



Proefstation voor de
Rundveehouderij,
Schapenhouderij en
Paardenhouderij

Waiboer-
hoeve

ROC's

Regionale
Onderzoek
Centra

Publikatie nr. 100

Beperking ammoniakemissie rundveestal

PROPRO-Deelproject gescheiden afvoer gier en vaste mest met schuif

April 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. 100

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.

Beperking ammoniakemissie rundveestal

PROPRO-Deelproject gescheiden afvoer gier
en vaste mest met schuif

P.P.H. Kant
H. Gunnink

Voorwoord

In het kader van het PRaktijkOnderzoeksPROject (PROPRO) Noord-Brabant is het project 'gescheiden afvoer van gier en vaste mest' uitgevoerd in de periode 1992-1994. Passend in de doelstelling van PROPRO is hiermee een toetsing en demonstratie gerealiseerd van beperking van de ammoniakemissie op een melkveehouderijbedrijf.

Door het PR was al eerder onderzoek gedaan naar de effecten van hellende vloeren. In deze publikatie wordt verslag gedaan van het begeleidend onderzoek naar een aantal praktische aspecten in bedrijfsverband. Om de investeringen en kosten zo laag mogelijk te houden is toegevoerd naar basisvoorzieningen in de stal. Elementen daarin zijn de hellende vloer zonder coating, een eenvoudige bevochtigingsinstallatie en een mengsysteem voor urine en mest.

Dank gaat in eerste instantie uit naar Maatschap

Van Gestel te Moergestel, waar het werk werd uitgevoerd. Ook is ondersteuning verleend door Farmex b.v. Door het IMAG-DLO is de bouwbegeleiding en de beoordeling van de betonvloer uitgevoerd.

Het onderzoek werd uitgevoerd door de onderzoekers P. Kant en H. Gunnink van de Sectie Techniek & Milieu bij het PR onder begeleiding van de Werkgroep Stal en Opslag.

Verder gaat dank uit naar Heidemij Advies b.v., die het zo noodzakelijke contact tussen de stuurgroep PROPRO Noord-Brabant en het FOMA op efficiënte wijze onderhield. Het project is mogelijk gemaakt door een financiële bijdrage van PROPRO.

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



Inhoudsopgave

	Blz.
1 Inleiding	3
2 Materiaal en methode	4
2.1 Beschrijving stal.....	4
2.2 Meetopstelling	4
2.3 Emissiemetingen	4
2.4 Omstandigheden	6
3 Resultaten ammoniak-emissiemetingen	8
3.1 Vergelijking beton en coating	8
3.2 Emissieniveaus in de stal	9
4 Begaanbaarheid	11
4.1 Algemeen	11
4.2 Oriënterend onderzoek.....	12
4.3 Bevochtigingsinstallatie.....	13
5 Bedrijfsinpasbaarheid	15
5.1 Praktijkervaringen	15
5.2 Economische aspecten.....	16
6 Conclusies	19
Samenvatting	20
Literatuur	22
Bijlage	23

1 Inleiding

In opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (LNV) en het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), het Landbouwbedrijfsleven en met medewerking van de provincie Noord-Brabant is in de gemeenten Moergestel en Oisterwijk het zogenaamde PRaktijkOnderzoek-PROject beperking ammoniakemissie op veehouderijbedrijven Noord-Brabant (PROPRO) uitgevoerd. Het doel van PROPRO is het op praktijkbedrijven toetsen en demonstreren van verschillende maatregelen, die de ammoniak-emissie op veehouderijbedrijven beperken.

In 1990 is in het kader van PROPRO een projectvoorstel uitgewerkt om op een melkveehouderijbedrijf een ligboxenstal te realiseren met gescheiden afvoer van gier en vaste mest met een hellende vloer met giergoot en mestschuif. Medio 1991 is maatschap Van Gestel bereid gevonden aan dit deelproject mee te werken. De achtergronden en het verloop van het project zijn door Heidemij Advies b.v. beschreven in de eindrapportage van dit project (Anonymus, 1995).

Het IMAG-DLO heeft de bouwbegeleiding en het onderzoek uitgevoerd over de kwaliteit van de betonvloer. De vloeren zijn onderzocht op vlakheid, druksterkte, stroefheid en ruwheid. De betonvloeren voldoen volgens dit onderzoek aan de gestelde richtwaarden.

In de stal was een emissie-arme vloer voorzien, welke zou bestaan uit een betonvloer met een

slijtvaste kunsthars toplaag. De aannemer heeft echter een betonvloer met veel zorg in het werk gestort. De aannemer verwachtte dat deze een gelijke reductie van de ammoniak-emissie kon behalen als een vloerafwerking bestaande uit een epoxy-coating.

De doelstelling van het begeleidende onderzoek in dit project kan geformuleerd worden in de volgende vragen :

- 1 Is een afwerklaag op een in het werk gestorte betonvloer noodzakelijk voor een voldoende emissie-reductie ?
- 2 Is de gebouwde stal bij de maatschap Van Gestel emissie-arm ?
- 3 Is het probleem van begaanbaarheid van hellende dichte vloeren in het voorjaar en de zomer op te lossen ?
- 4 Is dit stalsysteem met gescheiden afvoer van mest en urine praktijkrijp ?

Bij een dergelijk onderzoek op een praktijkbedrijf kunnen alleen de grote lijnen onderzocht worden. De hoogte van ammoniak-emissie kan slechts globaal vastgesteld worden, terwijl er geen vergelijking met de oude situatie mogelijk is. Dit project moet daarom ook gezien worden als een demonstratie-project en minder als een onderzoeksproject. De meetresultaten gelden dan ook alleen voor dit specifieke project en kunnen niet gebruikt worden voor andere doeleinden.



Het PROPRO-project 'gescheiden afvoer van gier en vaste mest' is uitgevoerd te Moergestel.

2 Materiaal en methode

2.1 Beschrijving stal

Bij de maatschap Van Gestel te Moergestel is een 2+1-rijige emissie-arme lig-boxenstal gebouwd voor 60 melkkoeien en 40 stuks jongvee. De loop- en eetruimten zijn voorzien van een dichte betonvloer met een helling van 3 % en in het midden een giergoot. Hierdoor vindt een snelle afvoer van urine plaats waardoor de NH_3 -emissie van de stal wordt gereduceerd. De mestgangen zijn uitgevoerd in beton van 120 mm dikte en voorzien van een wapening in het hart van de betonvloer. Op de vloer is een kantelschuif aangebracht, die de mest regelmatig afvoert naar een gesloten tussenopslag. De mest wordt gemixt en vervolgens overgepompt naar een mestsilo van 2500 m³, die is afgedekt met een tentconstructie. In figuur 2.1 staat de plattegrond van de ligboxenstal. Aan het eind van de stal is de mengkelder in stippellijnen getekend en de afstorten van de mestgangen in de mengkelder met pijlen weergegeven.

2.2 Meetopstelling

De ammoniak-emissiemetingen zijn uitgevoerd met een Lindvalldoos. Hiermee is het mogelijk om de ammoniak-uitstoot van verschillende bronnen onder vergelijkbare omstandigheden te meten.

De Lindvalldoos is een bemonsteringsapparaat, dat op het mestoppervlak en vloerdelen geplaatst kan worden. De Lindvalldoos is aan de onderzij-

de open en aan de voor- en achterzijde voorzien van toelopende luchtkanalen. Door deze doos wordt 'schone' buitenlucht gezogen. De ammoniakconcentratie van de in- en uitgaande lucht wordt bepaald. Dit gebeurt op de monsternamenpunten 1 en 2 in figuur 2.2. Het verschil is de ammoniak-emissie van het vloerdeel of mestoppervlak waarop de Lindvalldoos geplaatst is. Het meetresultaat wordt uiteindelijk uitgedrukt in $\text{mg NH}_3/\text{m}^2/\text{uur}$.

Met de Lindvalldoos kan een vloerdeel afgesloten worden van zijn omgeving en gedurende een periode gemeten worden. De ammoniakconcentratie in de ventilatielucht van de Lindvalldoos wordt bepaald met een NO_x -monitor (THIS 42 I) en converters, die NH_3 omzetten naar NO .

