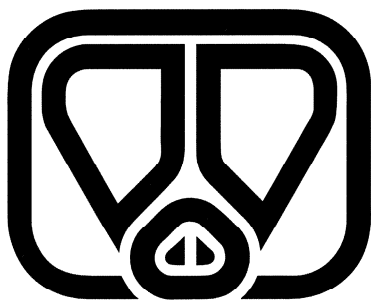


ir. E.R. ter Elst-Wahle
ing. G.M. den Brok

Gescheiden afvoer van urine en faeces in combinatie met spoelen bij vleesvarkens

*Seperated removal of urine
and faeces in combination
with flushing in fattening
pig houses*



Praktijkonderzoek Varkenshouderij

Locatie:
Varkensproefbedrijf "Zuid-
en West-Nederland"
Vlaamseweg 17
6029 PK Sterksel
tel: 040 -226 23 76

Proefverslag nummer P 1 .139
december 1995
ISSN - nummer 0922 - 8586

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	5
1	INLEIDING	7
2	MATERIAAL EN METHODE	8
2.1	Proefafdeling	8
2.2	Proefdieren	8
2.3	Voeding en drinkwaterverstrekking	9
2.4	Klimaatregeling en -instellingen	9
2.5	Beschrijving van het systeem	9
2.6	Waarnemingen	13
3	RESULTATEN	15
3.1	Technisch functioneren van het systeem	15
3.2	Ammoniakemissie en hokbevuiling	16
3.3	Vloeistofbalans	17
4	DISCUSSIE	19
4.1	Spoelbanen en putuitvoering	19
4.2	Mestscheiding	19
4.3	Vloeistofbalans	19
4.4	Ammoniakemissie	20
4.5	Mestafzet	21
4.6	Economische beschouwing	21
5	CONCLUSIES	22
	LITERATUUR	23
	REEDSEERDERVERSCHENENPROEFVERSLAGEN	24

SAMENVATTING

Op het Varkensproefbedrijf te Sterksel is van februari 1992 tot en met september 1994 bij vleesvarkens onderzoek verricht naar het gescheiden afvoeren van urine en faeces uit de stal in combinatie met spoelen. Door het gescheiden afvoeren kan de urease in de faeces niet tot nauwelijks ammoniak vormen uit de ureum in de urine. Daardoor vermindert de ammoniakemissie. Bij het gescheiden afvoeren wordt de urine door middel van een hellende putvloer continu uit de stal verwijderd en opgevangen in een put buiten de stal. De faeces worden door middel van spoelen uit de stal verwijderd. De spoelfrequentie loopt tijdens de mestperiode op van tweemaal per dag tot zesmaal per dag. Het mengsel van faeces en spoelvloeistof wordt langs een mestscheider geleid, zodat een dikke en een dunne fractie wordt gevormd. De dunne fractie gaat naar een bezinksilo en wordt hergebruikt als spoelvloeistof.

Het onderzoek bestond uit drie fasen:

Fase 1: De hellende putvloer bestond uit een bak van rekoboard op een ijzeren raamwerk, met drie spoelbanen van elk 56 cm breed. De mestscheider was een cycloon in combinatie met een vacuümtank. Het hok had 1,20 m dichte hellende vloer en 1,70 m betonnen roostervloer.

Fase 2: Als 1, alleen de mestscheider was nu een trilzeef met een wormpomp.

Fase 3: De hellende putvloer werd gevormd door een gladde baan van roestvrij staal. De mestscheider was een trilzeef met een wormpomp. Het hok bestond uit 0,65 m smal rooster (twee spoelbakken van elk 32 cm breed), een bolle vloer van 1,30 m en 1,3 m groot rooster (drie spoelbakken van elk 43 cm breed). Beide roosters waren metalen driekantroosters.

De volgende waarnemingen zijn uitgevoerd: ammoniakmetingen, registratie van hokbevuiling en bevuiling van de dieren, controle van de spoelbanen op bevuiling, bepalen van de ds-gehalten van de verschillende

fracties, de hoeveelheden van de verschillende fracties die zijn toegevoegd of onttrokken aan het systeem, eventuele storingen in het systeem en aanpassingen in het systeem.

De werking van het systeem

In de eerste twee fasen van het onderzoek was er sprake van een aanzienlijke ophoping van faeces op de spoelbanen. Dit kwam door de te geringe spoelkracht van de spoelvloeistof en de ingezakte helling onder de laatste twee hokken. Door het smaller maken van de spoelbanen, het plaatsen van stortbakken en het vervangen van de bak van rekoboard werd het probleem van vervuilde spoelbanen verholpen. De gebruikte cycloon gaf geen scheiding te zien in dikke en dunne fractie, omdat het soortelijk gewicht van de faeces en de spoelvloeistof niet tot nauwelijks verschilden en de kracht waarmee het mengsel faeces en spoelvloeistof aangezogen werd onvoldoende was. De trilzeef was beter in staat om een scheiding aan te brengen. De aanvoer op de zeef en de maaswijdte van de zeefplaat zijn echter kritische punten voor een goede scheiding. Deze waren in eerste instantie zodanig dat het mengsel te snel over de zeef ging, waardoor beperkte scheiding in dunne en dikke fractie optrad. Door het plaatsen van een grovere zeefplaat werd de scheiding verbeterd.

Vloeistofbalans en mestafzet

Het doel was om een dikke fractie met minstens een gelijk ds-gehalte als die van faeces (± 20 tot 25%) te krijgen. Het ds-gehalte van de dikke fractie bleek lager (gemiddeld 16%), maar de fractie was van goede kwaliteit en geschikt om af te zetten naar akkerbouwbedrijven. Het lagere ds-gehalte betekende vloeistofonttrekking aan het systeem. Dit moest aangevuld worden met water (2.300 tot 6.500 liter per mestrunde). De hoeveelheid af te zetten dikke fractie nam dus toe. Te weinig spoelvloeistof in de bezinksilo leidde tot technische storingen

van het automatische spoelsysteem: dit gebeurde ongeveer 2,2% van het totaal aantal keren spoelen. Het ds-gehalte van de spoelvloeistof was aan het begin van de mestperiode redelijk laag (0,4 tot 0,9%) en liep op tot maximaal 6,6% aan het einde van de mestperiode. Door een te hoog ds-gehalte moest de spoelvloeistof tijdens de mestronde worden vervangen (ongeveer 4.000 liter). Een ds-gehalte groter dan 5% in de spoelvloeistof betekent dat deze niet als waterige fractie op het eigen land kan worden afgezet.

Ammoniakemissie en hokbevuiling

De ammoniakemissie kwam bij dit systeem niet onder de Groen Label-norm. In fase 1 en 2 lag de emissie boven de 3,0 kg NH₃, per dierplaats per jaar. In de eerste ronde van fase 2 was de emissie lager als gevolg van een strenge winterperiode. De hoge emissie in fase 1 wordt verklaard door de ernstige bevuiling van de dichte vloer en de dieren als gevolg van een verkeerde hokuitvoering. Door het aanpassen van het hok verminderde de hokbevuiling (fase 3). De ammoniakemissie was in deze derde fase lager dan in de vorige fasen. Het gescheiden afvoeren van urine en faeces in combinatie met een goede hokuitvoering verlaagt de emissie met slechts 8 - 10% ten opzichte van de emissieverlaging door alleen een goede hokuitvoering.

Economische beschouwing

Investeren in een systeem van gescheiden afvoer van urine en faeces (zoals beschreven in dit verslag) verlaagt de ammoniakemissie niet veel. De investering bestaat onder andere uit de aanschaf van een trilzeef en spoelinstallatie (\pm f 55.000,-) en verschillende opvangbakken. De kosten van het gebruik worden met name veroorzaakt door het toegevoegde water en de extra mestafzetkosten. Voor een vleesvarkensbedrijf met 1.000 dieren kan dit oplopen tot respectievelijk f 1.350,- en f 17.000,-. Op dit moment zijn er eenvoudigere en goedkopere methoden om een vergelijkbare ammoniakemissie te verkrijgen. Een voorbeeld is een goede hokuitvoering.

Conclusie

Het in dit verslag beschreven systeem voldoet niet aan de Groen Label-norm van 1,5 kg NH₃, per dierplaats per jaar. Door uitsluitend een goede hokuitvoering is al een vergelijkbare reductie te verkrijgen tegen aanzienlijk lagere kosten. Het spoelen vereist smalle spoelbanen (maximaal 45 cm) en een stevige constructie van de hellende vloer. Het gebruik maken van stortbakken verbetert de spoelkracht extra. Het spoelen en de mestscheiding gaan regelmatig gepaard met storingen (ongeveer 2,2% van het totale aantal spoelbeurten), waardoor toepassing in de praktijk niet reëel is.

SUMMARY

It was expected that separated removal of urine and faeces in combination with flushing would reduce the ammonia emission, because the urease in the faeces will not be able to produce ammonia from the ureum in the urine. Therefore research has been conducted in the fattening pig house from February 1992 till September 1994 at the Experiment Farm for Pig Husbandry at Sterksel.

The urine is continuously removed by a sloped pit floor and is collected in a container outside the barn. The faeces is removed by flushing. The flushing frequency increases during the fattening period from two till six times a day. The mixture of faeces and flushing fluid is separated in a solid and liquid fraction by a slurry separator. The liquid fraction is transported to a settling tank and is re-used as flushing fluid.

