen vanuit mestgang 1 (tussen de ligboxen) te betreden. De dieren verblijven hier dus het grootste deel van de tijd op deze mestgang en lozen hier de meeste mest en slepen zaagsel uit de boxen. Daarnaast wordt er per vierkante meter roosteroppervlak getracht evenveel water te spoelen, zodat op de mestgang langs het voerhek (mestgang 2) per liter geproduceerde mest meer water wordt toegevoegd. Hierdoor treedt er een groter verdunningseffect op in de kelder direct achter het voerhek dan in de kelder onder de mestgang tussen de ligboxen.

In bijna alle mestmonsters van de mestgang langs het voerhek in het onbehandelde staldeel (3), is het N-gehalte hoger dan van mestgang 1 en 2. De maand november is een uitzondering. Dit kan een gevolg zijn van het feit dat voorafgaande aan deze maand nog niet gestart was met spoelen. De lagere concentraties in de gespoelde mestgangen is het gevolg van verdunning door het spoelen.

Tijdens de meetdagen schommelde het mestniveau steeds rond de 50 cm onder de roosters op alle drie de mestgangen. De afstand van het mestoppervlak tot de bovenkant van de roostervloer is

Tabel 3.4 Mestniveau's van de kelders

Datum	Mestniveau's per mestgang (cm)		
	1	2	3
November	55	59	55
December	53	57	52
Januari	62	66	50
Februari	51	53	47
Maart	46	51	69
April	60	65	69

gemeten. Deze waarden staan in tabel 3.4.

Er is getracht op de meetdagen eenzelfde mestniveau op alle drie de meetlocaties te verkrijgen door enkele weken, voorafgaand aan de metingen, de mest te mengen en indien nodig een hoeveelheid mest over te pompen naar de silo. Het mestniveau varieerde gedurende de meetdagen tussen 46 en 69 cm onder de roosters. Het mestniveau onder de mestgang langs het voerhek is steeds enkele centimeters lager dan onder de mestgang tussen de ligboxen. De mestgangen zijn met elkaar verbonden, zodat het niveauverschil verklaard kan worden door de mestproductie van de dieren. Er wordt dus meer mest per m² geproduceerd op de mestgang tussen de ligboxen dan langs het voerhek. Het verschil in mestniveau tussen het gespoelde staldeel en het onbehandelde staldeel is in maart het grootst, namelijk 23 centimeter.

Het rantsoen heeft een grote invloed op de ammoniakemissie. Een rantsoen met een hoog OEB veroorzaakt een hogere ureumconcentratie in de urine en leidt daardoor tot een hogere ammoniakemissie in vergelijking met een laag OEB. In de onderzochte staldelen vond tevens voedingsonderzoek plaats. In tabel 3.5 staan de opgenomen hoeveelheden onbestendig-eiwitbalans (OEB) per dier voor beide groepen. De hoeveelheid opgenomen OEB is bij de contro-

legroep in de maanden december en januari duidelijk hoger dan de spoelgroep. In de maanden maart en april is de hoeveelheid opgenomen OEB echter veel lager dan de spoelgroep. Voor de emissiemetingen wordt per meetdag gebruik gemaakt van dezelfde urine. De invloed van het rantsoen op de kelderemissie is nog onduidelijk. Uit de mestsamenstelling (tabel 3.3) blijkt immers dat de mest in het onbehandelde staldeel een hoog N-gehalte heeft ($\leq 4,7$ g/kg) dan de mest in het gespoelde staldeel.

De melkproductie en -samenstelling van de verschillende groepen koeien verschilde in sommige maanden sterk. In de maand februari was er geen onderscheid tussen de verschillende groepen dieren. Voor het melken zijn beide groepen in die maand gelijktijdig in de wachtruimte gedreven. Na het melken zijn de dieren vervolgens aselect over beide staldelen verdeeld. In de overige maanden zijn de groepen dieren gescheiden gehouden en verschilde het rantsoen. Dit heeft ook gevolgen gehad voor de melkproductie van beide groepen dieren. De melkproductie van de spoelgroep was in de eerste maanden van het onderzoek duidelijk lager en in de laatste maanden duidelijk hoger dan de controlegroep.

