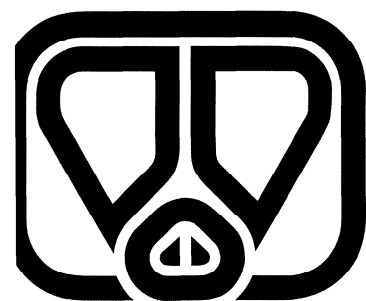


Ir. J.G.M. Thelosen<sup>1</sup>  
Irng. J.H.M. van Cuyck<sup>2</sup>  
Ir. J.A.M. Voermans<sup>1</sup>

- 1) Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen
- 2) Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Sterksel

# Vergelijking diepstrooisel- systemen met een traditioneel huisvestingsstelsel; praktische ervaringen

*A comparison between  
deep litter systems and a  
traditional housing system  
for fattening pigs; practical  
experiences*



**Praktijkonderzoek Varkenshouderij**

**Locaties:**  
Proefstation voor de  
Varkenshouderij  
Lunenburgweg 7  
5245 NB Rosmalen  
Tel. 04192 - 86555

Varkensproefbedrijf  
"Zuid- en West-Nederland"  
Dlaamseweg 17  
3029 PK Sterksel  
Tel. 04709 - 62376

Proefverslag nummer P 1.106  
maart 1994

# VOORWOORD

## PREFACE

Een aantal jaren geleden is met ophef een nieuw houderijsysteem voor vleesvarkens geïntroduceerd: het diepstrooiselsysteem. Dit systeem, gebaseerd op een ligbed van zaagsel/houtsnippers, beoogt een drastische verkleining van de milieuproblematiek en een verbetering van het welzijn voor dier en mens.

Het Praktijkonderzoek Varkenshouderij heeft snel gereageerd op deze nieuwe ontwikkeling via systeemevaluatie op praktijkbedrijven en het aanleggen van vergelijkende proeven op de proefbedrijven te Rosmalen en Sterksel. De centrale vraag daarbij is geweest of dit nieuwe systeem zijn beloften kan waarmaken en of er aanpassingen nodig zijn voor de Nederlandse omstandigheden. Ook een aantal andere instituten in binnen- en buitenland heeft dit houderijsysteem in hun onderzoeksprogramma's opgenomen. Ondertussen zijn diverse resultaten gepubliceerd. Belangrijk zijn:

- Verslag van de studiemiddag "Diepstrooi-

selsystemen", d.d. 2 maart 1992;

- De rapporten PI .91 en PI .91a, PI .96 en P1. 102 (allen verschenen in 1993);
- Proceedings workshop deep litter systems for pig farming (1992).

Deze publikaties zijn uitgegeven door het Praktijkonderzoek Varkenshouderij.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het vergelijkend onderzoek, zoals dit is uitgevoerd op de varkensproefbedrijven te Rosmalen en Sterksel. Dit onderzoek is mogelijk geworden dankzij de financiële ondersteuning door het Financieringsoverleg Mest- en Ammoniakonderzoek (FOMA) en de loyale medewerking van het meest betrokken bedrijfsleven. Vermelding verdienen hier Ecopor B.V. te Schijndel en Finfeeds International Ltd. te Boxmeer.

Het praktijkonderzoek hoopt met de uitgebreide informatie over diepstrooiselsystemen een bijdrage te hebben geleverd aan de inschatting van de betekenis ervan voor de Nederlandse varkenshouderij.