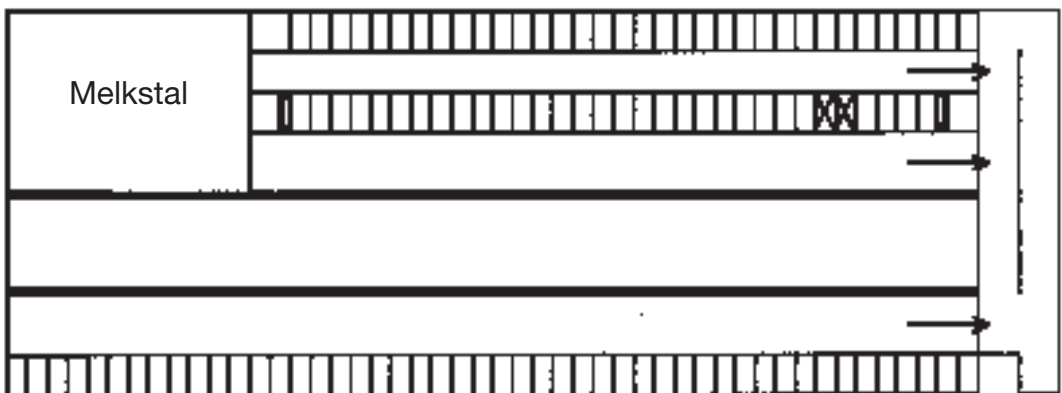
2.3 Emissiemetingen

Het emissie-onderzoek omvatte twee onderdelen :
1 Vergelijking van de ammoniak-emissie tussen beton en coating
2 Bepalen van de emissieniveaus op diverse plaatsen in de stal
De gebruikte meetmethode verschilt vanwege de doelstelling per onderdeel.

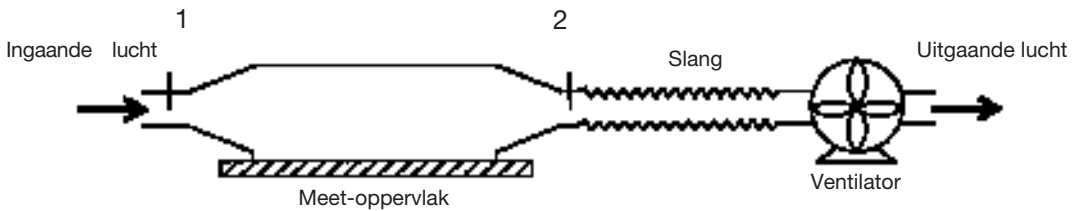
Vergelijking beton en coating

De Lindvalldoosmethode is zeer geschikt voor vergelijkende metingen. In de stal is op een mestgang een proefstuk met een epoxy-coating als

Figuur 2.1 Schematische plattegrond ligboxenstal bij Mts. Van Gestel



Figuur 2.2 Overzicht van de Lindvalldoosopstelling



afwerklaag aangelegd. Van deze coating is uit eerder onderzoek met de Lindvalldoos op de Waiboerhoeve bekend dat deze een reducerend effect heeft van circa 50 % ten opzichte van een onbehandelde gestorte hellende vloer (Kant et al., 1992). Dit gegeven dient als leidraad bij de beoordeling van de betonvloer in dit project.

De gebruikte Lindvalldoos had de afmetingen 1,10 x 1,10 x 0,40 m (lxbxh). De luchtsnelheid in de doos was 7-8 cm/seconde.

In verband met de herhaalbaarheid van de metingen gedurende een meetdag is de bevuiling van de te meten vloerdelen gestandaardiseerd. Aangenomen wordt dat van nature op mestgangen voldoende urease aanwezig is om ureum snel om te zetten in ammoniak. Daarom is er alleen urine op de te meten vloeroppervlakken aangebracht en geen mest. Deze urine is aan het

begin van elke meetdag voorafgaande aan de metingen opgevangen bij melkgevende dieren. De urine is steeds afgesloten bewaard bij de heersende staltemperatuur (circa 10 °C).

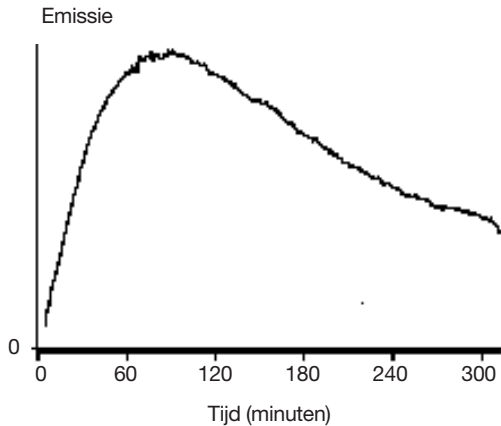
Voor de metingen is steeds een vloeroppervlak (circa 1,10 x 1,10 m) met drie liter urine bevuild. Dit is duidelijk een overmaat, zodat een deel van de urine van de vloer afstroomt naar de giergoot. Per meetdag is een monster genomen van de gebruikte urine, wat geanalyseerd is op stikstofgehalte. De metingen op één meetdag zijn steeds uitgevoerd met dezelfde urine, zodat gemeten verschillen niet veroorzaakt zijn door concentratieverschillen in de gebruikte urine. Voorafgaande aan een meting is de vloer geschoven met de mestschuif en vervolgens handmatig met urine bevuild.

Er is enige tijd nodig om de omzetting van ureum



Er is een nieuwe stal gebouwd met alle mestopslag buiten de stal.

Figuur 2.3 Emissieverloop op een hellende betonvloer na bevuilen met urine (mg NH₃/m²/uur)



van ammoniak op gang te laten komen. Bij hoge temperaturen verloopt deze omzetting sneller dan bij lagere temperaturen.

Een vloerdeel dat bevuild is met urine zal gedurende lange tijd ammoniak blijven emitteren. In figuur 2.3 staat het emissieverloop op een hellende vloer na bevuilen met urine.

Na vijf uur treedt er nog steeds emissie op vanaf de bevuilde vloer. Het is dus niet mogelijk op één dag meerdere vergelijkende metingen uit te voeren en daarbij steeds de gehele emissiecurve te meten. Hierdoor wordt slechts een deel van de curve gemeten. De hoogte van de piek en het moment van optreden bepalen de verschillen in emissie. Tijdens de meetdagen is steeds getracht de meetperiode zo te kiezen dat de emissiepiek gemeten zou worden. Het effect van de betonvloer en de coating op de ammoniakemissie is onderzocht in het staldeel waar de melkgevende dieren gehuisvest zijn. De epoxycoating is aangebracht op de mestgang direct achter het voerhek. Alle vergelijkende metingen zijn op deze mestgang gedaan. De volgorde van de te meten objecten is aselekt gekozen. De eerste meting is direct gestart na het bevuilen met urine. De emissiepiek trad op circa een uur na het bevuilen met urine. Op grond van deze meting is besloten bij de overige metingen het vloerdeel steeds een half uur voor de start van de meting te bevuilen. De lengte van de metingen bedroeg steeds circa 1 uur. Zo werd het belangrijkste deel van de emissiecurve gemeten. Het grootste gezamenlijke



De mestgangen zijn voorzien van hellende vloeren met een giergoot in het midden.

tijdstraject van alle metingen over beide meetdagen is van 37 minuten tot 80 minuten na het bevuilden. Van alle metingen is in dit tijdstraject de gemiddelde emissie bepaald.

Emissieniveaus in de stal

Het is niet eenvoudig om de ammoniakemissie van natuurlijk geventileerde stallen in de praktijk nauwkeurig te bepalen. De stalemissie wordt namelijk bepaald door de hoeveelheid lucht die de stal per uur verlaat ofwel het ventilatiedebiet en de ammoniakconcentratie in deze lucht. Er is nog geen eenvoudige meetmethode om het ventilatiedebiet nauwkeurig te bepalen en een representatief monster van de stallucht te nemen. Om toch een indruk te verkrijgen van de grootte van de ammoniakemissie is op diverse plaatsen in de stal oriënterend het emissieniveau vastgesteld met de Lindvalldoos.

Met een thermo-anemometer is de luchtsnelheid in de stal op circa 10 cm boven de vloer gemeten. In deze stal werden luchtsnelheden gemeten van 0,15 tot 0,40 m/s. De luchtsnelheid in de Lindvalldoos is vervolgens afgesteld op circa 20 cm/s. Deze luchtsnelheid wordt ook gehanteerd in het simulator-onderzoek van het IMAG-DLO (Elzing et al., 1992). De afmetingen van de hiervoor gebruikte Lindvalldoos zijn 0,80 x 0,60 x 0,40 m (lxbxh). Met een Lindvalldoos van deze afmetingen kan op iedere plaats in de stal zonder problemen gemeten worden.