3.6 Discussie

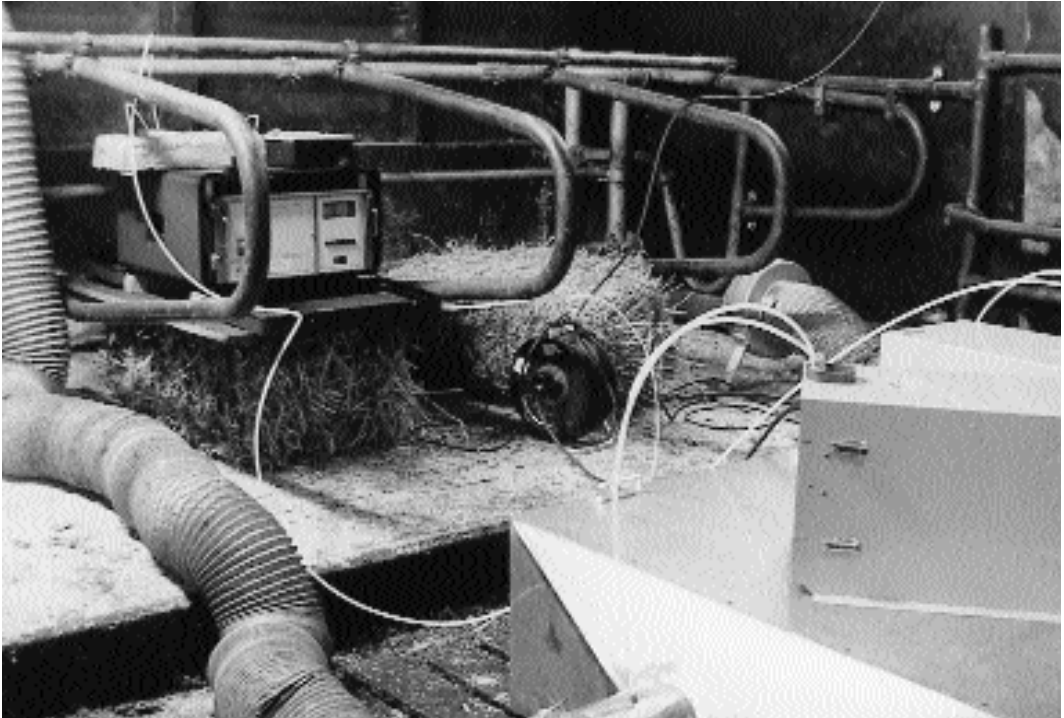
De uitvoering van Lindvalldoosmetingen op roostervloeren is ingewikkelder dan op dichte vloeren. Om gelijktijdig de rooster- en kelderemissie te meten moet er per locatie een voorziening in de kelder gemaakt worden dat dit kelderdeel tijdens de metingen van de rest van de kelder afsluit. Na de metingen moet dit weer worden verwijderd om de mest te kunnen mengen. Een dergelijke tijdelijke constructie is moeilijk luchtdicht te maken. Er kan lekluicht optreden tussen de roosterspleten en de in de kelder geplaatste schotten. Hierdoor wordt een deel van de gemeten variatie binnen een behandeling veroorzaakt.

Tabel 3.5 OEB-niveau's en melkproductie

Datum	Spoelen		Onbehandeld	
	OEB (g/dier/dag)	Melkproductie (kg/dier/dag)	OEB (g/dier/dag)	Melkproductie (kg/dier/dag)
November	1169	-	1043	-
December	100	14,2	548	23,6
Januari	85	12,9	545	22,1
Februari	471	20,3	471	20,3
Maart	1080	29,6	160	22,5
April	1083	24,4	136	20,8

Volgens Huis in 't Veld et al. (1993) is bij spoelen met 50 liter per koe per dag op een roostervloer een emissiereductie van 70 % mogelijk. In vergelijking hiermee is het resultaat van 12 en 25 liter per koe per dag zeer teleurstellend. Indien echter het effect van spoelen uit de gegevens van Huis

in 't Veld et al. volgens tijdreeks-analyse geschat wordt, is de emissiereductie op een roostervloer slechts 17 % ten opzichte van een situatie zonder spoelen (De Boer et al., 1994). Dit resultaat komt overeen met de conclusies van dit onderzoek op ROC Aver Heino.



Ammoniakmetingen op roostervloeren zijn moeilijker dan op dichte vloeren. Een deel van de kelder moet worden afgesloten om tot verantwoorde cijfers te komen.

4 Bedrijfseconomische gevolgen

De toepassing van een spoelleidingsysteem in de praktijk is naast het effect op de ammoniakemissie afhankelijk van de kosten die er mee gepaard gaan. In dit hoofdstuk worden de extra kosten voor spoelen voor een ligboxenstal weergegeven in het geval van nieuwbouw. De extra kosten zijn berekend ten opzichte van een stal zonder maatregelen om de ammoniakemissie te beperken. Deze berekeningen zijn een onderdeel van een PR-studie naar de kosten van diverse maatregelen om de emissie op melkveebedrijven te verminderen (Van der Kamp et al., 1993). Uitgegaan wordt van een ligboxenstal met een roostervloer, 3 maanden mestopslag onder de roosters en een aanvullende mestopslag buiten de stal voor eveneens 3 maanden opslag. Het jongvee wordt in dezelfde stal gehuisvest als het melkvee.

4.1 Investerings- en jaarkosten spoelsysteem

De investeringskosten voor de spoelinstallatie zijn te splitsen in twee delen. De eerste is een vaste post voor de besturing, het aggregaat en de drukvaten. Deze kosten zijn, ongeacht het staltype en de stalgrootte, gesteld op *f* 15.250,-. Daarnaast is er per mestgang een aanvoerleiding en aan beide zijden van iedere mestgang spoelleidingen nodig.

Een aanvoerleiding kost *f* 4.000,- en de spoelleiding kost *f* 140,- per meter (= *f* 280,- per meter mestganglengte).