The research is distinguished in three phases:

Fase 1: The sloped pit floor consisted of a container of reko-board on a iron framework with three flushing lanes (each 56 cm). The separator is a cyclone in combination with a vacuum tank. The pen floor consisted of 1.20 m solid sloped floor and 1.70 m concrete slatted floor.

Fase 2: Comparable with fase 1, except that the separator was a vibrating screen with a pump.

Fase 3: The sloped pit floor consisted of a flat gutter of stainless steel. The separator was a vibrating screen. The pen consisted of 0.65 m metal triangle slatted floor, 1.30 m spherical floor and 1.30 m metal triangle slatted floor. There are two flushing lanes (each 32 cm) under the small slatted floor and three under the large slatted floor (each 43 cm).

Data has been collected on: ammonia emission, pen animal contamination, cleanliness of the flushing lanes, dm-content of the different fractions, the amount of added or abstracted fractions, possibly technical problems of the system and alteration of the system.

Function of the system

During the two first phases of the research a large amount of faeces piled up in the flushing lanes. This was caused by the reduced flushing power of the flushing fluid and a hardly any slope of the pit floor under the last two pens. The problem was solved by narrowing the flushing lanes, placing cisterns and replace the construction of the pit floor by a flat gutter of stainless steel.

The cyclone was not able to separate the mixture in a solid and liquid fraction, because the specific gravity did not differ between the faeces and the flushing fluid. The vibration screen worked better. The supply at the screen and the mesh of the screen are critical success factors. At first those two factors were incorrect: the mixture passed the screen too fast and no separation took place. The speed of the pump could not be reduced further. A wider mesh of the screen improved the separation of the mixture.

Fluid balance and dung distribution

The purpose was to get a solid fraction with at least a comparable dm-content as the faeces ($\pm 20 - 25\%$). In practice the dm-content was lower (mean of 16%), but of good quality to transport to arable farms. A lower dm-content means abstracted flushing fluid out of the system (estimated at 2,300 to 6,500 litre per fattening period). This causes a higher amount solid fraction for distribution. Too less flushing fluid caused technical problems of the automated flushing system in approximately 2.2% of the total flushing during the fattening period. The dm-content of the flushing fluid is at the start of the fattening period very low (0.4 - 0.9%) and rises to a maximum of 6.6% at the end of the period. Because of the increase of the dm-content the flushing fluid should be replaced (about 4,000 litre). When the dm-content is above 5% the fluid has to be distributed to arable farms.

Ammonia emission and pen fouling

The ammonia emission of separated removal of urine and faeces in combination with flushing is not lower than the "Groen Label"-norm of 1.5 kg NH₃ per pig place per year. In the first two phases the emission is above 3.0 kg NH₃ per pig place per year. The high emission can be explained through pen and animal contamination caused by a wrong design of the pen. In phase 3 the pen is altered and pen contamination is reduced. The emission in the third phase is reduced a slightly more by the separated removal of the urine and faeces in combination with flushing compared with only ideal pen type.

Economic evaluation

Investing in the described system of separated removal of urine and faeces in combination is too expensive compared to simple and cheaper methods with a comparable ammonia emission. The investment consists

of a vibration screen and a flushing installation (about Dfl 55,000.-) and different containers for the different fractions. The costs of using the system are mainly water costs and extra dung distribution costs. For a fattening farm with 1,000 fattening pigs the costs can respectively rise to Dfl 1,350.- and Dfl 17,100.-.

Conclusion

The system described here does not reduce the ammonia emission below the required level of 1.5 kg NH₃ per pig place per year. A good design of the pen gives a comparable ammonia emission for considerable lower costs. Flushing requires small flushing lanes (maximum 45 cm) and a strong construction of the sloping pit floor. The use of cisterns improves the force of the flushing fluid extra. The flushing and separation causes regular technical problems, by which the acceptance through farmers will be reduced.

1 INLEIDING

Ammoniak wordt bij varkens hoofdzakelijk gevormd uit de ureum in de urine. Dit proces verloopt snel als urine in aanraking komt met het enzym urease, dat aanwezig is in de faeces (= vaste mest). Het is dus van belang dat de faeces en de urine zo spoedig mogelijk na het verlaten van het dier gescheiden worden. Door deze scheiding wordt via de urine al 80% van de theoretisch te vormen ammoniak verwijderd (Aarnink en Van Ouwkerk 1990). Inmiddels is ook uit onderzoek gebleken dat mest uit de stal spoelen door middel van het vervangingsstelsel een emissie-vermindering kan geven van ongeveer 60% (Hoeksma et al., 1993). De geproduceerde mest wordt dan opgevangen in een laag van 0,10 m spoelwater en een aantal keren per dag via een rioleringsstelsel afgevoerd. Daarna wordt een nieuwe laag van beluchte spoelwater aangebracht. Het maken van een spoelwater uit de mest door middel van mechanisch scheiden en beluchten levert echter nog de nodige problemen op en de kosten daarvan zijn hoog, met als gevolg dat een dergelijk stelsel een lage acceptatie in de praktijk heeft. Naar aanleiding hiervan is gezocht naar een eenvoudig en goedkoop spoelstelsel. De doelstelling van het onderzoek was het ontwikkelen van een spoelstelsel dat goed inpasbaar is op

een varkensbedrijf en waarmee de ammoniakemissie sterk verlaagd kan worden. In één van de experimentele afdelingen op het Varkensproefbedrijf in Sterksel is daarom een nieuw spoelstelsel zonder beluchtingsstap voor de vleesvarkenshouderij ontwikkeld. De urine wordt continu uit de stal verwijderd via een hellende putvloer. Op deze wijze wordt de meeste stikstof uit de stal verwijderd en is beluchting niet noodzakelijk. De faeces worden door middel van spoelen met spoelwater verwijderd en apart van de urine opgevangen. Na het spoelen wordt het mengsel van faeces en spoelwater zo snel mogelijk gescheiden om te zorgen dat de spoelwater weer schoon van mestdeeltjes wordt. De spoelwater wordt daarna hergebruikt. Het onderzoek bestond uit drie fasen. In de aan dit onderzoek voorafgaande oriëntatiefase is gewerkt aan de technische uitvoering van het stelsel. In fase één heeft de scheiding van mest en spoelwater plaatsgevonden door een cycloon. In fase twee is de cycloon vervangen door een trilzeef. Na het afronden van fase twee is de proefafdeling verbouwd. De hierdoor verkregen nieuwe opzet is in de derde fase onderzocht. Het onderzoek is gefinancierd door FOMA (Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek).

2 MATERIAAL EN METHODE

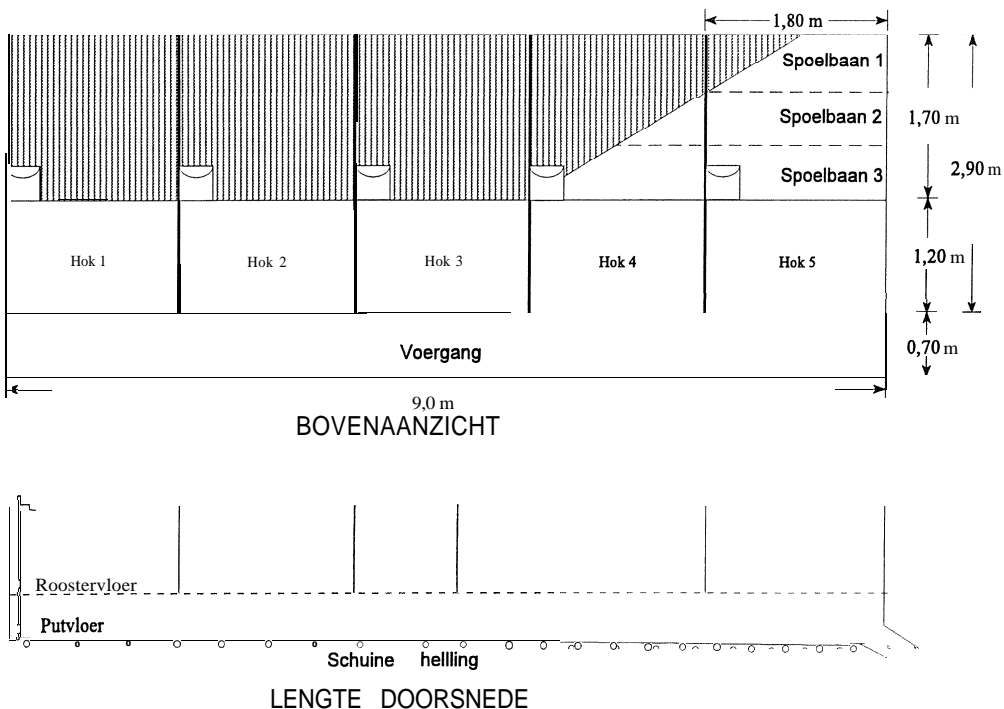
2.1 Proefafdeling

De afdeling waar het onderzoek heeft plaatsgevonden is in figuur 1 en 2 schematisch weergegeven. Figuur 1 betreft de situatie in fase 1 en 2. Figuur 2 heeft betrekking op de situatie na de verbouwing van de proefafdeling (fase 3). In alle drie de fasen waren in de proefafdeling vijf hokken aanwezig. In fase 1 en 2 bestond het hok vanaf de voergang uit 1,20 m dichte hellende vloer (5%) en 1,70 m betonnen roostervloer (figuur 1). In fase 3 is de afdeling (volgens de huidige inzichten) zo optimaal mogelijk uitgevoerd, teneinde hokbevuiling te voorkomen. Het hok bestond uit een smal rooster van 0,65 m, een bolle vloer van 1,30 m en een groot rooster van 1,30 m, inclusief een mestspleet van 10 cm tegen de achterwand. Beide roosters waren metalen driekantroosters met een balkbreedte van 1 cm en een spleetbreedte van 1,2 cm. Om hokbevuiling en reinigingstijd te minimaliseren

is, naast verzinkt hekwerk boven het grote rooster, gekozen voor dichte kunststof hokafscheidingsen en een verwarmde bolle vloer met anti-slip tegels. Naast het grote rooster was ook de brijbak, opgesteld op het smalle rooster, eenvoudig kantelbaar. Hierdoor was ook het gedeelte onder de roosters goed bereikbaar.