Dr. Ir. L.A. den Hartog,  
directeur

# INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	4
	SUMMARY	6
1	INLEIDING <i>INTRODUCTION</i>	8 8
2	ACHTERGRONDEN <i>BACKGROUNDS</i>	9 9
2.1	Diepstrooiselsysteem	9
2.2	Compostering	9
2.3	Invloedsfactoren	9
2.4	Vergelijking composteringssysteem en diepstrooiselsysteem	10
2.5	Richtlijnen van diepstrooiselsystemen	10
2.5.1	Ecopor-diepstrooiselsysteem	10
2.5.2	Envistim-di kstrooiselsysteem	11
3	MATERIAAL EN METHODE <i>MATERIAL AND METHOD</i>	12 12
3.1	Uitvoering onderzoek Rosmalen	12
3.1.1	Onderzoekspunten	12
3.1.2	Huisvesting	12
3.1.3	Voeding en drinkwaterverstrekking	13
3.1.4	Proefindeling en proefomvang	14
3.1.5	Werkzaamheden	14
3.1.6	Verzameling gegevens	14
3.2	Uitvoering onderzoek Sterksel	17
3.2.1	Onderzoekspunten	17
3.2.2	Huisvesting	17
3.2.3	Voeding en drinkwaterverstrekking	18
3.2.4	Proefindeling en proefomvang	18
3.2.5	Verzameling en verwerking van gegevens	18
4	RESULTATEN ONDERZOEK ROSMALEN <i>RESULTS RESEARCH ROSMALEN</i>	20 20
4.1	Resultaten	20
4.1.1	Mesterijresultaten	20
4.1.2	Slachresultaten	21
4.1.3	Gezondheid	22
4.1.4	Gedrag en welzijn	25
4.1.5	Klimaat en emissies	27
4.2	Composterende werking diepstrooiselsystemen	31
4.2.1	Temperatuur in strooisel	31
4.2.2	Droge-stofgehalte in strooisel	33
4.2.3	Zuurstofgehalte in strooisel	34
4.2.4	Strooiselvolumen en deeltjesgrootte	35
4.2.5	Chemische analyses en mineralenbalansen	36
4.2.6	Reductie van mestvolume	40
4.3	Arbeid	40

5	RESULTATEN ONDERZOEK STERKSEL	42
	<i>RESULTS RESEARCH AT STERKSEL</i>	42
51	Resultaten	42
5'1.1	Mesterijresultaten	42
5'1.2	Slachtresultaten	42
5'1.3	Gezondheid	43
5'1.4	Klimaat en emissies	44
52	Composterende werking diepstrooiselsysteem	47
5'2.1	Temperatuur in strooisel	47
5'2.2	Droge stof in strooisel	48
5'2.3	Mestplek en bevuiling	49
5'2.4	Verbetering van de composterende werking	50
5'2.5	Strooiselverbruik en strooiselproductie	51
5'2.6	Mineralenbalansen	52
5'2.7	Vochtbalans	53
53	Arbeidsbehoefte en arbeidsbelasting	54
6	ECONOMISCHE EVALUATIE	55
	<i>ECONOMICAL EVALUATION</i>	55
7	DISCUSSIE	57
	<i>DISCUSSION</i>	57
7.1	Productieresultaten van de dieren	57
7.2	Composterende werking diepstrooiselsysteem	58
7.3	Milieu	61
7.4	Arbeid en economie	63
8	CONCLUSIES	65
	<i>CONCLUSIONS</i>	65
	LITERATUUR	67
	<i>REFERENCES</i>	67
	BIJLAGEN	69
	<i>APPENDICES</i>	69
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN	78
	<i>PUBLISHED RESEARCH REPORTS</i>	78

# SAMENVATTING

In het kader van mogelijkheden om het mestvolume op varkensbedrijven en de verzuringsproblematiek in Nederland te verminderen zijn onderzoeken gestart naar emissie-arme houderijsystemen. Diepstrooiselsystemen zouden naast een mogelijke oplossing voor de reeds genoemde problemen ook een antwoord kunnen zijn op de welzijnsproblematiek op varkensbedrijven. Vanaf 1989 is intensief onderzoek verricht naar de mogelijkheden van diepstrooiselsystemen voor de Nederlandse varkenshouderij

Het Ecopor-diepstrooiselsysteem en het Envistim-diekstrooiselsysteem (Finnfeeds) zijn in Nederland op grotere schaal geïntroduceerd en beproefd. In het hier beschreven onderzoek zijn beide diepstrooiselsystemen vergeleken met een conventioneel houderijsysteem op het Proefstation voor de Varkenshouderij (PV) te Rosmalen, van februari 1991 tot augustus 1992. Het doel was om de technische resultaten, de gezondheids- en welzijnsaspecten, de slacht- en vleeskwaliteit en het mestvolume te vergelijken.