Voor de montage van het spoelleidingsysteem wordt een bedrag van 20 % van de materiaalkosten gerekend.

Per mestgang is een roosterschuij nodig. De aandrijving kan per twee mestgangen geschieden. Bij een 1+1-rijige stal is dus één aandrijfstation met schakelkast voldoende, bij de andere staltypen is

een tweede aandrijfstation met schakelkast nodig. Eén roosterschuij kost *f* 700,-, een aandrijfstation *f* 4.200,- een schakelkast *f* 1.200,- en een hoekwiel *f* 300,-. De ketting kost *f* 27,- per meter. Voor de montage van de mestschuij wordt 20 % van de materiaalkosten gerekend.

Tenslotte moeten electra en water aanwezig zijn bij de spoelinstallatie; de kosten van de aanleg hiervan zijn gesteld op *f* 1.000,-. De spoelinstallatie komt op een platform te staan. Inclusief hak en breekwerk komt dit op *f* 2.000,-. Deze kosten zijn verzameld onder de post "overige aanpassingen".

De kosten voor het mengen van de mest in de kelders zijn gelijk aan die in de uitgangssituatie, hiervoor worden dus geen extra kosten gerekend.

De extra investeringskosten in de stal (2+1-rijig en 60 melkkoeien + bijbehorend jongvee) voor spoelen is weergegeven in tabel 4.1.

De levensduur van de spoelinstallatie en de (verzinkte) spoelleidingen wordt geschat op 10 jaar met een restwaarde van 10 %. De afschrijving bedraagt dus 9 % van de investering. Voor onderhoud en verzekering is gerekend met 5 %.

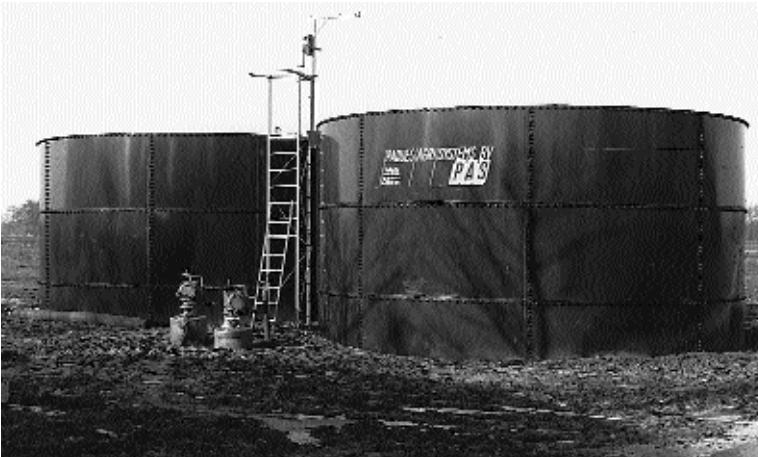
De levensduur van de roosterschuij is 10 jaar met

Tabel 4.1 Additionele investeringen voor spoelen in een 2+1-rijige stal voor 60 melkkoeien inclusief bijbehorend jongvee.

	Investering
Spoelinstallatie	<i>f</i> 68 215,-
Roosterschuij	<i>f</i> 22 863,-
Overige aanpassingen	<i>f</i> 3 000,-
Totaal	<i>f</i> 94 078,-

Tabel 4.2 Investerings- en jaarkosten van spoelen voor drie verschillende staltypen en verschillende veestapelgroottes (incl. jongvee).

	Staltype / Aantal melkkoeien						
	1+1-rijig		2+1-rijig			2+2-rijig	
	45	40	60	100	60	100	150
Investerings- (<i>f</i>)	67329	80570	94078	120973	103160	131767	166666
Jaarkosten (<i>f</i>)	14075	16906	19930	26141	21436	28094	36033



Door het spoelen is er 2 keer zoveel opslagcapaciteit nodig en.....



.....moet er 2 keer zoveel mest worden toegediend

Tabel 4.3 Extra kosten van het vergrote mestvolume bij 60 melkkoeien en onbeperkt weiden

Spoelwater (l/koe)	0	12	25	35	50
Mestproductie (ton)	1092	1336	1600	1803	2108
Opslag stal (ton)	402	402	402	402	402
Opslag silo (ton)	495	695	915	1080	1330
Vervangingswaarde silo (f)	67177	74972	88861	97495	110952
Jaarkosten silo (f)	7793	8697	10308	11309	12870
Kosten toediening (f)	8399	10274	12305	13867	16211
Extra kosten opslag (f/jaar)		904	2515	3516	5077
Extra kosten toediening (f/jaar)		1875	3906	5468	7812
Totaal extra kosten (f/jaar)		2779	6421	8984	12889

Tabel 4.4 Extra kosten voor opslag en toediening bij beperkt weiden bij verschillend spoelwaterverbruik

Spoelwater (l/koe)	0	12	25	35	50
Mestproductie (ton)	1293	1618	1970	2241	2647
Opslag stal (ton)	402	402	402	402	402
Opslag silo (ton)	515	745	995	1185	1470
Vervangingswaarde silo (f)	68029	80242	93045	101687	117927
Jaarkosten silo (f)	7891	9308	10793	11796	13679
Kosten toediening (f)	9949	12448	15156	17238	20368
Extra kosten opslag (f/jaar)		1417	2902	3905	5788
Extra kosten toediening (f/jaar)		2499	5207	7289	10419
Totaal extra kosten (f/jaar)		3916	8109	11194	16207

een restwaarde van 10 %, de afschrijving is dus 9 % van de investering. De kosten voor onderhoud en verzekering bedragen 10 % (op jaarbasis) van de investering.