Het is bij deze metingen niet mogelijk handmatig te bevuilden met urine, omdat dan het emissie-

niveau beïnvloed wordt. Er zijn ook geen speciale handelingen zoals schuiven voor de metingen uitgevoerd.

2.4 Omstandigheden

Het emissie-verloop wordt behalve door het vloertype door diverse andere factoren beïnvloed. Met de volgende factoren is rekening gehouden :

Temperatuur en relatieve vochtigheid

Temperatuur en relatieve vochtigheid kunnen tijdens de dag verlopen. Deze zijn tijdens de metingen continu gemeten en zijn samengevat in tabel 1 van de bijlagen.

N-gehalte in de urine

Bij het vergelijkend onderzoek ter beoordeling van de betonvloer is binnen een meetdag steeds dezelfde urine gebruikt voor alle metingen. Tussen de meetdagen is echter verschil in de gebruikte urine. Beide dagen is een monster genomen en geanalyseerd (zie tabel 1 van de bijlage).

Dierfactoren (voeding, melkproductie)

De metingen ter bepaling van het emissieniveau zijn uitgevoerd in verschillende staldeuren, waar de melkgevende dieren en het jongvee zich bevonden.

Voorgeschiedenis meetlocatie

Om de invloed van de voorgeschiedenis van een stuk stalvloer te minimaliseren zijn de vloeren voorafgaande aan de vergelijkende meting beton t.o.v. coating geschoven en is de meetlocatie bevuild met verse urine.

3 Resultaten ammoniak-emissiemetingen

3.1 Vergelijking beton en coating

Op twee opeenvolgende meetdagen zijn in totaal 12 metingen uitgevoerd. In figuur 3.1 en 3.2 is de gemiddelde emissie per meting weergegeven voor beide meetdagen.

De meetresultaten op de eerste dag (12 januari) zijn erg constant, vooral bij de metingen op de betonvloer. De meetresultaten van de coating zijn continu lager dan van de betonvloer.

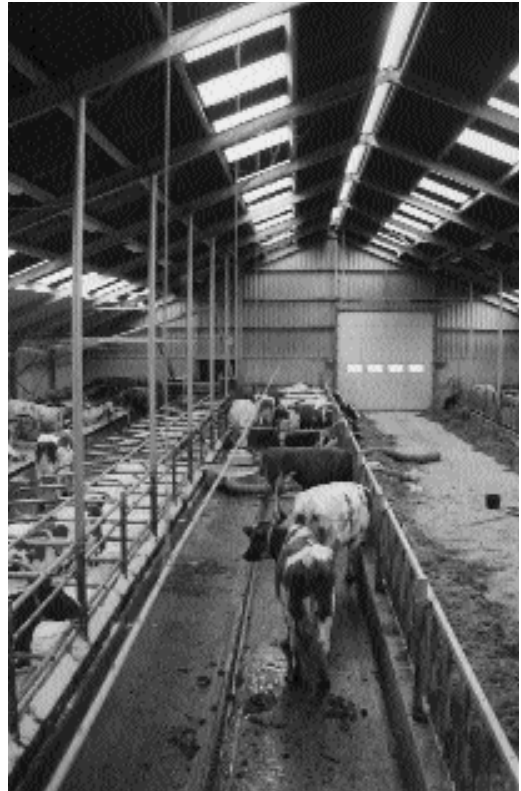
Het emissieniveau op de tweede dag is vergelijkbaar met de eerste dag. Zowel de resultaten op de betonvloer als op de coating laten echter meer variatie zien. Ook hier zijn de resultaten van de betonvloer hoger dan van de coating. De gemiddelde waarde over beide meetdagen staat in figuur 3.3.

De emissie vanaf de gecoate vloer is over beide dagen 17 - 18 % lager dan van de betonvloer.

Discussie

Het aanvullend aanbrengen van een coating als afwerklaag zal in deze stal uiteindelijk een "gering" effect hebben op de totale stal-emissie.

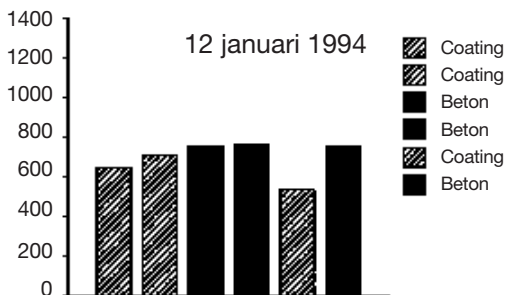
Het reducerende effect van een hellende vloer ten opzichte van een roostervloer met bijbehorende mestkelder is reeds diverse malen onderzocht. Swierstra et al. (1994) vonden bij metingen van de totale stal-emissie een reductie 48 % ten opzichte van een standaard roostervloer. De resterende stal-emissie (t.o.v. een roostervloer met kelder) kan in het geval van de PROPRO-stal door het aanbrengen van een epoxy-coating op



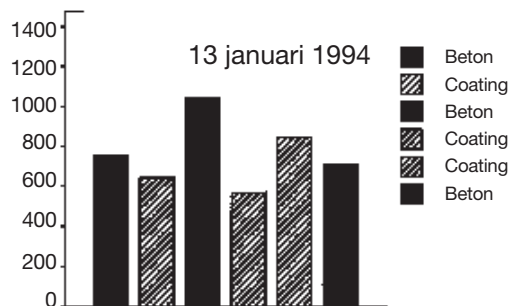
Met de Lindvalldoos zijn vergelijkende ammoniakemissiemetingen uitgevoerd op de mestgangen.

de hellende betonvloer met ongeveer 18 % verder gereduceerd worden. Uitgaande van het reductie-percentage van Swierstra et al. levert het

Figuur 3.1 Gemiddelde NH₃ emissie per meting op 12 januari (mg NH₃/m²/uur)



Figuur 3.1 Gemiddelde NH₃ emissie per meting op 13 januari (mg NH₃/m²/uur)



aanbrengen van de epoxy-coating een aanvullende reductie op van circa 9 %. De resterende emissie ten opzichte van een traditionele rooster-vloer is daarbij als volgt berekend :

- hellende vloer $100 - 48 = 52 \%$
- coating $52 - (52 \times 0,18) = 43 \%$

De bijdrage van de stal-emissie aan de emissie vanaf het gehele bedrijf is circa 20 %. De procentuele verdeling van de verschillende onderdelen aan de bedrijfsemmissie staat in figuur 3.4.

Het aanbrengen van een coating op de vloer geeft een extra reductie in de stal van 10 %. Op de totale emissie van het bedrijf heeft dit echter weinig invloed.

3.2 Emissieniveaus in de stal

Eind maart is op twee meetdagen op diverse plaatsen in de stal oriënterend het emissieniveau vastgesteld. In totaal zijn 24 metingen uitgevoerd. Van iedere meting is de gemiddelde emissie bepaald. De gemiddelde waarden van de gemeten bronnen staan in tabel 2 van de bijlage.

Op de eerste meetdag zijn tevens metingen uitgevoerd op het gecoate deel van de mestgang en enkele doorsteken. De doorsteek bij de melkstal is evenals de melkstal en de terugloopgang voorzien van een epoxytroffellaag. De tweede meetdag is niet gemeten bij vloerdelen met een afwerklaag. In tabel 3.4 staan de meetresultaten per bron voor beide dagen gemiddeld.

Tabel 3.4 Gemiddelde, minimum en maximum emissie

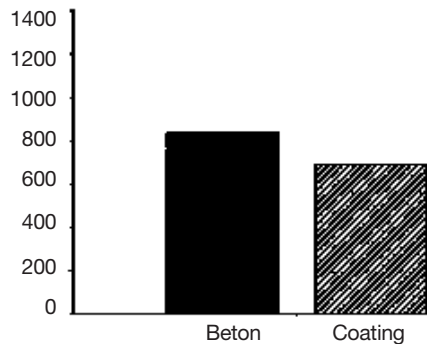
Bron	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)	
Melkvee	192	(21-183) ¹⁾
Melkvee	2163	(26-516)
Melkvee totaal	124	(21-516)
Jongvee	200	(60-651)
Melkvee doorsteek	30	(18- 53)

¹⁾ Minimum /Maximum

Opvallend is dat de gemiddelde emissie het hoogst is bij het jongvee. Dit wordt echter veroorzaakt door één zeer hoge meetwaarde en het beperkte aantal herhalingen. Wanneer deze waarde niet wordt meegerekend is de gemiddelde emissie bij het jongvee 125 mg NH₃/m²/uur in plaats van 200 mg NH₃/m²/uur.