2.2 Proefdieren

In fase 1 en 2 zijn per hok zeven dieren gemengd naar sekse opgelegd, in fase 3 acht dieren per hok. De afdeling is in één keer vol gelegd. Het onderzoek is tot mei 1993 uitgevoerd met borgen en zeugen van het kruisingstype Gy, *Gy_zNL. Daarna is ook de Krusta als eindbeer gebruikt voor de productie van vleesbiggen. De vleesvarkens zijn opgelegd met een gemiddeld gewicht van 24 kg en afgeleverd op een gemiddeld eindgewicht van 113 kg.



Figuur 1: Bovenaanzicht en lengtedoorsnede van de proefafdeling (fase 1 en 2)

2.3 Voeding en drinkwaterverstrekking

De dieren zijn onbeperkt gevoerd via een brijbak, die op het rooster was geplaatst. In de eerste ronde van fase 1 was de brijbak op de dichte vloer geplaatst, maar daarna is de brijbak vanwege te veel bevuilding van de dichte vloer naar de roostervloer verplaatst. In fase 3 betrof dit het smalle rooster. Gedurende de eerste vier weken na opleg is startvoer verstrekt (EW=1,06). Daarna is in één week tijd overgeschakeld naar afmestvoer (EW=1,03). Drinkwater stond onbeperkt via de drinknippel van de brijbak ter beschikking.

2.4 Klimaatregeling en -instellingen

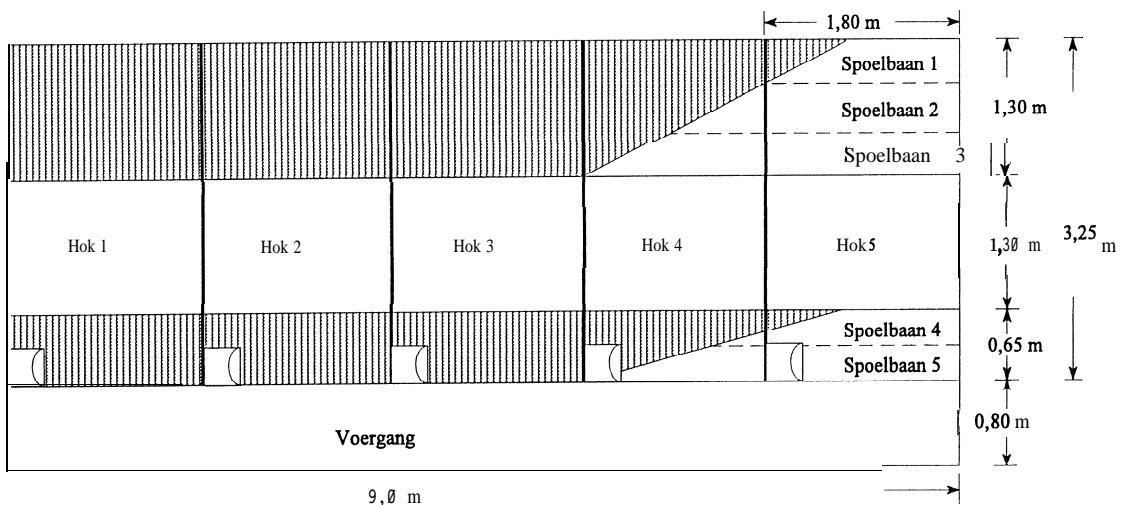
De afdeling werd mechanisch geventileerd. Tijdens fase 1 en 2 kwam de lucht via de centrale gang boven het ACC-ventilatieplafond binnen. De ventilator was boven de roosters in het achterste hok geplaatst. Het ventilatiesysteem is tijdens de verbouwing van de proefafdeling eveneens aangepast. In fase 3 kwam de verse lucht via een thermo-unit (grondwaterkoeling en -opwarming) in de centrale gang. Via een luchtkanaal onder de voergang kwam de lucht in de afdeling. Het luchtkanaal was aan de

bovenzijde afgedekt met metalen driekantrooster voorzien van "hotpipes" om de binnenkomende lucht op de gewenste temperatuur te brengen. De ventilatie vond in deze fase eveneens mechanisch plaats. De ventilator hing boven in de nok aan de achterzijde van de hokken. De klimaatinstellingen waren voor de drie fasen gelijk. Op de dag van inleg is een afdelingstemperatuur van 21 °C nagestreefd, die in een periode van zestig dagen is afgebouwd naar 17°C. De instelling van de minimum en maximum ventilatie was respectievelijk 15 en 100 m³/dier/uur in fase 1 en 2. De maximum ventilatie was in fase 3 80 m³/dier/uur. De bandbreedte was 5°C en de thermo-neutrale zone 2°C.

2.5 Beschrijving van het systeem

Algemeen

In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe de scheiding van vaste mest en urine, het spoelen en de scheiding in een dunne en dikke fractie plaatsvond. In deze paragraaf worden de verschillende onderdelen toegelicht. Wanneer er tussen de drie fasen verschillen zijn, wordt dit duidelijk aangegeven. In tabel 1 is aangegeven op welke punten er verschillen tussen de drie fasen zijn.



BOVENAANZICHT

Figuur 2: Bovenaanzicht van de proefafdeling (fase 3)

Putuitvoering en hellingshoek

Fase 1 en 2.

In het mestkanaal onder het rooster was een beweegbare plaat van hechthout op een ijzeren raamwerk aangebracht, met daarop een bak van rekoboard-platen van 6 mm dikte. Rekoboard is een gladde kunststof, zodat verwacht mocht worden dat aankleding van mest minimaal zou zijn. In deze bak waren twee opstaande randen van 15 cm gelast, waardoor drie spoelbanen ontstonden van elk 56 cm breed (zie figuur 1). Door deze spoelbanen was een betere sturing van het spoelen per spoelbaan mogelijk en kon door de baan waar de meeste mest lag meer spoelvloeistof worden gestuurd. Tegen de beide putwanden was aan de bovenzijde plastic folie bevestigd met de onderzijde hangend in de kunststof bak, om de vallende mest in de bak te geleiden.

De hellingshoek van de bak was in hoogte verstelbaar. Het uiteinde van de bak was zo laag mogelijk geplaatst (ongeveer 80 cm onder de roosters) en was scharnierend. Aan de andere zijde is de bak opgehangen aan kettingen, die bevestigd waren aan een frame boven op de hokafdeling (figuur 1). Door middel van een lier kon de hellings-

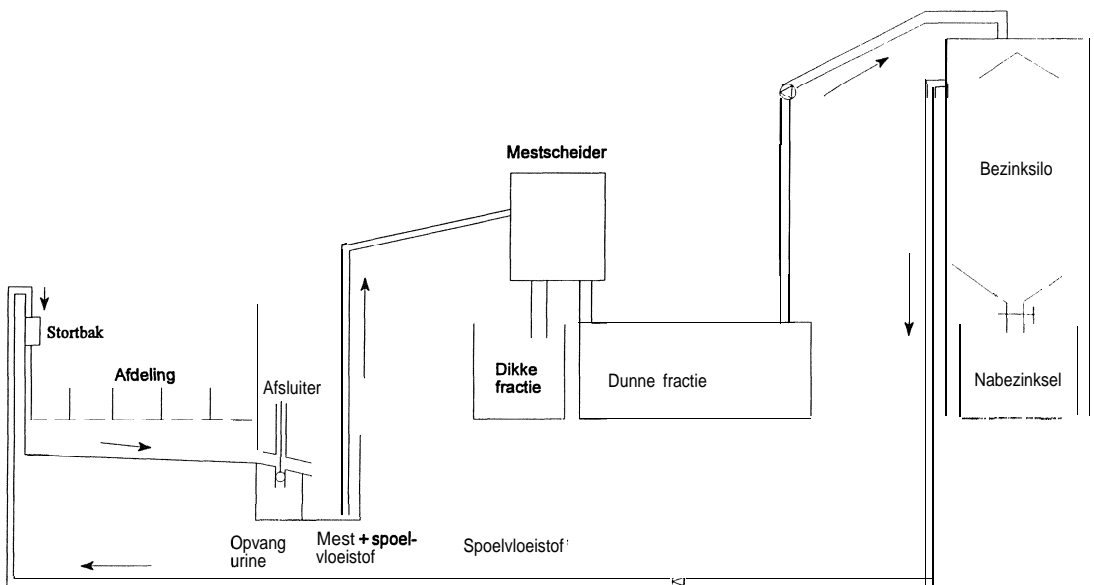
hoek veranderd worden. De hellingshoek is ingesteld op 4 à 5%. Bij een kleinere hellingshoek zal de scheiding van mest en urine niet optimaal zijn. Een grotere hellingshoek kan leiden tot een te snelle stroming van de spoelvloeistof, waardoor de stuwende kracht om de mest te verwijderen vermindert.