De kosten voor de overige aanpassingen zijn min of meer bouwkundige voorzieningen en worden afgeschreven in 20 jaar, zonder restwaarde. De afschrijving bedraagt dus 5 %. De kosten voor onderhoud en verzekering bedragen 2 %. Daarnaast is er een hoeveelheid energie nodig om de installatie te laten functioneren. Op ROC Aver Heino is 10 keer per dag na het schuiven gespoeld. Hierbij is een gemiddeld energieverbruik gemeten van 2,5 kWh per dag.

Voor drie staltypes (1+1-, 2+1- en 2+2-rijig) en de bijbehorende veestapelgroottes zijn de extra investeringen en de bijbehorende jaarkosten voor spoelen berekend. Het resultaat hiervan is in tabel 4.2 weergegeven. De totale jaarkosten bestaan uit de som van de kosten voor afschrijving, onderhoud en verzekering, rente, water (50 l/koe/dag) en energie. De afzonderlijke kosten voor afschrijving, onderhoud en verzekering, rente, water en energie zijn weergegeven in bijlage 2.

4.2 Overige kosten

Door het gebruik van spoelwater is er extra opslagcapaciteit nodig en moet meer mest worden toegediend. In tabel 4.3 en 4.4 zijn de extra jaarkosten voor een bedrijf met 60 melkkoeien (+ bijbehorend jongvee) weergegeven voor beperkt en onbeperkt weiden bij spoelen met verschillend

watervverbruik.

Met behulp van het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundveehouderij (BBPR versie 1.80) is berekend wat de extra kosten zijn voor de opslag en toediening van mest. In de berekeningen is er van uitgegaan dat in de stal het bevuild oppervlak van melkvee en jongvee steeds gelijk wordt gespoeld. Het spoelregime wordt bepaald door het spoelregime van de melkkoeien. Bij volledig opstallen wordt 10 keer per dag gespoeld. Bij onbeperkt weiden wordt er 2 keer per dag gespoeld, bij beperkt weiden 6 keer per dag. In de situatie zonder spoelen is uitgegaan van een mestopslag in de stal voor 3 maanden. De grootte hiervan wordt ook niet aangepast wanneer het bedrijf spoelen gaat toepassen. Uitbreiding van de mestopslag wordt alleen gerealiseerd door een grotere mestsilo op te nemen in het bedrijfsplan. De silo is in alle gevallen afgedekt met een tentconstructie. Voor de toediening van de mest wordt gebruik gemaakt van een zodebemester. Voor de kosten (loonwerk) is een bedrag aangenomen van f 8,- per m³. In tabel 4.4 zijn de resultaten weergegeven voor een bedrijf met een beperkt beweidingssysteem.

Het is duidelijk dat een hoger spoelwaterverbruik per koe per dag hogere kosten met zich meebrengt. De toename van de kosten is bij een beperkt beweidingssysteem duidelijk hoger dan bij een onbeperkt beweidingssysteem.