Om de hoogte van de niveau-metingen te kunnen interpreteren worden de gemiddeld gemeten niveau's vergeleken met andere Lindvalldoosmetingen en met totale stalmetingen.

Figuur 3.1 Gemiddelde NH₃ emissie gedurende beide dagen (mg NH₃/m²/uur)



1 Lindvalldoosmetingen

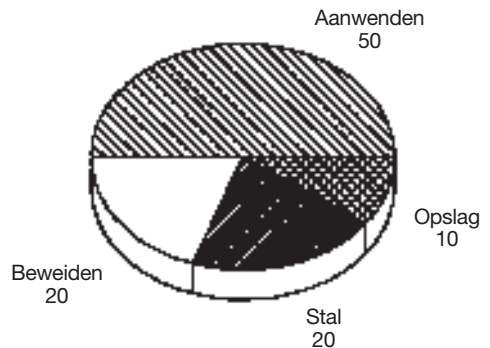
Kroodsma en Huis in 't Veld (1989) hebben de emissieverhouding aangetoond tussen rooster en kelder (60:40) met de Lindvalldoos. Ook is zo aangetoond dat er weinig verschil is tussen de emissie vanaf een roostervloer met mestkelder en een vlakke vloer (Kant et al., 1992). De gegevens zijn samengevat in tabel 3.5.

De gemeten emissie-niveaus in het PROPRO-project zijn laag vergeleken met de uit de literatuur bekende onderzoeksgegevens.

2 Totale stalemissiemetingen

Op basis van metingen van de totale ammoniak-emissie van een natuurlijk geventileerde ligboxenstal met roostervloer, is een ammoniak-emissie berekend van circa 8,0 kg/dier (Van 't Ooster, 1994). Dit betekent een emissie van circa 1,4 kg NH₃/koe/maand. In een mechanisch ge-

Figuur 3.4 Procentuele verdeling van de ammoniak-emissie over het bedrijf



Tabel 3.5 Vergelijking Lindvalldoosmetingen

Onderzoek	Gemeten bron	Diercategorie	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)
Kroodsma + Huis in 't Veld	Rooster	Jongvee	393
	Kelder	Jongvee	306
	Dichte vloer	Melkvee	634
Kant et al.	Rooster + kelder	Melkvee	490
	Vlakke vloer	Melkvee	569
PROPRO - Van Gestel	Hellende vloer	Melkvee	124
	Hellende vloer	Jongvee	200

ventileerde stal is een emissie van 1,1 kg NH₃/koe/maand gemeten.

Op basis van de uitgevoerde Lindvalldoosmetingen in de stal kan een totale stalemissie berekend worden voor de stal van maatschap Van Gestel. Dit cijfer is een benadering en dus slechts een indicatie voor de grootte van de stal-emissie.

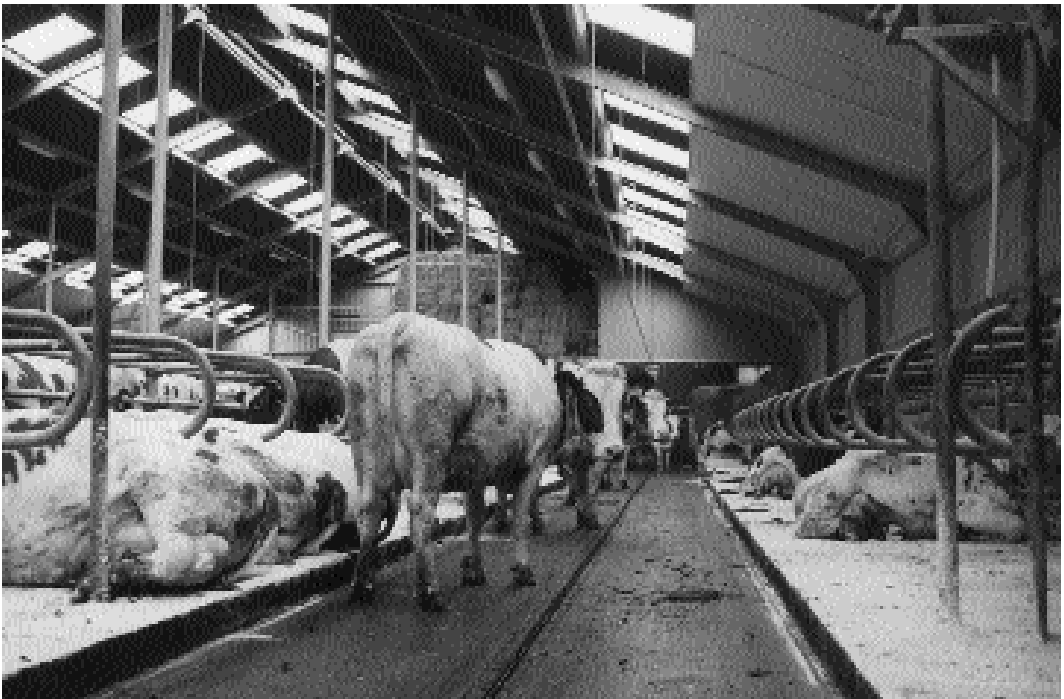
Bij een emissie van 1,1 kg NH₃/koe/maand met 3,5 m² roostervloer per dier is de gemiddelde vloeremissie circa 440 mg NH₃/m²/uur. In het PROPRO-project bedroeg de gemiddelde gemeten vloeremissie bij het melkvee 124 mg NH₃/m²/uur. Dit is circa 30 % van de emissie vanuit een ligboxenstal met roostervloer.

4 Begaanbaarheid

4.1 Algemeen

Op een hellende vloer wordt de urine snel afgevoerd naar de giergoot en een gesloten opslag en blijft alleen de vaste mest op de mestgang achter. Deze wordt met een schuif regelmatig verwijderd. De schuif verwijdert door kleine onffenheden in de vloer niet alle mest. Op deze plaatsen blijft een dunne mestlaag op de vloer achter. Tijdens het stalseizoen vindt er continu aanvoer van mest en urine plaats. In die periode is de temperatuur laag, zodat de mestlaag die na het schuiven achterblijft niet uitdroogt. De vloer blijft hierdoor begaanbaar. Aan het eind van de stalperiode kan door drogende weersomstandigheden (stijging van de temperatuur en daling van de relatieve luchtvochtigheid) deze mestlaag veranderen in een mestkoek. De vloer wordt hierdoor glad en dit kan leiden tot het uitglijden van de dieren. Dit verschijnsel treedt vooral op tijdens het begin van de weideperiode. In deze overgangsperiode zijn de koeien 's nachts in de stal

en kan de mest, die na het schuiven achter blijft, overdag drogen en zich aan de vloer hechten. Ook op het proefbedrijf De Marke is dit het geval (Kant en Middelkoop, 1994). Hierbij zijn geen verschillen geconstateerd tussen verschillende vloerafwerkingen, maar wel tussen de verschillende mestgangen. Het probleem is het grootst op de mestgang direct achter het voerhek. Op deze mestgang is de hoeveelheid mest en urine, die hierop geloosd wordt, per m² mestgang geringer. De meeste activiteit van de dieren vindt plaats op de mestgang tussen de ligboxen. De ligboxen zijn alleen toegankelijk vanuit de mestgang tussen de ligboxen en de krachtvoerboxen zijn tegen de zijgevel van de stal geplaatst. Verder wordt deze mestgang gebruikt als wacht ruimte. Op de andere mestgang komen de dieren alleen om te vreten. Doordat de vloer minder vaak bevuild wordt met mest of urine, droogt na de schuifwerking de mestlaag op de vloer aan het voerhek sneller op.



Op een dichte hellende vloer blijft na het schuiven een dunne mestlaag op de vloer achter. In de zomerperiode kunnen hierdoor problemen ontstaan met de begaanbaarheid.