Fase 3.

Na de verbouwing van de proefafdeling zijn er twee mestkanalen gevormd: één voor in het hok en één achter in het hok (figuur 2). Beide kanalen waren voorzien van een hellende bak van roestvrij staal. In het achterste mestkanaal zijn drie spoelbanen (breedte 43 cm) aangebracht door middel van 15 cm hoge geleidestrips. De hellingshoek van de bak in dit mestkanaal was 7%. In het voorste mestkanaal zijn twee spoelbanen (breedte 32 cm) aangebracht en was de hellingshoek ongeveer 4%.

Urine-afvoer

Door de hellingshoek van de bak liep de urine continu weg naar een opvangput buiten de stal met een inhoud van ongeveer 3,3m³. Bij een nieuw bedrijf zal de put onder de centrale gang aangebracht kun-



Figuur 3: Schematische weergave van het systeem.

Tabel 1: De drie fasen van het onderzoek

fase	tijdperiode	ronden	mestscheider	mestkanaal	spoelbanen
1	feb. 1992 - nov. 1992	2	cycloon en vacuümtank	rekoboord op ijzeren raamwerk	3
2	nov. 1992 - dec. 1993	3	trilzeef en wormpomp	rekoboord op ijzeren raamwerk	3
3	feb. 1994 - sep. 1994	2	trilzeef en wormpomp	vlakke baan van roestvrijstaal	5

nen worden. Normaal gesproken staat de afsluiter (figuur 3) omhoog, waardoor de urine in een opslagruimte terecht komt. De urine werd vanuit deze opvangbak naar een bovengrondse mestopslag gepompt door middel van een pomp. De meeste stikstof werd hierdoor uit het systeem verwijderd. De urine kan eventueel worden behandeld, bijvoorbeeld via omgekeerde osmose of indampen.

Afvoer faeces

Een aantal malen per dag zijn de faeces met behulp van spoelwater van de hellende vloer gespoeld. Hiertoe werd spoelwater vanuit spoelleidingen over de hellende putvloer gelaten. Tijdens het spoelen stond de afsluiter van de urine-opvang naar beneden (zie figuur 3). Het mengsel van de faeces en de spoelwater kwam in de tweede opvangput (inhoud = 3,8 m³) terecht.

Fase 1

Het mengsel van faeces en spoelwater is vanuit de opvangput middels een vacuümpomp in een vacuümtank (inhoud = 2 m³) gezogen, die opgesteld was in de mestbehandelingsruimte. De mestdeeltjes worden door gebruik van de vacuümtank niet stukgeslagen. Dit is bij een wormpomp wel het geval en dat kan de scheiding in de cycloon bemoeilijken.

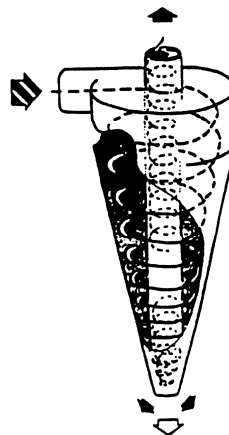
Fase 2 en 3

De vacuümtank en -pomp is vervangen door een wormpomp.

Mestscheiding

Het mengsel van faeces en spoelwater werd door een mestscheider gescheiden in een dikke en dunne fractie.

In fase 1 is als mestscheider gebruik gemaakt van een vloestofcycloon (inhoud 40 liter). De werking van een cycloon is gebaseerd op het scheiden van deeltjes op basis van een verschil in gewicht (De Waaij, 1989). De cycloon wordt veel gebruikt bij baggeren en zaagselafschuiving. Het materiaal, in dit geval het mengsel van spoelwater en faeces, gaat in een ronddraaiende beweging naar beneden (figuur 4). De zware delen worden tegen de wand aan geslagen en verlaten de cycloon aan de onderkant. Het resterende deel keert om, verlaat de cycloon aan de bovenkant en komt via de vacuümtank in het voorraadvat terecht. Onderaan de cycloon was een sluis aangebracht (met 6 kamers van 1,5 liter) om de faeces te verwijderen. Deze sluis werkte via een tijdsklok en maakte bij in werking zijn drie omwentelingen per minuut. Het toepassen van een sluis voorkwam dat de onderdruk tijdens het opzuigen van het mengsel verstoord werd.



Figuur 4: Werking van een cycloon (bron: De Waaij 1989)

In fase 2 en 3 is gebruik gemaakt van een trilzeef. Deze trilzeef gaf in ander onderzoek de beste scheidingsresultaten (Verdoes et al. 1992). De trilzeef was uitgerust met een zeefplaat met een maaswijdte van 0,25 mm. De dikke fractie werd opgevangen in een containerbak en met een trekkertje afgevoerd. De dunne fractie ging onder vrij verval naar een opslagtank van 2 m³. Van daaruit werd deze fractie naar de bezinksilo gepompt. De vloeistof viel in de bezinksilo van ongeveer 6.000 liter via een spreidplaat, zodat er weinig wervelingen in de vloeistof optraden. Nadat de vloeistof hier enige tijd nabezonk, werd het bovenste deel van de silo weer afgepompt en gebruikt als spoel-vloeistof. Deze vloeistof kon op vier verschillende aftappunten de silo verlaten (figuur 3). De vloeistof werd normaliter uit de tweede kraan van boven afgelaten. Wanneer het vloeistofniveau in de silo daalde werd de kraan daaronder gebruikt of werd extra water toegevoegd. Onderin de silo was een afvoer aangebracht, om periodiek de bezonken dikke fractie te kunnen afvoeren.

Spoelen

Het spoelen vond volledig automatisch plaats door middel van plc-besturing en allerlei niveaumelders en ventielen. Via een leiding (63 mm) werd de vloeistof vanuit de bezinksilo naar de centrale gang gepompt. Door drie automatisch bestuurd pneumatische ventielen werd de spoelvloeistof in de stortbak en spoelbanen zelf gebracht (fase 1 en 2). In fase 3 kwam de spoelvloeistof in drie stortbakken terecht.

De spoelfrequentie per dag is afhankelijk gesteld van de faecesproductie van de dieren. In tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de geschatte faecesproductie en de spoelfrequentie. De faecesproductie is berekend op basis van het voerschema en de volgende aannames: 1 kg voer heeft 1,65 kg drijfmest tot gevolg, de verhouding urine/faeces is 55:45, het ds-gehalte in de faeces loopt op van 22,5% tot 30%, de ds-verteerbaarheid is 80%, de groei is 750 g/dag en de voeropname is 250 kg per varken per mestronda. De gemiddelde mestproductie per dier per dag is gesteld op

Tabel 2: Faecesproductie per dag en de daarvan afgeleide spoelfrequentie met de tijdstippen van spoelen.

week	faecesproductie (kg/dag/afdeling)	spoelfrequentie (keren/dag)	faeces/ spoelbeurt (kg)	tijdstippen (uur)
1	31,2	2	15,6	9.00, 16.30
2	33,6	2	16,8	idem
3	37,1	2	18,6	idem
4	41,0	3	13,7	9.00, 15.30, 22.00
5	45,9	3	15,3	idem
6	50,4	3	16,8	idem
7	55,0	4	13,8	9.00, 14.30, 20.30, 02.00
8	59,2	4	14,8	idem
9	63,4	4	15,9	idem
10	67,6	5	13,5	9.00, 13.30, 18.00, 22.30, 03.00
11	71,4	5	14,3	idem
12	74,9	5	15,0	idem
13	76,3	6	12,7	9.00, 12.30, 16.00, 19.30, 23.00, 02.30
14	77,4	6	12,9	idem
15	78,6	6	13,1	idem
16	80,0	6	13,3	idem
gemiddeld	67,0		15,0	

3,78 liter, waarvan 2,10 liter gier (met 2,5% ds) en 1,68 liter faeces (met 20%).

De hoeveelheid spoelvloeistof per spoelbeurt was als volgt:

Fase 1 en 2

- 400 liter in spoelbaan 1;
- 200 liter in spoelbaan 2;
- 200 liter in spoelbaan 3.

Ten behoeve van het spoelen van spoelbaan 1 is een stortbak (400 liter) aangebracht om te zorgen voor voldoende kracht van de spoelvloeistof. In deze baan viel namelijk de grootste hoeveelheid mest. De spoelleidingen van de twee andere spoelbanen hadden een spuitkop met een verdeelstuk en kwamen rechtstreeks in de spoelbanen uit.

Fase 3

- 200 liter in spoelbaan 1;
- 200 liter verdeeld over spoelbaan 2 en 3;
- 200 liter verdeeld over spoelbaan 4 en 5.

Vanuit drie stortbakken werd de hellende putvloer gespoeld. Stortbak 1 (400 liter) mondde uit in spoelbaan 1. De tweede stortbak (400 liter) mondde uit in het midden van de tweede en derde spoelbaan. Dit betekent dat er per spoelbaan maximaal 200 liter per keer gespoeld kon worden. De derde stortbak had een netto inhoud van 200 liter en spoelde gelijktijdig de beide spoelbanen in het smalle mestkanaal (spoelbaan 4 en 5 in figuur 2).