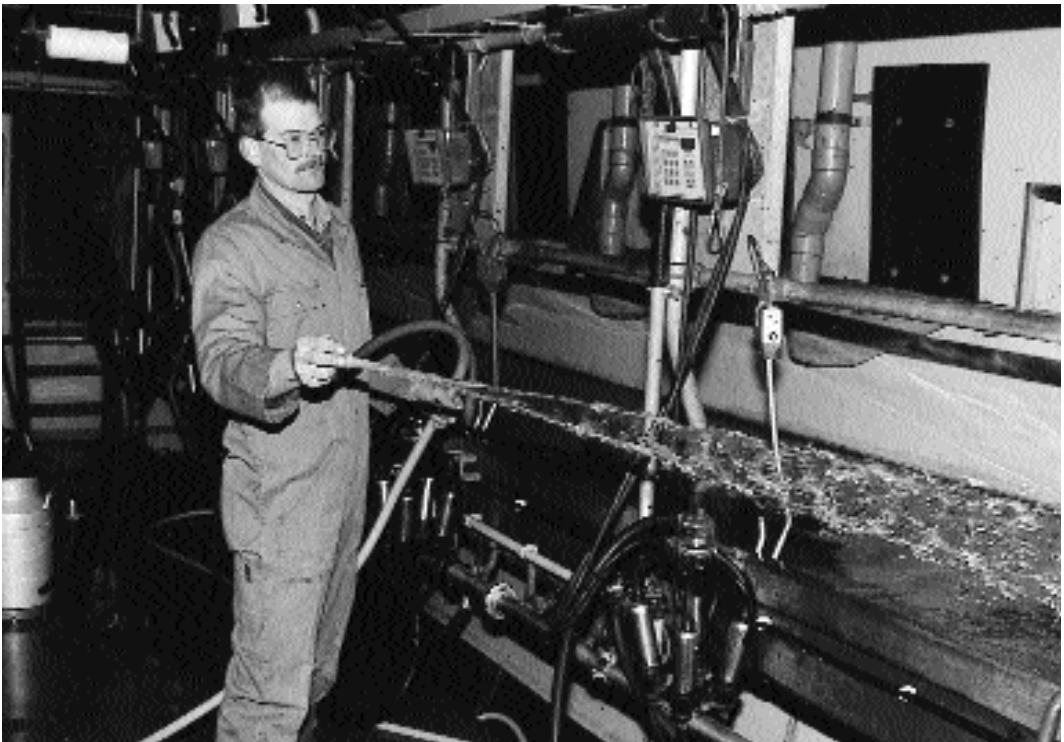
5 Conclusie en aanbevelingen

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

- Het spoelleidingsysteem is storingsgevoelig. Er treedt kalkaanslag op in de installatie en de leidingen, waardoor de waterniveauschakelaars, reduceerventielen, kleppen en nippels na verloop van tijd niet goed meer functioneren.
- Er is geen emissiereductie aangetoond als gevolg van het spoelen van roostervloeren met een waterverbruik van 25 liter per koe per dag. Bij een waterverbruik van circa 12 liter per koe per dag lijkt de ammoniakemissie hoger te worden. Om een reductie van de ammoniakemissie vanuit de stal te bewerkstelligen moet er gespoeld worden met meer dan 25 liter per koe per dag.
- Het spoelen van roostervloeren is een dure maatregel om de emissie vanuit de stal te verminderen. De investeringskosten van de installatie en de extra jaarkosten voor de opslag en

- de toediening van de verdunde mest zijn hoog.
- Gezien de problemen die zich voordeden met verstoppingen is aandacht voor verontreinigingen bij dergelijke systemen van groot belang. De mogelijkheden van hergebruik van spoelwater uit de melkstal of terugwinning van spoelvloeistof uit de mest zijn om deze reden niet groot.

Aangezien de kosten van het spoelsysteem bij een waterverbruik van 25 liter per koe per dag al hoog zijn terwijl de ammoniakemissie niet gereduceerd wordt, is er geen aanleiding om naar dit systeem nog nader onderzoek te doen. Ook het gebruik van afvalwater (reinigingswater uit de melkstal en tanklokaal) zal spoelen niet goedkoper of effectiever maken. Indien in de plaats van leidingwater afvalwater of uit de mest gewonnen spoelvloeistof gebruikt wordt, zal het aantal storingen naar alle waarschijnlijkheid toenemen.



Door gebruik van afvalwater kan het aantal storingen toenemen.

Samenvatting

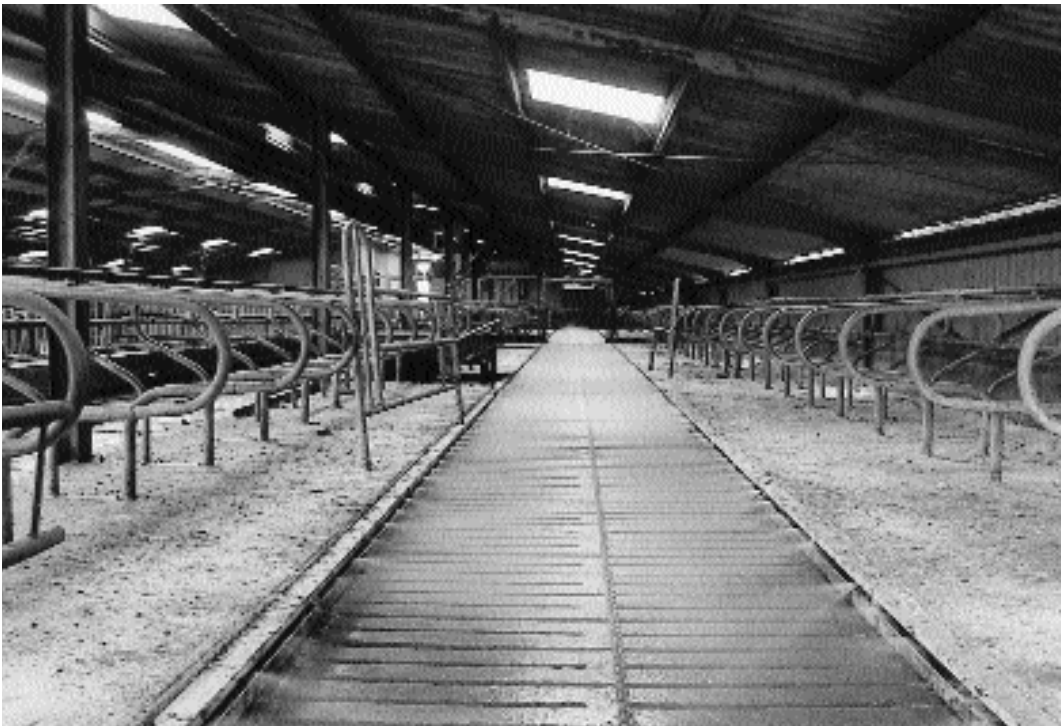
Op ROC Aver Heino is in 1991 in de ligboxenstal voor het melkvee een spoelinstallatie op 2 mestgangen aangelegd om de ammoniakemissie te verminderen. Het doel van het onderzoek was het reduceren van het waterverbruik bij het spoelen met behoud van een voldoende emissiereductie. Het PR heeft onderzocht of dit met een waterverbruik van 12 of 25 liter per koe per dag bereikt kon worden.