Daarnaast heeft een meer praktijk gericht onderzoek plaatsgevonden op het Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel (VPB-S), van april 1991 tot juli 1993. De doel was om de invloed van een hogere bezettingsgraad, het toepassen van een continu- of all in-all out-systeem voor de opleg en afleveren van dieren, de emissies van ammoniak, lachgas en vocht, geheel of gedeeltelijk vervangen van het strooisel bed en verschillende vormen van mechanisatie vast te stellen.

Voor het onderzoek in Rosmalen zijn drie identieke natuurlijk geventileerde afdelingen aangepast. Twaalf hokken (elk 9 dierplaatsen) in de referentie-afdeling zijn uitgerust met een gangbaar betonrooster, een dichte bolle vloer met vloerverwarming en een noodrooster van beton. Vier hokken (elk 20 dierplaatsen) in de Ecopor-afdeling zijn uitgerust met een 85 cm diepe put met daarin Ecoporsnippers. Vier hokken (elk met 20 dierplaatsen) in de Envistim-afdeling zijn uitgerust met een 50 cm diepe put met daarin

wit zaagsel. Afhankelijk van het strooiselsysteem zijn één of twee keer per week de noodzakelijke bewerkingen van het strooiselbed en het toedienen van het additief uitgevoerd volgens de richtlijnen van de genoemde strooiselsystemen. Bij beide diepstrooiselsystemen zijn de dieren verplaatst tijdens het bewerken van het strooiselbed. De eerste twee maanden is het bewerken van het strooisel bed handmatig uitgevoerd. Daarna is een minikraan gebruikt. Gedurende vier dagen is het dagpatroon van de varkens in de drie afdelingen vastgelegd. Elke ronde is twee keer de hoeveelheid en ernst van de wonden en schrammen bij alle varkens gescoord. Per ronde zijn 40 mestmonsters en 2 strooiselmonsters genomen en onderzocht op parasieten en bacteriën.

In Sterksel is een speciale stal ontworpen en gebouwd met 144 m<sup>2</sup> strooiseloppervlak (Ecoporsnippers) met een dikte van 70 cm. Het strooiselbed is volgens de richtlijnen van het Ecoporsysteem bewerkt. Een geperforeerde putvloer is gemaakt om het overtollige vocht uit het strooiselbed af te kunnen voeren. De ammoniak-, lachgas- en vochtemissies zijn gemeten met een Brüel & Kjær 1302 monitor.

Op beide locaties zijn de varkens ad libitum gevoerd middels brijbakken. Zeugen en borgen zijn gemengd opgelegd en ingedeeld op basis van gewicht, kruisingstype en sexe. Alle dieren werden voor opleg geïnjecteerd ter preventie van endo- en ectoparasieten. De behandeling van de dieren op diepstrooiselsystemen was niet verschillend van de dieren in conventionele huisvestingssystemen.

Tijdens het afvoeren van het strooisel zijn strooiselmonsters genomen en geanalyseerd op kalium-, fosfor- en stikstofgehalte. Het gewicht en volume van het afgevoerde strooisel is vastgesteld. De kostprijs per afgeleverd vleesvarken is voor de diverse systemen berekend.

De technische resultaten zoals groei, voederconversie, uitval, classificatie en vleespercentage bij het toepassen van diepstrooiselsystemen zijn niet verschillend

bevonden in vergelijking met een conventioneel houderijsysteem voor vleesvarkens. De resultaten van de extra waarnemingen die gedaan zijn ten aanzien van IKB-slachtbevindingen en vleeskwaliteitsparameters zijn ook niet verschillend.