Vloeistofstromen

Er werd gestreefd naar een droge-stofgehalte van de dikke fractie gelijk aan het droge-stofgehalte van de faeces (20-25%). Van groot belang hierbij was de afstelling van de mestscheider, de capaciteit van de pomp die zorgt dat de dikke fractie op de zeef komt en de maaswijdte van de zeefplaat. In tabel 3 is een overzicht gegeven van de verwachte vloeistofstroom tijdens één spoelbeurt. Dit betreft de situatie voor fase 1 en 2 met een totale spoelhoeveelheid van 800 liter per spoelbeurt. Voor fase 3 is iets vergelijkbaars op te stellen. Er is aangenomen dat de mestscheider 1,6% van het volume en 20% van de droge stof uit het mengsel scheidt naar de dikke fractie. Door een betere scheiding is de hoeveelheid droge stof in de dikke fractie te verhogen.

2.6 Waarnemingen

Ammoniakmetingen

In de afdeling is continu de ammoniakemissie gemeten door middel van een B&K 1302 monitor. Deze monitor was ook op diverse andere afdelingen aangesloten. In de ventilatiekamer is een meetventilator aangebracht voor vaststelling van de hoeveelheid afgevoerde lucht. De meetopstelling is geïjkt volgens het protocol van de meetploeg van het Praktijkonderzoek Varkenshouderij (Van 't Klooster et al., 1992). Op basis van ammo-

Tabel 3: Verwachte vloeistofstroom tijdens één spoelbeurt bij spoelhoeveelheid van 800 liter

	totaal hoeveelheid (liter)	waarvan droge stof (kg)	(%)
spoelvloeistof + faeces	800 15	10,0 3	1,25 20,0
uitgespoeld - dikke fractie	815 13	13 2,6	16 20,0
dunne fractie - nabezinksel	802 2	10,4 0,4	13 20,0
	800	10,0	

niakconcentratie en ventilatiedebiet is een gemiddelde ammoniakemissie (gram per dag) bepaald. De emissie per dag is per ronde omgerekend naar een ammoniakemissie uitgedrukt in kg/dierplaats/jaar. Daarbij is rekening gehouden met een bezettingsgraad van 90% en een achtergrondconcentratie van ammoniak van 0,2 mg/m³ constante concentratie.

Hokbevuiling en bevuiling van dieren

De mate van hokbevuiling is tweemaal per week tijdens fase 1 en 2 en eenmaal per week tijdens fase 3 beoordeeld via een score. De score loopt van 0 (= schoon en droog) tot 5 (= erg vuil en nat). Bij de beoordeling is zowel gekeken naar de dichte vloer als naar het rooster. De dieren zijn eveneens beoordeeld op de mate van bevuiling. Deze bepalingen zijn uitgevoerd om de ammoniakemissie te kunnen verklaren.

Controle spoelbanen

De spoel banen zijn wekelijks gecontroleerd op de mate van bevuild zijn. Aan de hand van de beoordeling is de spoelfrequentie en/of de hoeveelheid spoelvloeistof eventueel aangepast.

Monstername

Het droge-stofgehalte van de verschillende

fracties is wekelijks bepaald. Op basis van het ds-gehalte van de spoelvloeistof is bepaald of de spoelvloeistof vervangen moest worden. Daarnaast zijn éénmaal in de drie à vier weken het mengsel van faeces en spoelvloeistof (genomen uit de opvangput) en de spoelvloeistof (bij afvoerpunten in bezinksilo) bemonsterd. De monsters werden ingevroren en koel getransporteerd. Deze monsters zijn geanalyseerd bij het IMAG-DL0 op droge-stofgehalte, asgehalte, totale stikstof en NH₃-N. De urine is bemonsterd als de betreffende opvangput vol was. Van de dikke fractie (na de mestscheiding) is een mengmonster genomen als de container vol was. De monsters van dikke fractie en urine zijn eveneens uitgebreider geanalyseerd. In de derde fase heeft alleen een wekelijkse monstername van de verschillende fracties en de bepaling van ds-gehalte plaatsgevonden.

Overige gegevens

In een logboek zijn eventuele storingen in het systeem, aanpassingen in het systeem en alle andere bijzonderheden die mogelijk van invloed zijn op de proef vastgelegd. Ten aanzien van de verschillende fracties (urine, dikke fractie, spoelvloeistof) zijn ook de hoeveelheden van onttrekking of toevoeging aan het systeem vastgelegd.

3 RESULTATEN

3.1 Technisch functioneren van het systeem

Het technisch functioneren van het systeem wordt per fase besproken. De constructie van het systeem was anders voor de verschillende fasen. De aanpassingen in het systeem waren veelal het gevolg van technisch niet goed functioneren van het systeem.

Fase 1.

De cycloon is gebruikt om het mengsel van faeces en spoelwater te scheiden in een dikke en een dunne fractie. Er heeft echter geen tot nauwelijks enige afscheiding van de dikke fractie plaatsgevonden. In eerste instantie is uitgegaan van aflaten van de dikke fractie vanuit de cycloon nadat het mengsel van spoelwater en faeces volledig opgezogen was, omdat anders de onderdruk van de vacuümtank verloren ging. De hoeveelheid dikke fractie bleek echter nihil. In de tweede ronde van deze fase is gezorgd dat door middel van een sluis de cycloon continu dikke fractie kon aflaten. De scheiding is hierdoor echter niet verbeterd.

De spoelbanen bleken niet goed schoon te houden te zijn. Dit betrof met name spoelbaan 1 vanaf het derde hok. Ook bij de tweede en derde spoelbaan trad vanaf hok 4 bevuilding van het mestkanaal op. Dit is getracht op te lossen door het verhogen van de kracht waarmee de spoelwater op de spoelbanen instroomt: plaatsing van een stortbak bij spoelbaan 1 en aanpassing van de spuitkoppen bij de twee andere spoelbanen. Dit bleek echter niet voldoende. Tevens is getracht om door het vergroten van de hellingshoek het mestkanaal schoner te krijgen. Het mestkanaal bleek echter door een technisch mankement niet hoger te draaien te zijn dan een hellingshoek van 5,5%.

Het spoelen vond volledig automatisch plaats. In ongeveer 1,5% van het totaal aantal keren spoelen trad er storing op ten gevolge van te weinig spoelwater in de bezinksilo of bevuilding van de minimum

niveauvoeler in de opvangput van het mengsel van faeces en spoelwater.

Fase 2

In fase 2 is de cycloon vervangen door een trilzeef. Het mengsel van faeces en spoelwater bleek echter te snel op de zeef te komen, met het gevolg dat een groot gedeelte in de bak van de dikke fractie terecht kwam. Het was niet mogelijk om de aanvoersnelheid te verlagen. Daarom is de aanvoerleiding vervangen door een leiding met een kleinere doorsnede (van 75 naar 63 mm) en is de zeefplaat met een maaswijdte van 0,25 mm vervangen door een grovere zeefplaat (0,42 mm).

Ongeveer een maand na aanvang van de mestperiode bleken spoelbaan 2 en 3 niet goed schoon te zijn. Met name aan het einde van de spoelbanen bleef faeces liggen. De constructie van het mestkanaal was zodanig zwak dat er een knik optrad bij hok 4. Ter hoogte van hok 4 en 5 bleek het mestkanaal zo goed als vlak te zijn. In de tweede ronde van deze fase is de hellingshoek vergroot naar 7%. Tevens is de hoeveelheid spoelwater per spoelbeurt vergroot (naar 400-300-300 liter), om toch een goede verwijdering van faeces te verkrijgen. In de opvangbak van de faeces en de spoelwater bleven veel faeces achter (eerste ronde). Dit is opgelost door het plaatsen van een mestpan onder in de opvangbak. Ook bleek dat in deze ronde storing is opgetreden in het spoelsysteem door een bevulde voeler in de opvangbak van het mengsel van faeces en spoelwater en in de opvangbak van de dunne fractie (ongeveer 5% van het totaal aantal keren spoelen). Door het hoger plaatsen van de voelers is dit probleem opgelost. Daarnaast traden in de laatste ronde veel problemen op door schuimvorming van de spoelwater en door te weinig spoelwater in de bezinksilo (ongeveer 5% van het totaal aantal keren spoelen).

Fase 3

De spoelbanen werden vrij goed schoongespoeld. Er ontstond echter een kalklaagje

op het oppervlak, dat door middel van een zuurbehandeling is getracht te verwijderen, Doordat grondwater in de opvangbakken kwam, was er teveel vloeistof in het systeem. Daardoor kwam er storing in het automatische spoelsysteem. Tevens lekte spoelwater in de urine-opvangbak, doordat de afsluiter tijdens het spoelen niet altijd goed naar beneden geplaatst was. Verder was er in deze fase ook enige malen sprake van te weinig spoelwater in de bezinksilo, waardoor het systeem op storing sprong. Het totaal aantal storingen van het automatische spoelsysteem was ongeveer 2% van het totale aantal spoelingen in een mestrunde. In de zeefplaat met maaswijdte van 0,42 mm was een gat ontstaan. Deze zeefplaat is vervangen door een zeefplaat met een kleinere maaswijdte. Dit leidde er toe dat de scheiding van de mest en spoelwater in een dikke en dunne fractie aanzienlijk verslechterde en dat er weer meer spoelwater toegevoegd moest worden aan het systeem. De zeef is een maand later weer door een grovere zeef vervangen (0,463 mm).