In de stalperiode 1991-92 zijn alleen ervaringen met betrekking tot de praktische inpasbaarheid van het spoelleidingsysteem opgedaan. In deze periode deden zich regelmatig allerlei storingen voor, zodat besloten is de installatie aan te passen. De meeste problemen werden opgelost, alleen de kalkaanslag en het verstopping van nippels bleven echter moeilijkheden veroorzaken. Zowel op de gespoelde vloerdelen als op het onbehandelde vloerdeel liepen steeds melkgevende dieren. In de stalperiode 1992-93 is elke maand gedurende twee opeenvolgende dagen

ammoniakemissie-metingen met de Lindvalldoos uitgevoerd. Voor de metingen is de roostervloer steeds eerst bevuild met een hoeveelheid verse urine. De emissie van de roostervloer met het spoelsysteem bij een hoog en bij een laag waterverbruik is vergeleken met een onbehandelde roostervloer.

Er is geen emissiereductie gevonden bij een waterverbruik van 25 l / koe / dag. Bij een waterverbruik van 12 liter / koe / dag is zelfs een verhoging van de emissie gevonden. De variatie tussen de metingen van eenzelfde behandeling bleek groot.

De kosten van het spoelsysteem bij een waterverbruik van 25 liter per koe per dag zijn al hoog, terwijl de ammoniakemissie niet wordt gereduceerd. Er is dus geen aanleiding om dit systeem verder te onderzoeken. Ook het gebruik van afvalwater (reinigingswater uit de melkstal en tanklokaal) is geen perspectiefbiedende optie.



Alleen spoelen met veel water heeft een reducerende werking op de ammoniakemissie.

Literatuur

- Elzing, A., W. Kroodsma, R. Scholtens en G.H. Unk, 1992. Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een rundveestal: Theoretische beschouwingen. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Rapport 92-3, Wageningen, 25 p.
- De Boer, W.J., A. Keen en G.J. Monteny, 1994. Het effect van spoelen op de ammoniakemissie uit melkveestallen. Het schatten van behandelingseffecten en nauwkeurigheden door tijdreeksanalyse. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, rapport 94-6, Wageningen, 34 p.
- Groot Koerkamp, P.W.G., N. Verdoes en G.J. Monteny, 1990. Naar stallen met beperkte ammoniakuitstoot. Deelrapport Bronnen, Processen en Factoren. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 8A, Stuurgroep Emissie-arme Huisvestingssystemen, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 83 p.
- Huis in 't Veld, J.W.H., W. Kroodsma en S. van Westreenen, 1993. Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, rapport 93-1, Wageningen, 23 p.
- IKC, 1992. De ligboxenstal voor melkvee. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij, Afdeling Rundvee-, Schapen- en Paardenhouderij, Publicatie nr. 29, Lelystad, 80 p.
- Kamp, A. van der, A.J.H van Lent en P.P.H. Kant, 1993. Bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen emissie-arme bedrijfssystemen op melkveebedrijven. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Rapport nr. 149, Lelystad, 165 p.
- Kroodsma, W. en G.J. Monteny, 1992. Oplossing voor emissie-arm. Emissie-arme stalsystemen voor rundvee. Landbouwmecanisatie jaargang 43 (1992) nr. 8 (augustus), p. 27 -29.
- Kroodsma, W. en G. Wildschut, 1989. Spoelsystemen in rundvee- en varkensstallen. Landbouwmecanisatie nr. 10, oktober 1989, p. 24 - 25.
- LNV, 1992. Hoofdlijnen van beleid en regelgeving. Mest- en ammoniakmaatregelen. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Veehouderij en Zuivel, Directie Akker- en Tuinbouw, Dienst Voorlichting, 's-Gravenhage, 63 p.
- Oosthoek, J. en J.H. Voorburg, 1992. Grondslagen van ammoniakemissiebeperking. In: Verslag SPOM/FOMA-symposium "Mestbehandeling op de boerderij", DLO-reeks, Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 15, Ede, 12 p.
- Ouwerkerk, E.J.N. van, 1993. Meetmethoden NH₃-emissie uit stallen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij 16, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Wageningen, 178 p.
- RIVM, 1991. Nationale Milieuverkenning 2. 1990-2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 550 p.
- Scholtens, R., 1984. Bepaling van ammoniak in de buitenlucht. Verslag van een zesmaands doctoraalvak Luchthygiëne en -verontreiniging. V-151, Vakgroep Luchthygiëne en -verontreiniging LH, Wageningen, 78 p.
- Snel, L. en W. Kroodsma, 1989. Onderzoek naar emissie-arme rundveestallen. Landbouwmecanisatie nr. 8 (augustus) 1989, p. 56-57.
- Smits, M.C.J., H. Valk, A. Elzing, J.W.H. Huis in 't Veld en A. Keen, 1993. Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen. Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, rapport 93-31, Wageningen, 38 p.
- Stanier, R.Y., E.A. Adelberg and J.L. Ingraham, 1976. The Microbial World, Fourth Edition. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 871 p.