Parameters die een indicator zijn voor de gezondheidstoestand van dieren, zoals de IKB-slachtbevindingen, het percentage niet aangetaste longen en levers en aantal behandelde dieren, zijn bij diepstrooiselsystemen vergelijkbaar met traditionele systemen. Geen enkel strooiselmonster bleek besmet te zijn met parasieten, *E. Coli* of *Salmonella*, waarschijnlijk door de hoge temperaturen in het strooisel. Bij meer dieren uit diepstrooiselsystemen waren mestmonsters besmet met *E. Coli* en vaker ook met een kwaadaardige vorm ervan. *Salmonella* of parasieten is in geen enkel mestmonster aangetroffen. Uit gezondheidsoogpunt is het aan te raden om minimaal één week leegstand na elke ronde aan te houden om de infectiedruk in het strooisel bed te kunnen verlagen.

Een aantal indicatoren voor het welzijn van dieren zijn het aantal problemen met staart- en oorbijten, het aantal en de ernst van verwondingen en het activiteitspatroon. Staart- en oorbijten kwam nauwelijks voor bij diepstrooiselsystemen. In het conventionele systeem zijn meer problemen opgetreden. Het aantal verwondingen is minder en de verwondingen zijn vaak minder ernstig bij diepstrooiselsystemen. De mogelijkheden voor wroeten, en voor meer sociale interacties zijn aanwezig. Dieren op diepstrooisel liggen minder dan dieren in hokken met halfroostervloeren. Dit alles tendeeft naar een diervriendelijkere houderij op diepstrooisel. Echter bij een minder goede compostering in het strooisel (te vochtig worden) of te goede compostering (hoge strooiseltemperaturen, hoge ammoniak- en stofconcentraties) of bij hoge omgevingstemperaturen kunnen diepstrooiselsystemen als minder diervriendelijk worden aangemerkt. De effecten van een continu- versus een all in-all out-systeem zijn niet duidelijk geworden in dit onderzoek.

De mineralenbalansen voor fosfor en kalium bleken vrijwel sluitend te zijn. Van de hoeveelheid stikstof die met mest en urine werd uitgescheiden, verdween meer dan 70% (3,0 kg tot 3,6 kg per afgeleverd varken) in

de vorm van stikstof bevattende gassen. Naast 2,9 kg ammoniak per dierplaats per jaar werd ook 1,3 kg lachgas ( $N_2O$ ) per dierplaats per jaar geëmitteerd. Aanvullende technieken zijn nodig om te kunnen komen tot een ammoniakreducerend houderijsysteem. De vochtemissie bedroeg 1500 liter per dierplaats per jaar.

Met een Ecoporsysteem kan de normale hoeveelheid geproduceerde drijfmest per vleesvarken (400 tot 450 liter) met 30 tot 40% verlaagd worden. Met een Envistimsysteem zal de mestvolumereductie maximaal 54% zijn.

Een strooiselbed van 70 tot 85 cm (Ecoporsysteem) kan drie ronden goed functioneren mits de normale dierbezetting wordt aangehouden. Wordt 10 tot 20% meer varkens op het strooisel gehouden dan wordt de gebruiksduur van het strooiselbed verkort met één ronde (33%). Minimaal 60% van het strooisel bed moet vervangen worden om nogmaals drie ronden mee te kunnen. Alle strooisel in één keer vervangen is aan te raden om toch regelmatig (elk jaar of na drie ronden) de mogelijkheid te hebben om te reinigen en te desinfecteren. Een strooiselbed van circa 45 cm (Envistimsysteem) kan twee tot drie ronden functioneren. Tussentijds een klein deel van het strooiselbed vervangen (<25%) is voldoende om de betreffende ronde af te kunnen maken. Verschillende vormen van mechanisatie zijn getest. Het werken met een minikraan bleek in de verschillende afdelingen toch het meest geschikt te zijn.

Onder de huidige omstandigheden zijn diepstrooiselsystemen economisch niet aantrekkelijk vooral door de hoge arbeids-, additief- en strooiselkosten. De kostprijs per afgeleverd vleesvarken neemt met  $f$  41,- tot 48,- (13 tot 15%) toe bij het toepassen van een Envestim- of Ecoporsysteem. Per varken is 75 tot 100% meer arbeid nodig bij diepstrooiselsystemen in vergelijking met een conventioneel systeem. Vergaande mechanisatie maakt het diepstrooiselsysteem minder arbeidsintensief. Echter hoge investeringskosten staan daar tegenover.