3.2 Ammoniakemissie en hokbevuiling

In tabel 4 worden de resultaten van de ammoniakemissie, het ventilatie-debiet, de ammoniakconcentratie en de afdelingstemperatuur weergegeven. Tabel 5 bevat de mate van hokbevuiling en bevuiling van de dieren.

De ammoniakemissie was in de eerste ronde van de tweede fase en ook in de derde fase van het onderzoek laag, respectievelijk 1,3 en 1,8 en 2,4 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Alle andere ronden hadden een ammoniakemissie hoger dan 3 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Tijdens de mestrunde nam de ammoniakemissie geleidelijk toe. Een uitzondering hierop vormt ronde 1 van fase 2. De emissie was tijdens deze mestrunde redelijk constant, rond het gemiddelde van 1,3 kg NH₃ per dierplaats per jaar. De afdelingstemperatuur was in de eerste ronde van de tweede fase laag in vergelijking met de temperatuur tijdens de andere ronden. In de tweede ronde van de derde fase was de afdelingstemperatuur relatief hoog. Het betreft hier respectievelijk een winterperiode en een zomerperiode.

De dieren en de dichte vloer bleken in de eerste ronde van de tweede fase en in beide ronden van de derde fase, in vergelijking met de andere ronden, minimaal bevuild (tabel 5). Meer dan 90% van de waarnemingen van de dichte vloer en van de dieren hebben een score van 0 en 1. Bij de andere ronden ligt dit percentage tussen de 40 en 60%. Over alle ronden gezien scoort ongeveer 25 tot 40% van de waarnemingen van het rooster een 0 of 1. De bevuiling op het rooster was aanzienlijk groter dan de bevuiling op de dichte vloer. Ronde 2 van de derde fase vormt een uitzondering: dit rooster was redelijk tot goed schoon.

Tabel 4: Ammoniakemissie, ventilatie-debiet, NH₃-concentratie en afdelingstemperatuur per ronde

Fase	Ronde	Periode	Temperatuur (°C)	Ventilatie-debiet (m ³ /uur)	Ammoniakconcentratie (mg/m ³) ¹	Ammoniakemissie (kg/dpl/j) ²
1	1	feb. 1992 - juli 1992	18,9	2.925	4,83	3,1
	2	juli 1992 - nov. 1992	19,9	2.949	5,79	3,4
2	1	nov. 1992 - mrt. 1993	16,5	1.616	3,70	1,3
	2	mrt. 1993 - juli 1993	19,6	2.776	4,88	3,0
	3	juli 1993 - dec. 1993	18,3	2.866	6,31	3,7
3	1	feb. 1994 - mei 1994	18,6	1.825	4,86	1,8
	2	mei 1994 - sep. 1994	21,9	2.674	4,56	2,4

¹ Niet gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie

² Gecorrigeerd voor achtergrondconcentratie (0,2mg/m³) en bezettingsgraad (90%).

3.3 Vloeistofbalans

Door het technisch niet goed functioneren van het systeem en het onvoldoende betrouwbaar zijn van de benodigde gegevens (mede ten gevolge van het slecht functioneren) is het niet mogelijk om een

exacte vloeistofbalans op te stellen. In tabel 6 wordt een overzicht gegeven van minimale en maximale waarden van de ds-gehalten van de verschillende fracties. De kanttekening hierbij is dat het moeilijk is om een goed homogeen monster te nemen van de verschillende fracties.

Tabel 5: Mate van hokbevuiling en bevuiling van dieren¹.

Fase	1		2 ²		3	
	1	2	1	2	1	2
Aantal waarnemingen	165	140	90	60	60	75
Bevuiling dieren score ³						
0	15,2	21	10,0	25,0	40,0	89,3
1	46,1	43,6	84,4	35,0	53,3	10,7
2	26,7	30,0	5,6	13,3	6,7	0,0
3	7,3	18,6	0,0	10,0	0,0	0,0
4+5	4,8	5,7	0,0	16,7	0,0	0,0
Bevuiling dichte vloer score						
0	59,4	26,4	63,3	50,0	63,3	76,0
1	13,3	19,3	32,2	8,3	30,0	20,0
2	6,7	17,9	4,4	6,7	6,7	4,0
3	6,1	15,0	0,0	6,7	0,0	0,0
4+5	14,6	21,5	0,0	28,3	0,0	0,0
Bevuiling rooster ⁴ score						
0	21,3	0,7	2,2	1,7	0,0	26,7
1	15,6	25,0	27,8	38,3	41,7	53,3
2	24,9	45,7	55,6	38,3	58,3	17,3
3	21,3	22,1	11,1	11,7	0,0	2,7
4+5	16,9	6,4	3,3	10,0	0,0	0,0

¹ Bevuiling wordt uitgedrukt als het percentage waarnemingen met een bepaalde score.

² Er zijn geen waarnemingen gedaan tijdens de derde ronde van de tweede fase. Deze ronde wordt zodoende niet vermeld.

³ Score 0 is schoon en droog, score 5 is erg vuil en nat.

⁴ Dit betreft het groot rooster. In fase 3 is eveneens het smal rooster beoordeeld. De bevuiling hiervan is echter minimaal: 91,7% score '0' en 8,3% score '1+2' in de eerste ronde van de derde fase en 100% score '0' in de tweede ronde. Deze resultaten zijn om die reden niet opgenomen.

Tabel 6: Minimum en maximum in ds-gehalten van de verschillende fracties.

Fractie	Fase 1 ¹	Fase 2 ²	Fase 3
Spoelvloeistof	0,9 - 5,1%	0,4 - 5,6%	0,6 - 6,6%
Urine	1,3%	1,4 - 2,9%	0,2 - 2,5%
Mest+spoelvloeistof	-	0,7 - 5,9%	0,8 - 9,2%
Dikke fractie		12,4 - 23,2%	10,5 - 23,4%

¹ In fase 1 zijn zeer weinig monsters genomen: van spoelvloeistof 4 keer en van urine 1 keer. Door technische storingen was het vaak niet mogelijk om betrouwbare monsters te nemen.

² Dit betreft alleen ronde 1 en 2. Er zijn geen gegevens beschikbaar van de derde ronde van fase 2.

Er is uitgegaan van een ds-gehalte in de spoelvoeistof van 1,25% (tabel 3). In werkelijkheid lag het gehalte in het begin van de mestronde lager, maar liep dit in de loop van de mestronde aanzienlijk op. Dit leidde ertoe dat als het ds-gehalte van de spoelvoeistof te hoog was, de spoelvoeistof werd vervangen. Dit heeft plaatsgevonden in de eerste ronde van de eerste fase, de derde ronde van de tweede fase en in de tweede ronde van de derde fase. De verwachting was dat de ds-percentages van de dikke fractie (in combinatie met het nabezinksel) op ongeveer 20% zouden uitkomen. De variatie in ds-gehalte in de dikke fractie blijkt echter aanzienlijk te zijn (tabel 6) en geeft een geschat gemiddelde van

ongeveer 16%.

Bij een goede scheiding van het mengsel van faeces en spoelvoeistof is het niet noodzakelijk om de hoeveelheid spoelvoeistof aan te vullen. De scheiding bleek echter zodanig te zijn dat er via de dikke fractie meer volume werd afgevoerd dan de varkens aan volume produceerden. De hoeveelheid aangevulde spoelvoeistof wordt geschat op 6 tot 14 liter per spoelbeurt. Het noodzakelijk aanvullen werd niet alleen door afvoer in de dikke fractie veroorzaakt, maar ook door het lekken van spoelvoeistof in de opvangbak van de urine (niet goed afsluiten door de afsluiter of direct omhoog halen van de afsluiter).

4 DISCUSSIE

4.1 Spoelbanen en putuitvoering

In fase 1 en 2 waren de spoelbanen moeilijk schoon te houden. De spoelbanen waren elk ongeveer 57 cm breed. Dit bleek te breed te zijn. De spoelvloeistof was al na enkele meters haar kracht kwijt. De vloeistof zoekt de weg van de minste weerstand en laat dan de faeces achter. In fase 3 zijn de spoelbanen smaller gemaakt (ongeveer 43 cm onder het groot rooster) en is de aanvoer van alle spoelvloeistof via stortbakken geregeld. Dit leidde tot spoelbanen die redelijk tot goed schoon waren. Een goede helling voorkomt eveneens ophoping van faeces. De constructie moet voldoende stevig zijn, om doorbuigen, zoals in fase 1 en 2 plaatsvond, te voorkomen. Een bak op een ijzeren raamwerk voldoet zeker niet; een dergelijke constructie is te zwak. Wanneer faeces zich ophopen in de spoelbanen wordt de continue afvoer van urine bemoeilijkt en is het toch mogelijk dat uit de urine ammoniak gevormd wordt door contact met de urease in de faeces.