Bijlagen

Bijlage 1 Meetgegevens Lindvalldoosmetingen

Behandeling	Meting	Data	Locatie	Gem. Emissie (mg NH ₃ /m ² /h)	Temperatuur (°C)	T-gecorr. emissie mg NH ₃ /m ² /uur	N-gehalte urine (g/kg)	Waterverbruik (l/spoelbeurt)
Referentie	1	nov	3	551	10,2	496	6,2	0
	2	jan	3	1308	5,1	1521	8	0
	3	jan	3	804	3,5	1100	8	0
	4	jan	3	1032	4	1303	8	0
	5	dec	3	269	5,4	465	7,5	0
	6	dec	3	1457	5,5	1649	7,5	0
	7	dec	3	1391	5,9	1561	7,5	0
	8	feb	3	694	5,2	901	6,2	0
	9	feb	3	703	5	921	6,2	0
	10	feb	3	805	2,8	1138	6,3	0
	11	feb	3	1084	4,8	1312	6,3	0
	12	m/a	3	965	8,2	1015	6,9	0
	13	m/a	3	1302	11,8	1163	6,9	0
	14	m/a	3	1118	9,8	1084	7	0
	15	m/a	3	1647	17	1235	7	0
	16	apr	3	1424	10,6	1348	5,5	0
	17	apr	3	1143	12,4	973	7	0
	18	apr	3	1281	20,6	681	7	0
Laag Water Verbruik (12 liter per koe per dag)	19	nov	1	2438	10,4	2372	6,2	*
	20	nov	1	1394	10,6	1318	6,2	*
	21	nov	1	1496	10,8	1410	6,2	89
	23	nov	1	1419	11,8	1280	6,2	76
	24	jan	1	1022	6,4	1166	8	*
	25	jan	1	1913	6,8	2037	8	89
	26	jan	1	1216	5	1434	8	*
22	nov	2	1104	11,8	966	6,2	106	
Hoog Water Verbruik (25 liter per koe per dag)	27	dec	1	660	5,8	836	7,5	183
	28	dec	1	833	4,8	1061	7,5	160
	29	dec	1	866	4	1136	7,5	164,6
	30	dec	1	1237	4,2	1497	7,5	163,1
	31	feb	1	1115	5,2	1322	6,2	180
	32	feb	1	650	3,6	941	6,3	183
	34	feb	1	713	4,4	963	6,3	179
	37	m/a	1	1701	12,6	1520	6,9	132,5
	39	m/a	1	1635	16,6	1245	7	167
	40	m/a	1	1412	14,8	1116	7	158,9
	41	apr	1	1012	9,2	1010	5,5	185,7
	43	apr	1	1114	16,7	718	7	186,2
	45	apr	1	1740	20,6	1140	7	185
	33	feb	2	408	4,5	653	6,3	180
	36	m/a	2	1101	11,6	972	6,9	180,5
	38	m/a	2	1524	12,8	1333	6,9	159,8
42	apr	2	630	10,4	565	5,5	180,7	
44	apr	2	1281	19,6	733	7	190,1	

Bijlage 2 Jaarlijkse kosten (f) Jaarlijkse kosten (f) voor spoelen voor 3 verschillende staltypes en 3 veestapelgroottes per staltype (inclusief jongvee, bij beperkt weiden)

	Staltype / Aantal melkkoeien						
	1+1-rijig	2+1-rijig			2+2-rijig		
	45	40	60	100	60	100	150
Afschrijving	5940	7131	8347	10768	9164	11739	14880
Onderhoud en verzekering	3888	5001	5757	7258	6215	7772	9669
Rente	2877	3445	4024	5178	4414	5641	7138
Water (50 l/koe/dag)	1159	1129	1555	2597	1396	2597	3889
Energie	211	200	246	340	246	344	456
Totaal (f)	14075	16906	19930	26141	21436	28094	36033