De stal van maatschap Van Gestel is december 1992 in gebruik genomen. In het stalseizoen 1992-93 zijn er geen problemen geweest wat betreft de begaanbaarheid van de vloeren. De eerste problemen ontstonden in het begin van de weideperiode, toen de koeien alleen 's nachts op stal waren.

In 1993 zijn de koeien op het bedrijf van maatschap Van Gestel tot eind mei 's nachts op stal gehouden en is snijmais bijgevoerd. Daarna konden de koeien 's nachts naar buiten. Door de kortere verblijftijd in de stal was er minder kans dat de dieren uitgleden. De koeien hadden 's nachts wel de mogelijkheid om de stal in te komen om de krachtvoerboxen te bezoeken. Na het melken werden de koeien 's ochtend en 's avonds 1 tot 2 uur op stal gehouden. In deze tijd konden de koeien snijmais en krachtvoer opnemen. Na half juni is de stal 's nachts dicht gehouden om het jongvee dat nog op stal stond te beschermen tegen tocht. De koeien hadden dus 's nachts geen inloop meer in de stal. De tijd dat de koeien zich in de stal bevonden was hiermee verminderd tot twee keer per dag 2,5 tot 3,5 uur. Na het melken werden de koeien 's ochtends en 's avonds 1 tot 2 uur op stal gehouden. In deze tijd konden de koeien snijmais en krachtvoer opnemen.

Het risico van uitglijden van de dieren bleef aanwezig, zodat een maatregel werd gezocht tegen het ontstaan of een middel voor het verwijderen van de mestkoek.

4.2 Oriënterend onderzoek

Bevochtigen van de vloer

De mestgang bij het melkvee direct achter het voerhek is schoongemaakt. Om de vorming van een mestkoek te voorkomen, is na het melken de vloer geschoven, vervolgens met emmers water nat gemaakt en opnieuw geschoven. Tevens werd, voordat de koeien op stal kwamen, de vloer opnieuw nat gemaakt. Hierdoor kan er minder mest aankoeken. Vanwege de inloop van de koeien in de nacht is de vloer 's ochtends voor het melken niet bevochtigd. Het waterverbruik per dag voor alleen de mestgang achter het voerhek bedroeg circa 300 liter (3 x 10 emmers à 10 liter). De benodigde tijd voor het nat maken van deze ene mestgang bedroeg 5 tot 10 minuten per keer. Indien beide mestgangen voor het melkvee zo behandeld zouden worden, kost dit per dag ongeveer 1,5 uur en ruim 1 m³ water.

Na circa een week is de vervuiling van de vloer beoordeeld. Er was op verschillende plaatsen al weer mest aangekoekt. Daar het viermaal per

dag nat maken van de mestgangen veel tijd en water vraagt en het effect op de begaanbaarheid gering is, is de aandacht gericht op het beter laten werken van de schuif om de mestgangen schoner te schuiven. Het nat maken van de vloer voordat de koeien binnen komen en voor de tweede keer schuiven is daarom gestopt.

Verbeteren schuifwerking

De mestschuiven bestaan uit twee schuifbladen. Onder elk schuifblad zit een strip kunstrubber (poly-urethaan). Om een dweilende werking van de schuif te vergelijken met een schrapende werking zijn de strippen van beide schuifbladen verschillend afgesteld, namelijk ± 5 en ± 10 mm lang. Bij een dweilende werking is er beter contact tussen de rubberstrip en de vloer mogelijk. Om het effect van een kort en een lang afgestelde strip te vergelijken bij een schone uitgangssituatie is de mestgang achter het voerhek met de hogedrukreiniger schoongemaakt. Na één dag is het reinigende effect voor het eerst beoordeeld. De dweilende werking laat een iets schonere vloer achter.

Na vier dagen is er mest op grote delen van de mestgang aangekoekt. De dweilende stand van het schuifrubber lijkt nog steeds een betere werking te hebben. De rubber strip van het andere schuifblad is daarom ook afgesteld op een lengte van ± 10 mm.

Door intensiever koeverkeer is de vloer bij de krachtvoerboxen en voor de melkstal vochtiger dan de resterende delen van deze mestgangen. De delen van de mestgangen die vochtig zijn, zijn na het schuiven schoner dan de droge delen van de mestgangen.

De mogelijkheden van een schrapende werking van de strippen zijn onderzocht door slechts enkele millimeters van de strip buiten de schuif te laten steken. Daarnaast is één schuifblad verzwaard. Dezelfde avond zijn door de veehouder, vanwege een slechte schuifwerking, de strippen langer afgesteld om een meer dweilende werking te krijgen. De schrapende strippen en het extra gewicht aan het schuifblad geven geen verbetering van de schuifwerking.

Reinigen met de hogedrukreiniger

Beide mestgangen zijn met de hogedrukreiniger schoongespoten. Door niet inweten van de vloer en snel werken is er mest achtergebleven. Het schoonspuiten van de beide mestgangen kostte drie kwartier. Hierbij komt nog 20 tot 25 minuten

voor het klaarzetten en opruimen van de benodigde materialen. Het waterverbruik is, op basis van de gegevens van de hogedrukreiniger en de totale spuittijd, geschat op ongeveer 750 liter. Enkele weken later zijn beide mestgangen na het schuiven nat gemaakt met de hogedrukreiniger op halve druk om in te weken. Na een half uur is de mestgang achter het voerhek opnieuw nat gemaakt. De mestgang tussen de ligboxen is na een half uur inweken, direct schoongespoten. Het schoonspuiten van de mestgang achter het voerhek kostte ondanks langer inweken meer moeite. De totale benodigde tijd voor het klaarzetten en opruimen van de hogedrukreiniger en het nat maken en schoonspuiten van de mestgangen was 2,5 uur. De periode van inweken (half uur) is niet bij de benodigde tijd geteld omdat in deze tijd andere dingen kunnen worden gedaan. Het waterverbruik voor het schoonspuiten van de vloeren wordt geschat op 2 m³. Na enkele dagen zijn beide mestgangen weer vervuild met aangekoekte mest. Dit is het sterkst op de mestgang achter het voerhek.

4.3 Bevochtigingsinstallatie

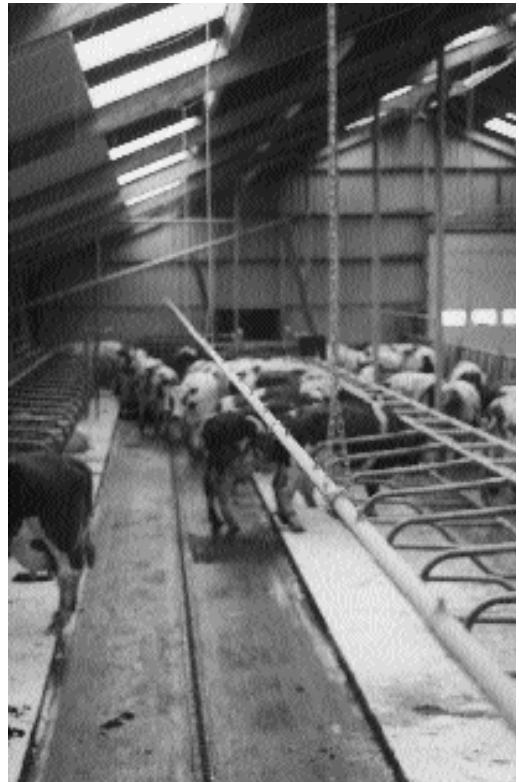
In juni 1993 is gezocht naar een structurele oplossing van het begaanbaarheidsprobleem. Het spoelen van de mestgangen met water en daarna schuiven bleek uit de opgedane ervaringen de beste methode. Het met de hand uitvoeren was tijdrovend en het waterverbruik hoog. Daarom is een installatie aangelegd om de mestgangen periodiek te kunnen bevochtigen met een fijne nevel. Hierdoor stroomt er minder water af, maar de mestkoek weekt meer in. In eerste instantie is alleen de mestgang achter het voerhek voorzien van een dergelijke bevochtigingsinstallatie. Deze installatie kan later uitgebreid worden naar de andere mestgangen.

De installatie bestaat uit een buis die op ongeveer 2,25 meter hoogte midden boven de mestgang hangt. Boven op de buis zijn om de 0,5 m spuitnozzels geplaatst. Met een magneetklep wordt de installatie bediend. Dit kan automatisch met een tijd klok of handmatig. De werktijd van de installatie is in te stellen tussen de tien seconden en drie minuten. Automatische bediening heeft als nadeel dat bij afwijkende melktijden de installatie te vroeg of te laat start en dat de installatie ook werkt als het, door de veranderde weersgesteldheid, niet nodig is.