4.2 Mestscheiding

In fase 1 van het onderzoek was voor de mestscheiding gekozen voor een cycloon in combinatie met een vacuümtank. De scheiding van het mengsel van faeces en spoelvloeistof in een dikke en dunne fractie met behulp van een cycloon bleek niet te werken. Er werd geen tot nauwelijks enige hoeveelheid dikke fractie afgescheiden. De oorzaak ligt zeer waarschijnlijk in het feit dat er niet voldoende gewichtsverschil bestaat tussen de spoelvloeistof en de deeltjes van de faeces. Het soortelijk gewicht van de faeces varieert tussen de 750 tot 950 gram per liter (afhankelijk van het ds-gehalte) en benadert het soortelijk gewicht van de spoelvloeistof. Ook is het goed mogelijk dat door het aanzuigen van het mengsel in de bochten mestdeeltjes stuk geslagen worden en er teveel menging optreedt. De slechte scheiding komt ook tot uiting in het toeneemen van het droge-stofpercentage van de spoelvloeistof gedurende de mestrond. In

de eerste ronde van fase 1 moest de spoelvloeistof dan ook drie keer vervangen worden

Voor aanvang van fase 2 is de cycloon vervangen door een trilzeef met een zeefplaat van 0,25 mm. Het mengsel van spoelvloeistof en faeces werd door een wormpomp naar de trilzeef geleid. De snelheid waarmee het mengsel op de zeef kwam was te groot, waardoor het mengsel te snel over de zeef ging en er een slechte scheiding optrad. De constatering was dan ook dat de inhoud van de bak met de dikke fractie een dunne vloeistof was en dat bij het spoelen storing optrad door te weinig spoelvloeistof in de bezinksilo. De snelheid van de wormpomp kon echter niet verder verlaagd worden, omdat het minimale niveau al bereikt was. Het vervangen van de zeefplaat met een maaswijdte van 0,25 mm door een zeefplaat met 0,42 mm maaswijdte leidde tot een betere scheiding. De gewenste ds-gehalten werden echter niet bereikt. Het ds-gehalte van de dikke fractie was nog steeds lager dan het ds-gehalte van de geproduceerde vaste mest. Daardoor nam ook het ds-gehalte van de spoelvloeistof in de loop van de mestrond toe (fase 3; tabel 6).

4.3 Vloeistofbalans

Door het ontbreken van een groot aantal gegevens is het niet mogelijk een goede vloeistofbalans op te stellen en is slechts een schatting mogelijk. Het is echter duidelijk dat er spoelvloeistof moest worden toegevoegd en dat er ook sprake was van vervanging. Dit betekende dat er ook extra afzet noodzakelijk was. Op basis van het in tabel 2 aangegeven schema van spoelen werd er in een mestrond ongeveer 460 keer gespoeld. Dit betekent dat er naar schatting ongeveer 2.300 tot 6.500 liter water per mestrond moest worden toegevoegd. Daarnaast moest de spoelvloeistof, ongeveer 4.000 liter, worden vervangen tijdens de mestperiode. Dit betekent dat per mestrond in totaal ongeveer 6.300 tot 10.500 liter aan extra hoeveelheid mest moest worden afgezet. Per afgeleverd

vleesvarken is dit voor dit onderzoek ongeveer 180 tot 300 liter spoelwater. Als spoelwater had ook urine gebruikt kunnen worden in plaats van water. Het nadeel van onbehandelde urine is echter dat er contact is tussen mest en urine en dat er dan sprake is van een piek in ammoniakemissie. Het behandelen van urine door middel van omgekeerde osmose is technisch mogelijk, maar de kosten zijn te hoog.

4.4 Ammoniakemissie

Ongeveer 70% van de totale ammoniakemissie is afkomstig uit de mestput, de overige 30% emitteert vanaf bevuild vloeroppervlak en bevuilde dieren (Van Cuyck en Verdoes, 1992). Door het gescheiden afvoeren van de faeces en urine uit de put kan de emissie uit de mestput aanzienlijk worden vermindert. Een goede hokuitvoering zorgt voor een niet tot nauwelijks bevuild vloeroppervlak en bevuilde dieren, waardoor minder ammoniakemissie optreedt.

In fase 1 en 2 is in eerste instantie gewerkt met een niet ideale hokuitvoering. Het doel tijdens fase 1 en 2 was het uittesten van het spoelsysteem. Er was sprake van een matig tot ernstig bevuilde dichte vloer en ook de dieren waren aanzienlijk bevuild. De dieren waren gedwongen om de dichte vloer als mestplaats te gebruiken, omdat op de eigenlijke mestplaats (het rooster) de brijbak geplaatst was. In combinatie met het niet goed schoon zijn van de spoelbanen leidde de combinatie van hokuitvoering en spoelsysteem niet tot verlaging van de ammoniakemissie. Tijdens ronde 1 van fase 2 was de emissie wel laag, doordat er sprake was van een bijzonder lage staltemperatuur. Deze ronde is uitgevoerd tijdens de wintermaanden. Het aanpassen van de hokuitvoering (fase 3) leidde tot een aanzienlijke vermindering van hokbevuiling en bevuiling van de dieren. Er was sprake van duidelijk te onderscheiden gebieden in het hok: het smal rooster als vreetplek, de dichte vloer als rustplaats en het groot rooster als mestplaats. De ammoniakemissie was dan ook beduidend lager dan in de twee voorgaande fasen. Het toepassen van de thermo-unit speelde hierbij mogelijk ook een rol. In een vergelijkbare afdeling, maar dan zonder spoelsysteem, was de ammoniakemissie in

dezelfde tijdsperiode 2,0 en 2,6 kg per dierplaats per jaar. Het spoelen in combinatie met een goede hokuitvoering leverde een kleine reductie van 8 tot 10% op ten opzichte van alleen een goede hokuitvoering. De emissie in de meest geoptimaliseerde vorm (fase 3) was gemiddeld 2,2 kg NH₃ per dierplaats per jaar. Het is gebleken dat dit ook te behalen is met goedkopere systemen. Het onderzoek is daarom stopgezet. Door het toepassen van gescheiden afvoer van faeces en urine in combinatie met spoelen werd de emissie niet zodanig verlaagd dat de Groen Label-norm (1,5 kg per dierplaats per jaar) werd gehaald. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te geven.

De spoelwater had een pH groter dan 7, waardoor de genoemde kalkaanslag op de spoelbanen ontstond. Deze aanslag vormt een goed milieu voor bacteriën, die onder andere urease produceren. Door kalkaanslag kreeg het oppervlak van de spoelbanen een bepaalde mate van ruwheid, waardoor de continue afvoer van de urine werd bemoeilijkt. Er bleef een dun laagje urine achter. Vervolgens kon ammoniak uit de urine gevormd worden door de urease die door de bacteriën was geproduceerd.

Waarschijnlijk was de temperatuur in de put ongeveer gelijk aan de afdelingstemperatuur, omdat een buffering van mest ontbrak. Door een hogere temperatuur is de ammoniakemissie hoger en wordt de groei van de bacteriën in de kalkaanslag bevorderd. De spoelfrequentie nam gedurende de mestperiode toe van 2 tot 6 keer per dag. Door het spoelen werd de mest in beweging gebracht en was er mogelijk sprake van een piek in emissie. Door het toenemend drogestofgehalte in de spoelwater nam het ammoniakgehalte in de spoelwater toe. In de twee eerste ronden van fase twee is de spoelwater op het ammoniakgehalte geanalyseerd. Het gehalte bleek toe te nemen van ongeveer 0,2 tot ongeveer 2,0 g NH₃-N per kg spoelwater.

Voor kraamzeugen en gespeende biggen heeft het WX-spoelgotensysteem inmiddels een Groen Label verkregen. Dit is een vergelijkbaar systeem, waarbij echter geen sprake is van gescheiden afvoer van faeces en urine. Bij het WX-spoelgotensysteem zijn onder de roosters gladde V-vormige spoelbanen aangebracht (Lamers, 1994). Door

deze goten wordt het emitterende oppervlak verkleind, waardoor er minder ammoniak verdwijnt. Het emitterende oppervlak van het in dit verslag beschreven spoelsysteem voor vleesvarkens is mogelijk te groot. De dunne fractie van bezonken zeugmengmest kan goed worden gebruikt als spoelvloeistof. Deze spoelvloeistof is van een redelijk constant laag ds-gehalte. Vleesvarkensmengmest is niet geschikt om op een zelfde wijze dunne fractie te bereiden. Het behalen van Groen Label bij vleesvarkens door het WX-spoelsysteem wordt ingeschat als moeilijker haalbaar dan bij guste en dragende zeugen (Lamers, 1994).

4.5 Mestafzet

Bij het gehanteerde systeem moet de urine en de dikke fractie worden afgezet. De urine valt onder de definitie van waterige fractie zoals deze gesteld wordt in het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (Werkgroep Effluenten, 1995): droge-stofgehalte kleiner dan 5% en ontstaan door ofwel een systeem van gescheiden bewaring van dierlijke meststoffen ofwel door een systeem waarbij dierlijke meststoffen worden gescheiden. De urine kan in de nabijheid van het bedrijf of op eigen grond worden afgezet. Dit mag volgens het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen niet meer dan 25 m³ per hectare zijn op bouw- en maisland en 50 m³ per hectare op grasland. De dikke fractie is van dusdanige kwaliteit dat deze naar akkerbouwgebieden kan worden afgezet. Hoe hoger het ds-gehalte van de dikke fractie is, hoe kleiner de totale hoeveelheid aan dikke fractie die moet worden afgevoerd. De gekozen mestscheider in dit onderzoek was in staat om een dikke fractie te leveren met een hoger ds-gehalte dan dat van normale vleesvarkensmest, maar niet hoger dan dat van faeces (-vaste mest). Geen van de door Verdoes et al (1992) onderzochte mestscheiders is in staat om een vloeistof met een laag ds-gehalte zodanig te scheiden dat het ds-gehalte van de dikke fractie hoger is dan 20%. De trilzeef gaf de beste resultaten. Het ds-gehalte in de spoelvloeistof bleek aanzienlijk te kunnen variëren en liep op tijdens de mestrondte. Een te hoog ds-gehalte betekent vervangen van de vloeistof. Is het gehalte groter of gelijk aan 5%, dan moet

de spoelvloeistof worden afgevoerd. Het is dus zinvol om de spoelvloeistof te vervangen voordat deze grens wordt overschreden en de vloeistof op eigen land als waterige fractie mag worden afgezet.