Eerder verschenen publikaties

Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs	Nr.	Titel + jaar van uitgave	Prijs
37.	Dikbillen in de Nederlandse rundveehouderij. 1985	10,—	64.	Huisvesting vleesstieren van 0-6 maanden. 1989.	12,50
38.	Sterk gemechaniseerd melkveebedrijf op Waiboerhoeve. (1974-1982). 1985.	10,—	65.	Snijmais en natte bijproducten in rantsoenen voor hoogproductieve melkkoeien. 1989.	12,50
39.	De graslandkalender. 1986.	10,—	66.	Huisvesting vleesstieren vanaf 6 maanden. 1990.	12,50
40.	De eiwitbehoefte van vleesstieren. 1986.	10,—	67.	Inkuilen onder ongunstige omstandigheden. 1990.	12,50
41.	Snel of langzaam verhogen van krachtvoergif na afkalven. Drie jaar vergelijkend onderzoek op ROC Zegveld. 1986.	10,—	68.	Verlaging structuurwaarde in rantsoen vleesstieren. 1990.	12,50
42.	Opname van perspulp door melkvee. 1986.	10,—	69.	Vleesproductie met Piemontese x zwartbonte kruislingvaarzen. 1991.	12,50
44.	Het optimale afleveringsgewicht van vleeskalveren. 1986.	10,—	70.	Normen voor de Voedervoorziening. 1991.	12,50
45.	Gevolgen van verschuivingen in afkalfpatroon. 1987.	10,—	71.	Het Melkveemodel. 1991.	12,50
46.	Waiboerhoeve 1986. Verslag van praktijkgericht onderzoek. 1987.	15,—	72.	Modellen Rundveehouderij. 1991.	12,50
47.	Berekening van grasland op zandgrond en rivierklei. Resultaten van proefvelden te Heino en Bruchem 1977-1981. 1987.	10,—	73.	Bijproducten voor vleesstieren. 1992.	12,50
48.	Perspectieven voor de melkveehouderij. 1987.	12,50	74.	Melkveehouderij en automatisch melken. 1992.	12,50
49.	Paardenhouderij, resultaten van onderzoek. 1987.	10,—	75.	Kuilafdekking en kuilkwaliteit. 1992.	12,50
50.	Het koemodel. 1987.	10,—	76.	Gewichtscurve vleesstieren 1992	12,50
51.	Energiebewuste bedrijfsvoering op een melkveebedrijf. Resultaten en ervaringen van 4 jaar op de Waiboerhoeve 1982-1986. 1988.	10,—	77.	Strokorst in mestilo's. 1992.	12,50
52.	Invloed van verhoogd grasaanbod op melkproductie, ruwvoeropname en graslandopbrengst. 1988.	10,—	78.	Nieuwe DVE-normen voor melkvee. 1993.	12,50
53.	Effecten van overbezetting in bedrijfsverband. Verslag van een werkgroep. 1988.	10,—	79.	Veevoedkundige waarde gras- en luzernebrok. 1993.	12,50
54.	Rundvleesproductie met eenmaal gekalfde vaarzen. 1988.	10,—	80.	Milieusparend reinigen melkwinnings-apparaat. 1993.	12,50
55.	Boeren met quotum. 1988.	10,—	81.	Inzaai mengsels gras en witte klaver. 1993.	12,50
56.	Verslag van de Waiboerhoeve 1987. 1988.	15,—	82.	Melkveebedrijf met uitsluitend snijmais. 1993.	12,50
57.	Vaste krachtvoergiften aan melkvee. 1988.	10,—	83.	Vleesstierenvergelijking. 1993.	12,50
58.	Vetrijck krachtvoer voor hoogproductieve koeien. 1988.	12,50	84.	Invloed rijpheid snijmais op voeropname en groei vleesstieren. 1993.	12,50
59.	Gebruikswaarde van vriesbranden voor identificatie van paarden. 1988.	12,50	85.	Energie-efficiënt reinigen melkwinnings-apparaat. 1993.	12,50
60.	Stikstofwerking van runderdrijfmest op grasland. 1988.	12,50	86.	Model energieverbruik melkveebedrijf. 1993.	12,50
61.	Vergelijking Flevolander en Swifter schaa. 1989.	12,50	87.	Energiegehalte rantsoen bij alternatieve vleeskalveren. 1994.	12,50
62.	Invloed krachtvoerniveau op vleesproductiekenmerken van Piemontese met zwartbont kruislingstieren. 1989.	12,50	88.	Voederbieten voor melkvee. 1994	12,50
63.	Beter werken met cijfers. 1989.	12,50	89.	Rantsoenen bij vleeskalveren. 1994	12,50
			90.	Voederadditieven voor vleesstieren. 1994	12,50
			91.	Vergelijking Texelse vleeslamvaderdieren. 1994.	12,50
			92.	Diergezondheid en management. 1994.	12,50
			93.	Scheren van ooiën. 1994.	12,50
			94.	Voeren van Texelaar x Flevolander vleeslammeren. 1994.	12,50
			95.	Gebruik vleesstieren op onder eind melkveestapel. 1994.	12,50
			96.	Verdunde rundermest uitrijden met sproeiboom. 1994.	12,50
			97.	Opfok roze vleeskalveren. 1995	12,50

Publikaties zijn verkrijgbaar door overmaking van het betreffende bedrag op Postbanknr. 2307421 van het PR te Lelystad met vermelding van het nummer van de publikatie.