Resultaten

De installatie is in september 1993 geïnstalleerd.

De weersomstandigheden waren toen van dien aard (lage temperatuur, hoge luchtvochtigheid) dat er geen problemen meer waren met de begaanbaarheid van de mestgangen. Hierdoor moest het testen van de installatie worden uitgesteld tot het voorjaar van 1994 en er opnieuw problemen met de begaanbaarheid optraden. Begin mei 1994 zijn de koeien naar buiten gegaan, eerst alleen overdag later ook 's nachts. Enkele weken later ontstonden er weer problemen met de begaanbaarheid van de mestgangen. De mestgang is schoongeschoven en vervolgens is gedurende 2¹/₂ minuut water op de mestgang gespreid. Na een uur inweken is de mestgang opnieuw geschoven. Er was een duidelijk effect te zien van het bevochtigen van de mestgang. De mestschuif voerde namelijk een deel van de aangekoekte mest af. Niet alle aangekoekte mest werd verwijderd. Dit kwam omdat vanaf begin mei al mest op de vloer is aangekoekt. De veehouder heeft de installatie in de warme zomerperiode van 1994 circa 30 keer gebruikt.



Een sproeileiding boven de mestgang houdt de hellende vloer begaanbaar.

Het waterverbruik van de sproei-installatie bedraagt 30 liter per minuut. Bij een sproeitijd per bevochtiging van circa $2\frac{1}{2}$ minuut wordt circa $0,7 \text{ l/m}^2$ verbruikt. Wanneer de installatie wordt uitgebreid naar de mestgang tussen de boxen en wordt gebruikt rond het melken, voordat de koeien binnen komen en nadat de koeien naar buiten zijn, zal 600 liter water per dag worden gebruikt. Als de installatie van 1 mei tot 30 september dagelijks wordt gebruikt ligt het totale gebruik op ongeveer 90 m^3 . De extra kosten voor het emissie-arme aanwenden van dit water bedraagt circa f 700,- per jaar. Voor de opslag worden geen kosten gerekend omdat deze voldoende aanwezig is en ervan wordt uitgegaan dat de mest met het water voor de winter wordt aangewend.

Uitbreiding naar andere mestgang

Bij de aanleg van de installatie boven de mestgang tussen de boxen is het opdrijfhek uit deze mestgang verwijderd, omdat door de bevestiging het opdrijfhek niet meer kon worden gebruikt. De beide mestgangen worden niet gelijktijdig bevochtigd om drukverlies te voorkomen, waardoor het spuitbeeld van de installatie veranderd en de mestgangen niet goed meer worden bevochtigd. Ook bij het jongvee is een sproeileiding aangelegd. Echter een deel van het jongvee bevindt zich gedurende de weideperiode nog in de stal. Wanneer de vloer bevochtigd moet worden, moet voorkomen worden dat de dieren nat gespreid worden. Er kunnen dan risico's voor de gezondheid van deze dieren ontstaan.

5 Bedrijfsinpasbaarheid

5.1 Praktijkervaringen

Aan het systeem van gescheiden afvoer van mest en urine via een hellende vloer zitten voor- en nadelen. Doordat de mest buiten de stal wordt opgeslagen en gemengd is er minder stank in de stal. Daarnaast is door de frequente afvoer van de mest de hygiëne in de stal verbeterd. Bij onverwachts afkalven ontstaat echter het gevaar dat het kalf meegesleurd wordt door de mest-schuif naar de afstort. Ook kan een dier klem komen te zitten tussen de schuif en een tussenhek of buitenmuur. De aspecten slijtage, menging van de mest en jaarkosten zullen hier verder besproken worden.

Slijtage

Door het frequent afvoeren van de mest treedt snel slijtage op aan de strippen en de terugloopvoeten van de kantelschuif. Tevens treedt hierdoor spoorvorming in de vloer op. Na ruim twee jaar gebruik zijn de eerste sporen van slijtage te zien op de vloer en de giergoot. Hierin blijft nog geen urine in achter. Door gebruik te maken van afstorten aan alle einden van de mestgangen in plaats van één afstort aan het eind van de stal kan het gebruik van een kantelschuif vermeden worden. De mestschuif kan dan naar beide zijden de mest afvoeren, waardoor de schuif minder vaak loopt en er geen slijtage door de terugloopvoeten kan optreden.

De giergoot is niet vastgestort in de betonvloer, maar ligt los. Hierdoor is de giergoot in de toekomst gemakkelijk te vervangen. De strippen van de schuif worden circa twee keer per jaar vervangen.

Afvoer en menging van urine en mest

De urine stroomt direct na het lozen op de vloer weg via de giergoot. De faeces daarentegen blijven na lozing op de vloer achter. De mestschuif moet deze regelmatig verwijderen. De schuifintervallen zijn door de veehouder aangepast, zodat niet tijdens het melken geschoven wordt. Normaal loopt de schuif om de twee uur.

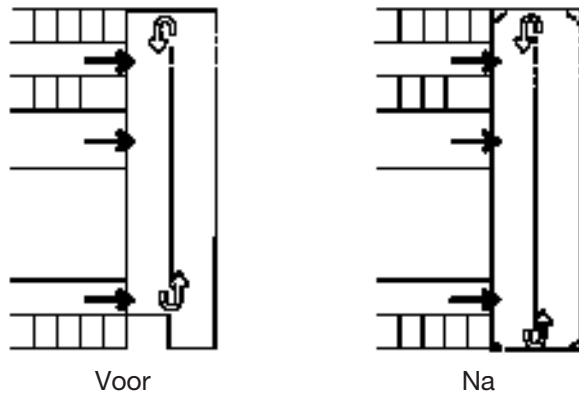
De urine en de faeces worden gescheiden afgevoerd uit de stal. In de mengkelder worden deze gemengd voordat de mest overgepompt wordt naar de silo. Het mengen was door de plaatsing

van de afstorten een probleem. De afstort bij het jongvee veroorzaakte een probleem. De mest werd hier vanuit de stal in een "dode hoek" van het mengcircuit gestort. De mest werd hierdoor niet door de rondstromende meegenomen en er ontstond een mestkegel. Dit probleem is opgelost door de mengkelder groter te maken, zodat nu alle afstorten in het stromende deel van het mengcircuit terecht komen. In figuur 5.1 staat de mengkelder en de afstorten van de stal voor en na de uitgevoerde aanpassingen schematisch weergegeven.



De mest komt via afstorten in een mengkelder terecht.

Figuur 5.1 Plaatsing van de afstorten en vorm van de mengkelder voor en na aanpassing



Afhankelijk van het aantal stuks vee op stal is de mengkelder na 2 à 3 weken vol. Met een trekker-mixer kost het de veehouder ongeveer twee uur om de mest te mengen en naar de silo over te pompen. Indien het mestniveau in de mengkelder te hoog is, verloopt het mengen moeilijker. Het verdient aanbeveling om bij gescheiden afgevoerde mest en urine de mest te mixen met een elektromixer in plaats van een trekker-mixer. Het kost de veehouder dan minder tijd en arbeid, waardoor de mest regelmatig gemengd kan worden. De menging kan dan zelfs automatisch via een tijd klok verlopen. De veehouder hoeft dan geen aandacht meer te besteden aan het mengen.

5.2 Economische aspecten

Op basis van één proefproject kan geen betrouwbare uitspraak over de economische gevolgen van een emissie-arm stalsysteem worden gedaan. Daarom worden de reeds beschikbare onderzoeksgegevens gebruikt voor de inschatting hiervan. Bij de reeds uitgevoerde studie is men uitgegaan van prefab-elementen en onderkelderde mestgangen in tegenstelling tot de situatie bij maatschap Van Gestel.

Van der Kamp et al. (1993) hebben de extra kosten berekend van emissie-arme stalsystemen ten opzichte van een stal zonder maatregelen om de ammoniakemissie te beperken (de basissituatie). De gegevens over hellende vloersystemen komen uit deze studie.