Toepassen van diepstrooiselsystemen op grotere schaal in Nederland is niet te verwachten gezien de economische, arbeidstechnische en milieutechnische perspectieven

## SUMMARY

The Netherlands have to deal with environmental problems such as acidification and the amount of slurry (volume and minerals) due to the large number of farm animals reflected to the agricultural utilized area. In the pig husbandry, deep litter systems were introduced to protect the environment and also to improve animal welfare. Since 1989, much research has been conducted in deep litter systems in the Netherlands and also in several other European countries. Deep litter systems are mostly used for fattening pigs (25 to 105 kg live weight).

The Ecopor deep litter system and the Envistim deep litter system (Finnfeeds Ltd.) were introduced and tested on a larger scale in Europe.

In this study, both deep litter systems were compared with a conventional housing system for fattening pigs. Conventionally housed pigs were on a partly slatted partly solid floor with slurry storage under the slats. The research was conducted at the Research Institute for Pig Husbandry at Rosmalen from February 1991 to August 1992. The objective of this study was to examine the effects of deep litter systems on performance, health, welfare, meat quality and the reduction in manure volume and minerals. The more applied part of this research was conducted at the Experimental Pig Husbandry Farm at Sterksel from April 1991 to July 1993. The objective of this study was to examine the effects of different surfaces, continuous versus all in-all out, ammonia, nitrous oxide and moisture emissions, partly or complete replacement of the litter and different mechanisation forms.

At Rosmalen, three identical rooms each equipped with an automatically natural controlled ventilation system (ANCV) were modified.

The control unit was equipped with twelve pens each for 9 pigs (0.7 m<sup>2</sup> per pig place). The floor was partly slatted partly solid with a floor heating system (hot water tubes) in the solid concrete part. The slurry is stored under the complete surface of the room.

The unit with the Ecopor deep litter system contained four pens each for 20 pigs (1.0 m<sup>2</sup> per pig place). The 85 cm deep pit was filled with wood chips. Once a week, the manure produced is buried in the litter at different spots. Thereafter, the surface area (approximately 20 cm) was mixed and a dilution of SEF-c (later SEF-c was replaced by Bactostim), a stimulating additive for the composting processes, was spread out over the litter. Before litter treatment was carried out, pigs of two pens were moved to the other side to allow for free working space.

The unit with the Envistim deep litter system contained four pens each for 20 pigs (1.0 m<sup>2</sup> per pig place). The 50 cm deep pit was filled with sawdust. Once (from 25 to 40 kg live weight) or twice a week (from 40 to 105 kg live weight) the manure produced was spread out over the litter. Thereafter, the litter was mixed and Envistim (powdered) was spread over the the litter. Before litter treatment was carried out, the pigs of two pens were moved to allow for free working space.

The first two months, litter treatment in both litter systems was carried out manually. Afterwards a mini caterpillar was used. The animal activity was recorded twice during a two days period. All pigs were scored for wounds twice. Per batch 40 faeces and 2 litter samples were taken and inspected for parasites and bacteria.

At Sterksel a special unit was designed and built for an Ecopor deep litter system with a 70 cm thick layer. The unit was mechanically ventilated and incoming air could be pre-heated. The unit was equipped with eight pens each with a litter surface of 18 m<sup>2</sup> were in. A perforated pit floor was built to drain the litter system. Litter treatment was carried out as described for the Ecopor system using a mini caterpillar. Ammonia, nitrous oxide and moisture emissions were measured continuously with a Brüel and Kjær 1302 monitor.

At both Experimental farms, the pigs had ad libitum access to feed using dry/wet feeders. Gilts and castrates were mixed. Befo-

re the start of each new batch, the animals were injected with anthelmintics. During the experiments, pigs were treated equal to conventional housed pigs.