4.6 Economische beschouwing

In fase 1 en 2 bleek dat de hokuitvoering een belangrijke rol speelt in de ammoniakemissie in een afdeling. In fase 3 is de hokuitvoering aangepast en was er sprake van een systeem van gescheiden afvoer van faeces en urine in combinatie met spoelen. De ammoniakemissiecijfers van dit onderzoek zijn vergelijkbaar met die van onderzoek naar het ideale hoktype, waarbij enkel door een goede inrichting de emissie werd verlaagd (Ter Elst-Wahle en Den Brok, 1995). Er moet dus voor gescheiden afvoer en spoelen een investering gedaan worden die slechts een kleine extra vermindering geeft in ammoniakemissie. De investering in de trilzeef inclusief de pomp en de spoelinstallatie komt al op ongeveer f 55.000,-. De kosten voor de verschillende opvangbakken en de aanpassingen in de stal zelf moeten hier nog bij geteld worden. Een betere mestscheider (waarbij voor de dikke fractie het totaal volume en ds-gehalte gelijk is aan dat van de geproduceerde faeces) dan de hier gebruikte trilzeef (Verdoes et al 1992) betekent hogere investeringskosten. Daarnaast zijn er de jaarkosten van de investering: afschrijving, rente en onderhoud. De hoogte hiervan is mede afhankelijk van de levensduur van de apparatuur en materialen. Ook moeten extra kosten gemaakt worden voor elektriciteit en water. In dit onderzoek is gebleken dat ongeveer 180 tot 300 liter water per afgeleverd vleesvarken verbruikt werd. Voor een vleesvarkensbedrijf met gemiddeld 1.000 aanwezige vleesvarkens kan dit f 810,- tot f 1.350,- aan extra waterkosten betekenen. De omzetsnelheid is 3,02 en de waterprijs is f 1,49 per kubieke meter (IKC-Veehouderij 1994). De extra mestafzetkosten als gevolg van het waterverbruik zijn f 10.330,- tot f 17.100,-, uitgaande van mestafzetkosten van f 19,- per m³ (IKC-Veehouderij 1994). Dit geeft een totaal van f 11.140,- tot f 18.450,- ten gevolge van het extra waterverbruik. Tegenover deze kosten staat echter geen reductie in emissie.

5 CONCLUSIES

Het gescheiden afvoeren van urine en faeces in combinatie met spoelen van de mestput met water is zowel technisch als economisch gezien geen perspectiefvol systeem. Het systeem leidt niet tot voldoende reductie in ammoniakemissie om te voldoen aan de Groen Label-norm van 1,5 kg NH₃ per vleesvarkensplaats per jaar. Door een goede hokuitvoering is een vergelijkbare reductie in ammoniakemissie te verkrijgen tegen aanzienlijk lagere kosten. De kosten voor extra waterverbruik zijn met dit systeem ongeveer f 11,- tot f 18,50 per afgeleverd vleesvarken. Zowel het scheiden van het mengsel van faeces en spoelwater als het spoelen van de afdeling is storingsgevoelig, wat voor de praktijk niet acceptabel is. Om het mestkanaal in een vleesvar-

kensafdeling goed te spoelen, ofwel goed schoon te houden, zijn spoelbanen van maximaal 45 cm vereist. Hierdoor behoudt de spoelwaterstof voldoende spoelkracht. Daarnaast wordt de kracht van de spoelwaterstof vergroot door het gebruik van stortbakken. Het mestkanaal moet een stevige en gladde constructie zijn, een vlakke baan van roestvrijstaal. Hiermee is een goede gescheiden afvoer te verkrijgen van urine en faeces. Een betere scheiding van faeces en spoelwaterstof in dikke en dunne fractie leidt tot hogere kosten doordat een duurder apparaat gebruikt moet worden. Hier staat tegenover dat dit wel leidt tot minder toevoegen van spoelwaterstof en het niet hoeven vervangen van de spoelwaterstof vanwege een te hoog ds-gehalte.

LITERATUUR

Aarnink, A.J.A. en E.N.J. van Ouwerkerk 1990. *Model voor de berekening van het volume en de samenstelling van vleesvarkensmest (Mespro)*. IMAG-rapport 229.

Cuyck, J., van en N. Verdoes 1992. *Vloeruitvoering en hokbevuiling bij vleesvarkens*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, 6. 6, p.11-13.

Elst-Wahle, E.R. ter en G.M. den Brok 1995. *Op timalisa tie van hokuitvoering voor vleesvarkens en de invloed hiervan op de ammoniakemissie*. Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Rosmalen, in voorbereiding.

Hoeksma, P., J. Oosthoek, N. Verdoes en J.A.M. Voermans 1993. *Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvoeistof*. IMAG-DLO rapport 93-23, PV proefverslag nummer PI .95, IMAG-DLO, Wageningen en Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Sterksel.

IKC - Veehouderij 1994. *Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1994 - 1995*. Publicatienummer 6-49, IKC-Veehouderij, Ede.

Klooster, CE., van 't, B.P. Heitlager en J.P.B.F. van Gastel 1992. *Measurement systems for emissions of ammonia and other gasses at the Research Institute for Pig Husbandry*. Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen, The Netherlands, Report P3.92.

Lamers, J. 1994. *Veel belangstelling voor WX-spoelgoten*. Varkens, 12, p. 38-39.

Verdoes, N., G.M. den Brok en J.H.M. van Cuyck 1992. *Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op stalniveau*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Rosmalen/Sterksel, Proefverslag nr. PI .77.

Waaij, A.C., de 1989. *Toepassing van hydrocyclonage bij baggerwerkzaamheden kan besparing opleveren*. H₂O, 22.3, p. 96-99.

Werkgroep Effluenten uit mestbewerking op boerderij-niveau 1995. *Oplossingen voor de knelpunten in de regelgeving voor de aanwending van effluent uit mestbewerkingsystemen op boerderij-niveau*. Eindrapport. Rosmalen.

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN

Proefverslag P1. 125

Studie naar klimatisering van de dekstal in relatie tot emissie en energie. I.A.A.C. Mowen en Plagge, J.G., januari 1995.

Proefverslag P1. 126

Relatie tussen speendiarree en het ijzer- en zinkgehalte in speenvoer bij biggen. J.W.G.M. Swinkels, Binnendijk, G.P. en van der Peet-Schwering, C.M.C., februari 1995.

Proefverslag Pl. 128

Vrijwaringsprogramma's tegen infectieziekten voor Nederlandse varkensbedrijven. J.W.G.M. Swinkels en Vesseur, P.C., maart 1995.

Proefverslag P1. 129

Vermindering van het volume van zeugemest door middel van omgekeerde osmose. J.P.B.F. van Gastel en Thelosen, J.G.M., mei 1995.

Proefverslag P1. 130

Ervaringen met de Haglando-mestschuif op een vleesvarkensbedrijf in PROPRO. A.L.P. van de Sande-Schellekens, Brakel, C.E.P. van en Backus, G.B.C., juli 1995.

Proefverslag Pl. 131

Invloed van de energiewaarde in voer op de mesterijresultaten en slachtkwaliteit van borgen. C.M.C. van der Peet-Schwering e.a., juli 1995.

Proefverslag Pl. 132

Ervaringen met het ontwikkelen van het expertsysteem "SHE". E.R. ter Elst-Wahle, Backus, G.B.C. en Vesseur, P.C., juni 1995

Proefverslag Pl. 133

Oppervlakte en urine-afvoer van de dichte vloer in relatie tot hokbevuiling bij vleesvarkens. G.M. den Brok en Voermans, M.P., juli 1995.

Proefverslag P1. 134

Ammoniakemissie-arme kraamstallen. J.G.L. Hendriks, Brok, G.M. den en Voermans, M.P., augustus 1995.

Proefverslag P1. 135

Invloed van de tijdsduur tussen inseminatie en ovulatie op de produktie van zeugen. P.C. Vesseur, Binnendijk G.P. en Soede, N.M., september 1995.

Proefverslag P1. 136

Bronststimulering van scharrelzeugen tijdens de lactatieperiode door gebruikmaking van natuurlijke hulpmiddelen. P.C. Vesseur, Plagge, J.G. en Scholten, R.H.J., september 1995.

Proefverslag P1. 137

Het effect van bloedplasma in speenvoeders met verschillende eiwitbronnen op de opfokresultaten van biggen. C.M.C. van der Peet-Schwering en Binnendijk, G.P., oktober 1995.

Proefverslag P1. 138

Vloeruitvoering en hokbevuiling bij gespeende biggen. H.M. Vermeer, Altena, H. en Vrieling, M.G.M., oktober 1995.

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door $\text{f } 18,50$ per verslag (m.u.v. Pl. 117, deze kost $\text{f } 50,-$) over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. Buitenlandse abonnees betalen $\text{f } 20,-$ per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én $\text{f } 15,-$ administratiekosten per bestelling (m.u.v. P1.117, deze kost $\text{f } 75,-$). Ook bestaat de mogelijkheid een abonnement te nemen op de proefverslagen voor $\text{f } 250,-$ per jaar.