Alle kostenberekeningen zijn uitgevoerd op basis van investeringen bij nieuwbouw. Hierbij is uitgegaan van extra investeringen van de maatregelen om de ammoniakemissie te beperken ten opzichte van de basissituatie. Indien bepaalde voorzieningen uit de basissituatie in de nieuwe omstandigheden niet meer nodig zijn, zijn deze verrekend als "besparingen".

Bij het berekenen van de extra investeringen en eventuele besparingen is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van normatieve gegevens over stalbouw en -inrichting. Indien nodig, is gebruik gemaakt van offertes van leveranciers en van rekeningen van gerealiseerde (proef)objecten. Eventuele subsidie-bijdragen zijn niet in de berekeningen meegenomen, vanwege het veelal tijdelijke karakter hiervan.

De kosten van maatregelen om de ammoniakemissie uit de stal te verlagen zijn voor de drie meest voorkomende staltypen en de daarbij

Tabel 5.1 Additionele investeringen (*f*) voor dichte hellende vloer in een 2+1-rijige stal voor 60 melkkoeien inclusief bijbehorend jongvee

	Investeringen
Prefab-elementen (<i>f</i> 80,-/m ² extra t.o.v. roostervloer)	23 400
Mengsysteem	12 200
Mestschuif	25 383
Overige aanpassingen	5 000
Totaal	65 983

Tabel 5.2 Investerings- en jaarkosten (*f*) voor een hellende vloer voor drie verschillende staltypes en verschillende veestapelgroottes (inclusief jongvee)

	Staltype / Aantal melkkoeien						
	1+1-rijig	2+1-rijig			2+2-rijig		
	45	40	60	100	60	100	150
Investeringskosten	36297	56577	65983	84674	68089	86766	109524
Jaarkosten	5607	9499	10838	13490	11108	13639	16718

behorende bedrijfsgroottes berekend, met een onder- en bovengrens voor het aantal stuks vee:

1+1-rijig : 45 melkkoeien + bijbehorend jongvee

2+1-rijig : 60 melkkoeien + bijbehorend jongvee (40 tot 100 mk)

2+2-rijig : 100 melkkoeien + bijbehorend jongvee (60 tot 150 mk)

De extra investeringskosten voor een 2+1 rijige stal, met 60 melkkoeien + bijbehorend jongvee, zijn nader uitgewerkt.

De meerkosten van een dichte hellende vloer van prefab-elementen inclusief giergoot ten opzichte van roostervloeren zijn gesteld op *f* 80,- per m² vloeroppervlak. Daarnaast is per mestgang een mestschuif nodig en per twee mestgangen een aandrijfstation. Bij een 1+1-rijige stal is dus één aandrijfstation met schakelkast voldoende, bij de andere staltypen is een tweede aandrijfstation met schakelkast nodig. Een mestschuif kost *f* 1 400,-, een aandrijfstation *f* 4200,- een schakelkast *f* 1 200,- en een hoekwiel *f* 300,-. De ketting kost *f* 27,- per meter. De montagekosten van de mestschuif zijn 20 % van de materiaalkosten.

Het mengsysteem in de stal bestaat uit twee elektro-mixers (à *f* 9 500,-). Inclusief twee inbouwframes voor de kelder (à *f* 600,-) komt dit op een investering van *f* 20 200,-. De extra investeringen ten opzichte van de basissituatie (met één trekermixer) bedragen *f* 12 200,-. Bij een 1+1-rijige stal is één elektrische mixer voor de stal voldoende en bij een 2+1- en een 2+2-rijige stal zijn twee mixers nodig.

De belangrijkste aanpassingen in de stal voor dichte hellende vloeren en de daarbij behorende kosten staan in tabel 5.1.

De prefab-vloerelementen worden gezien als een bouwkundige voorziening en worden in twintig jaar afgeschreven zonder restwaarde. Het afschrijvingspercentage bedraagt 5 %. De kosten voor onderhoud en verzekering zijn op jaarbasis 2 % van de investeringen. De kosten voor

afschrijving, onderhoud en verzekering van de mestschuif zijn overeenkomstig de kosten bij de roosterschuif bij spoelen.

De levensduur van de elektrische mixers is twaalf jaar, met een restwaarde van 10 %. De afschrijving bedraagt dan 7,5 %. De kosten voor onderhoud en verzekering liggen op jaarbasis op 3 % van de investeringen. De kosten van de verlaagde montage zijn gesteld op *f* 2 000,-.



De mest wordt iedere drie weken gemengd en overgepompt naar de silo.

Kosten-overzicht

Voor de drie staltypes (1+1, 2+1 en 2+2-rijig) en de bijbehorende veestapelgroottes zijn de totale benodigde investeringen en de jaarkosten bepaald. Het resultaat hiervan staat in tabel 5.2. De totale jaarkosten bestaan uit de som van de kosten voor afschrijving, onderhoud en verzekering, rente, water en energie.

In deze berekeningen zijn de extra kosten voor

een eventuele afwerklaag op de vloer en een bevochtigingsinstallatie niet meegenomen.

De investeringen en de jaarkosten voor een stalstelsel met gescheiden afvoer van mest en urine zijn hoog. Ook in het PROPRO-project is dit het geval, ondanks dat er geen gebruik is gemaakt van prefab-elementen, zoals in de uitgevoerde studie. Verwacht wordt dat de kosten in dezelfde grootte-orde liggen.



Bij gescheiden afvoer van mest en urine is regelmatig mixen met een electromixer (b.v. via een tijd klok) een methode die goede (meng)resultaten geeft.

6 Conclusies

Ammoniak-emissie

De reductie van de ammoniakemissie door het aanbrengen van een epoxy-coating op de hellende betonvloer bij maatschap Van Gestel is circa 18 %. Een vergelijkbare hellende betonvloer op de Waiboerhoeve liet een veel groter reducerend effect zien met een epoxy-coating. Het gemeten verschil tussen de betonvloer en de coating is minder groot dan verwacht. Gesteld kan dus worden dat de gestorte betonvloer van goede kwaliteit is.

Het met de Lindvalldoos gemeten emissieniveau in de stal was laag in vergelijking met de gegevens uit de literatuur. Er kan dus gesproken worden van een emissie-arm systeem.

Begaanbaarheid

Het natgieten van de mestgang met de hand als bestrijding van de gladheid kost erg veel water en tijd. Het uiteindelijke effect op de gladheid is gering.

Het verbeteren van de schuifwerking door het verzwaren van het schuifblad heeft geen effect

op het voorkómen van de gladheid. Het langer afstellen van het schuifrubber lijkt een positief effect te hebben op de werking van de schuif. Een dweilende werking levert een beter resultaat dan een schrapende werking.

Een hogedrukreiniger kan de ontstane mestkoek verwijderen. Dit kost echter extra arbeid en veel spoelwater. De frequentie waarmee de behandeling moet worden herhaald is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden.

Een bevochtigingsinstallatie kan het ontstaan van een mestkoek op hellende vloeren voorkomen.

Inpasbaarheid

Het gescheiden afvoeren van mest en urine kan problemen opleveren bij de verdere verwerking van de mest. Er zijn extra maatregelen nodig om een goed gemengde mest te krijgen.

De extra jaarkosten voor een emissie-arme stal met hellende vloeren wordt ingeschat op ongeveer f 10.000,- voor een bedrijf met ongeveer 60 melkkoeien.



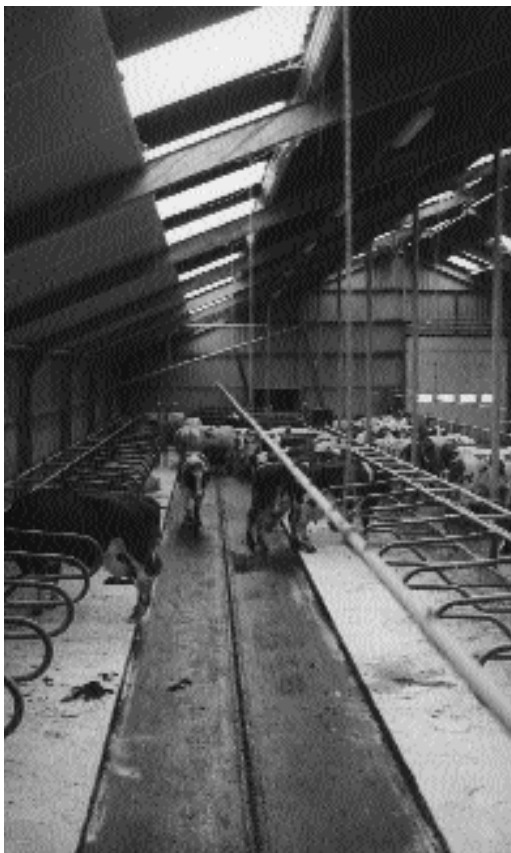
De kosten van een emissie-arme stal zijn hoger dan van een traditionele stal met roostervloer.