At litter removal, samples were taken and analysed for Potassium, Phosphorus and Nitrogen. The removed litter was weighted and the volume was registered. The costs per pig were calculated for deep litter systems compared with a conventional system. No significant differences in performance were stated. Growth per day, feed conversionrate, mortality rate, classification of carcass-type and percentage lean meat were not different for pigs kept on deep litter systems compared with conventionally housed pigs. Moreover, slaughter quality and meat quality were not different.

Animal health parameters as the percentage of lung/liver disorders, number of treated animals and some slaughterhouse measurements, tended to be equal or even better for pigs kept on deep litter systems compared with conventionally housed pigs. No litter sample was positive for parasites, E. Coli and Salmonella, probably due to the high temperature in the litter. More faeces samples from pigs kept on deep litter systems were infected with E. Coli and also with a more serious form of E. Coli. Salmonella or parasites were not detected in the faeces samples. From animal health point of view it is to recommend to leave the pens empty for at least one week after finishing each batch. By high temperatures in the litter, fast reduction of bacteria and parasites could be obtained. Tail or ear biting problems hardly occurred in deep litter systems. In the control unit problems were more serious. The number of pigs with (serious) wounds tended to be lower in deep litter systems. The possibility of rooting and social behaviour was more available in deep litter systems compared with conventional systems. Pigs kept on deep litter systems tended to be more active than conventionally housed pigs.

Deep litter systems appeared to be a more animal friendly husbandry system compared to conventional systems. If the composting activity in the litter was low (the litter was too moisture) or high (high temperature in the litter and high dust and ammonia concentrations) or the ambient temperature was high, deep litter systems appeared to be

less animal friendly.

The influence of continuous versus all-in-all out was not clear.

Almost the total amount of phosphorus and potassium excreted was recovered in the litter. About 70% of the nitrogen excreted was not recovered in the litter. The loss of nitrogen was 3.0 to 3.6 kg per delivered pig. This was due to emissions of some nitrogen containing gases. The ammonia emission was 2,9 kg per pig place per year. Beside this, the nitrous oxide emission was 1,3 kg per pig place per year. An increase of emissions of noxious gases was measured only in deep litter systems. Additional technics are necessary for deep litter systems in the Netherlands to reduce the environmental pollution. The moisture emission was 1500 kg per pig place per year. An Ecopor deep litter system reduced the normal volume of slurry produced per pig (0.4 to 0.45 m<sup>3</sup> per pig) with 30 to 40%. An Envistim deep litter system reduced it with 54% at maximum. The Ecopor deep litter system (70 to 85 cm) could be used for three batches if the normal surface per pig of 1 m<sup>2</sup> was available. An increase of number of pigs with 10 to 20% reduced the using period from the litter bed with one batch (33%). For the Ecopor deep litter system at least 60% of the litter had to be replaced to obtain an using period for another three batches. Complete litter removal could be advised because of cleaning and disinfecting. The Envistim deep litter system could be used for two to three batches. Partly litter replacement of the litter (<25%) during a batch was just enough to finish it. Different mechanisation forms were tested but the mini caterpillar was the most suitable mechanisation form. Per pig 75 to 100% more labour is required for deep litter systems compared with conventional systems. Under the actual Dutch conditions, deep litter systems are not attractive because of the high costs for labour, additives and litter. The costs per finishing pig are raised with Dfl. 41.- to Dfl. 48.- (13 to 15%) by the Envistim and the Ecopor deep litter system. A reduction of labour time is possible by excessive mechanisation of litter treatment. However, high investments are necessary. Therefore, it is not expected that deep litter systems will be used on a large scale in the Netherlands.



# 1 INLEIDING

## INTRODUCTION

Nederland heeft een varkensstapel van ongeveer 14 miljoen stuks die op jaarbasis ongeveer 19 miljoen ton drijfmest produceert. Vooral in concentratiegebieden, in het zuiden en het oosten van Nederland, is een overproductie van drijfmest. Het lage drogestofgehalte in de drijfmest en dus het grote volume van drijfmest maakt transporteren van mest vanuit de overschotgebieden tot een kostbare zaak. Daarom wordt in Nederland door vele instanties gezocht naar mogelijke oplossingen voor de drijfmestproblematiek. Naast de mestvolume-problematiek speelt de verzuringsproblematiek in Nederland (Anonymus, 1989) een belangrijke rol voor de toekomstige ontwikkelingen in de varkenshouderij.

Het diepstrooiselsysteem, waarbij de mest in de stal direct onder de varkens wordt gecomposteerd, zou een oplossing bieden voor zowel het mestvolume- als het verzuringsprobleem. In dit systeem wordt organisch materiaal in de mest afgebroken met behulp van micro-organismen, tot warmte, water en biomassa (bacteriën en schimmels). Doordat bij die processen warmte vrijkomt, wordt het vocht uit de geproduceerde mest en urine verdampt. Het strooisel in de putten zal minimaal 1,5 jaar in de stal (circa vijf ronden vleesvarkens) moeten blijven waarna een deel van het strooisel vervangen zou moeten worden.

Diepstrooiselsystemen zijn al sinds 1989 in Nederland op de markt. De meest voorkomende systemen zijn het Ecopor-diepstrooiselsysteem en het Envistim-dikstrooiselsysteem, beiden voor vleesvarkensbedrijven.

De verschillen tussen de systemen betreffen het soort strooisel, de manier en frequentie van bewerken van het strooiselbed, de dikte van de strooisellaag en het soort toegevoegde additief ter bevordering van de compostering.

Het diepstrooiselsysteem claimt de volgende voordelen: een lager mestvolume, lagere ammoniakconcentraties, lagere stofconcentraties, een lager energieverbruik (overwegend natuurlijke ventilatie), minder stank, een betere vleeskwiteit en een verhoogd welzijn voor de varkens.

Mogelijke nadelen van het nieuwe houderijsysteem zijn onder andere de arbeidsbehoefte, de arbeidsomstandigheden, diergezondheid, extra kosten voor onder andere strooisel en additief en de beheersbaarheid en sturing van de processen.

Het diepstrooiselsysteem voor vleesvarkens lijkt gezien de geclaimde voordelen, gunstige perspectieven voor de Nederlandse varkenshouderij te bieden. In de periode 1990-1992 is het onderzoek aan een Ecopor-diepstrooiselsysteem op praktijkbedrijven uitgevoerd. Vanuit het Proefstation voor de Varkenshouderij en de firma Ecopor B.V. werden de bedrijven begeleid. Op 20 praktijkbedrijven met een Ecopor-diepstrooiselsysteem werden de technische resultaten, gezondheid, het functioneren van het diepstrooiselsysteem en andere praktische ervaringen vastgelegd.

Op het Proefstation voor de Varkenshouderij is begin 1991 een start gemaakt met onderzoek aan een Ecopor- en een Envistim-diepstrooiselsysteem. Beide systemen zijn vergeleken met een traditioneel vleesvarkenshouderijsysteem.

Op het Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland" te Sterksel hebben sinds april 1991 een aantal praktijkgerichte onderzoeken, waaronder mechanisatie-onderzoek plaatsgevonden.

De belangrijkste onderzoeksvragen waren:

- Heeft een diepstrooiselsysteem invloed op de technische resultaten op een vleesvarkensbedrijf en hoe groot zijn deze?
- Hoe groot zijn de milieuvoordelen die behaald kunnen worden met diepstrooiselsystemen (ammoniakemissie en mestvolume)?
- Heeft een diepstrooiselsysteem invloed op de gezondheid en gedrag/welzijn van vleesvarkens?

In dit verslag zijn de resultaten en ervaringen vastgelegd die op beide onderzoekslocaties hebben plaatsgevonden.