Samenvatting

In het kader van het PRaktijkOnderzoekPROject "Beperking ammoniakemissie veehouderijbedrijven" (PROPRO) is bij de maatschap Van Gestel te Moergestel een ligboxenstal gebouwd met gescheiden afvoer van gier en vaste mest met een hellende vloer met giergoot en mestschuif.

Het PR heeft bij dit project het onderzoek verricht naar de kwaliteit van het gerealiseerde vloersysteem voor de reductie van de ammoniak-emissie en de problematiek van de begaanbaarheid van een dergelijk vloersysteem. Daarnaast is de bruikbaarheid van een dergelijk stalsysteem voor de praktijk ingeschat.

Met Lindvalldoosmetingen is aangetoond dat het mogelijk is om een hellende betonvloer van goe-



Het is mogelijk een emissie-arme hellende vloer in het werk te storten.

de kwaliteit in het werk te storten. De reductie van de ammoniak-emissie door het aanbrengen van een epoxy-coating bleek circa 18 % te zijn. Een vergelijkbare hellende betonvloer op de Wai-boerhoeve liet een veel groter reducerend effect zien met een epoxy-coating. Het gemeten verschil tussen de betonvloer en de coating is minder groot dan verwacht. Gesteld kan dus worden dat de gestorte betonvloer van goede kwaliteit is. De extra kosten voor het aanbrengen van een vloerafwerking staan om deze reden in zeer ongunstige verhouding tot de geringe extra emissie-reductie op bedrijfsniveau.

Er is een grote variatie in emissieniveaus op de vloeren gemeten. Het met de Lindvalldoos gemeten emissieniveau in de stal was laag in vergelijking met de gegevens uit de literatuur. Er kan dus gesproken worden van een emissie-arm systeem.

In het voorjaar ontstaan door drogende weersomstandigheden begaanbaarheidsproblemen in de stal. In verband met het hoge risico van uitglijden van dieren is hiervoor een oplossing gezocht. Een betere schuifwerking kan de gladheid van de vloer niet voorkomen. Door de vloer nat te maken en te schuiven wordt de gladheid uitgesteld, maar niet voorkomen. Het verbeteren van de schuifwerking door het verzwaren van het schuifblad heeft geen effect op het voorkomen van de gladheid. Een langer schuifrubber lijkt een positief effect te hebben op de werking van de schuif. Een dweilende werking levert een beter resultaat dan een schrapende werking.

Met een hogedrukreiniger kan de vloer geheel gereinigd worden, maar na enkele dagen ontstaan opnieuw problemen met de begaanbaarheid. De frequentie waarmee de behandeling moet worden herhaald is sterk afhankelijk van de weersomstandigheden. Met een bevochtigingsinstallatie kan de vloer periodiek bevochtigd worden met een fijne nevel, waardoor weinig water afstroomt. Het grootste deel van de aangekoekte mest wordt verwijderd. Het waterverbruik per bevochtiging bedraagt circa 0,7 l/m². Een bevochtigingsinstallatie kan het ontstaan van een mestkoek op hellende vloeren voorkomen.

De plaatsing van de afstorten ten opzichte van de mengkelder en het mengsysteem bleek bij het

gescheiden afvoeren van mest en urine van groot belang. Door een verkeerde uitvoering ontstond ter plekke van de afstort stortkegels van vaste mest, welke nauwelijks door de mest gemengd konden worden. Het ontwerp van deze onderde-

len verdient daarom veel aandacht.

De extra jaarkosten voor een emissie-arme stal met hellende vloeren wordt ingeschat op ongeveer *f* 10.000,- voor een bedrijf met ongeveer 60 melkkoeien.

Literatuur

- Anonymus, 1995. PROPRO Eindrapportage Deelproject gescheiden afvoer van gier en vaste mest mest schuif. Heidemij advies, rapport nr. 674/BA94/B064/72807, Heidemij advies, Arnhem, 14 p.
- Elzing, A., W. Kroodsma, R. Scholtens en G.H. Uenk, 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.
- Kamp, A. van der, P.P.H. Kant en A.J.H. van Lent, 1993. Bedrijfseconomische en milieutechnische gevolgen emissie-arme bedrijfssystemen op melkveebedrijven. Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Rapportnr. 149, Lelystad, 165 p.
- Kant, P.P.H., M.C. Verboon en J.W.H. Huis in 't Veld, 1992. Ammoniak-emissiemetingen met de Lindvalldoos (Inventarisatie van de metingen op de Waiboerhoeve in 1989-1991). Proefstation voor de Rundveehouderij, Schapenhouderij en Paardenhouderij (PR), Rapport nr. 139, 48 p.
- Kant, P.P.H. en N. Middelkoop, 1994. Een kwart minder in de stal. Afwerklaag op hellende vloer vermindert ammoniakemissie. Landbouwmechanisatie nr. 5, mei 1994, p. 28 - 29.
- Kant, P.P.H., 1993. Meting ammoniakemissie met de Lindvalldoos. Praktijkonderzoek 6^e jaargang nr. 5 (oktober) 1993, p. 58 - 60.
- Kroodsma, W. en J.W.H. Huis in't Veld. 1989. Ammoniakemissie-metingen aan oppervlaktebronnen in een natuurlijk geventileerde ligboxenstal m.b.v. een Lindvalldoos. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, IMAG-nota 372 (HAB), Wageningen, 16 p.
- Ooster van 't, A., R. Scholtens en J.J.C. van der Heiden-de Vos, 1994. Emissie uit de rundveestal. Ammoniakemissiemetingen uit natuurlijk geventileerde stallen is nu mogelijk. Landbouwmechanisatie nr. 7 (juli) 1994, p. 12 - 14.
- Scholtens, R., 1990. Ammoniakemissionsmessungen in zwangbelüfteten Ställen. In: Ammoniak in der Umwelt, Proceedings Symposium, Braunschweig, KBTL, Darmstadt, Beitrag-Nr. 20, pp. 9.
- Swierstra, D., J.W.H. Huis in 't Veld, W. Kroodsma en M.C.J. Smits, 1994. Ammoniakemissie en stroefheid van roostervoeren en dichte vloeren in ligboxenstallen voor rundvee. Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, rapport 94-13, Wageningen, 26 p.

Bijlage

Tabel 1 Meetomstandigheden

	Tijdstip	12 januari	13 januari	30 maart	31 maart
Staltemperatuur (°C)	10.00 uur	8,5	9,5	16,5	12,5
	17.00 uur	10	11	21	15,5
Relatieve vochtigheid (%)	10.00 uur	92	98	97	92
	17.00 uur	80	76	60	57
N-concentratie urine (g/l)		7,3	9,2	-	-

Tabel 2 Gemiddelde emissies per meting

30 maart		31 maart	
Bron	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)	Bron	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)
Jongvee	234	Melkvee 2	42
Jongvee	110	Melkvee doorsteek	18
Jongvee	123	Melkvee 1	116
Melkvee 2	26	Jongvee	156
Melkvee 2	516	Jongvee	65
Melkvee epoxy-coating	400	Jongvee	60
Melkvee epoxy-troffel	135	Melkvee	256
Melkvee 1	21	Melkvee 1	101
Melkvee 1	183	Melkvee 1	64
Melkvee 1	65	Jongvee	651
Melkvee epoxy-coating	67	Melkvee 2	173
Melkvee doorsteek	53	Melkvee doorsteek	18

Tabel 3 Gemiddelde emissies per bron

30 maart		31 maart	
Bron	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)	Bron	Gem. emissie (mg NH ₃ /m ² /uur)
Melkvee 1	90	Melkvee 1	94
Melkvee 2	271	Melkvee 2	90
Jongvee	156	Jongvee	233
Melkvee doorsteek	53	Melkvee doorsteek	18
Melkvee epoxy-troffel	135	Melkvee epoxy-troffel	-
Melkvee epoxy-coating	234	Melkvee epoxy-coating	-

Eerder verschenen publikaties

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