## 2 ACHTERGRONDEN BACKGROUNDS

### 2.1 Diepstrooiselsysteem

Het systeem komt oorspronkelijk uit Taiwan en Japan. Een diepstrooiselsysteem kan worden beschreven als: het houden van vleesvarkens op een minstens 30 cm dikke strooisellaag waarop gemest en geurineerd wordt. Eén- of tweemaal per week wordt de geproduceerde mest ingegraven in de strooisellaag en/of gemengd met de strooisellaag. De mest (stikstofrijk) wordt naast de koolstof uit het strooisel (koolstofrijk) gebruikt om microbiologische composte-ringsprocessen in gang te zetten. Daarbij komen onder andere warmte, water, kool-stofdioxide, ammoniak en vele andere gas-sen vrij. Ter bevordering van composte-ringsprocessen wordt wekelijks een, speci-aal voor deze systemen ontwikkeld, additief toegediend aan het bewerkte strooisel bed. Na 1,5 tot 2 jaar wordt een deel van het strooisel vervangen door nieuw strooisel. Als strooiselmateriaal wordt in Nederland gebruik gemaakt van 100% dennehoutsnip-pers of dennehoutzaagsel.

### 2.2 Compostering

De definitie van composteren is: biologische afbraak van organisch materiaal in een vochtige, warme en zuurstofrijke omgeving. Op microschaal vinden ook processen onder zuurstofarme omstandigheden plaats. Organisch materiaal dient als voedsel voor bacteriën, schimmels en andere micro-organismen. Door afbraak van het orga-nisch materiaal wordt het gehalte aan mine-ralen automatisch hoger doordat gewicht en mestvolume afnemen. Vooral onder zuur-stofrijke omstandigheden komt veel warmte vrij die gebruikt wordt voor de verdamping van vocht. De temperatuurstijging zorgt weer voor een verhoging van de bacterie-activiteit, waardoor de afbraak van orga-nisch materiaal sneller verloopt. Een heel belangrijke voorwaarde is dat er voldoende zuurstoftoevoer plaatsvindt. Micro-organis-men verbruiken in het beginstadium van compostering de makkelijk afbreekbare sui-kers en zetmeel en pas daarna andere,

moeilijker afbreekbare C-verbindingen (Hansen et al., 1989).

### 2.3 Invloedsfactoren

#### Temperatuur

De temperatuur in het strooisel is bepalend voor het verloop van het proces en ook voor de instandhouding van het proces. Afbraak van organisch materiaal brengt een tempe-ratuurverhoging met zich mee, waarbij bepaalde vormen van micro-organismen de afbraakprocessen bepalen. Bertoldi et al. (1987) geeft aan dat de activiteit van micro-organismen toeneemt tussen 28-55°C. De maximale afbraaksnelheid van organisch materiaal ligt tussen 55-60°C (COLA, 1987). Hogere temperaturen zorgen voor zelfdo-ding van diverse micro-organismen.

#### Vochtgehalte

Voor micro-organismen is het noodzakelijk dat voedingsstoffen zijn opgelost in water. Voor een goed composte-ringsverloop is een bepaalde vochtigheid nodig. Een te laag vochtgehalte werkt remmend. Een te hoog vochtgehalte zorgt voor een zuurstoftekort, wat ongewenste zuurstofarme omzettings-processen met zich mee kan brengen (zoals geurvorming). Aangaande de optima-le vochtigheidspercentages vermeldt de literatuur verschillende waarden: 50-60% (Poincelot, 1975), 50-70% (COLA, 1987) en 35-60% (Olde Olthuis en Ros, 1989). Dit geeft aan dat een vrij grote variatie in voch-tigheidspercentage mogelijk is waarbij toch een goede compostering plaatsvindt. De structuurtextuur van de droge stof bepaalt mede bij welk droge-stofgehalte nog vol-doende zuurstof in het systeem kan door-dringen

#### C/N-verhouding

De C/N-verhouding wordt bepaald door enerzijds het strooisel (koolstofrijk) en anderzijds de mest (stikstofrijk). Belangrijk voor compostering is vooral de beschikbare stikstof en koolstof uit het organische mate-riaal. De C/N-verhouding verandert continu door de afbraak van mest en strooisel,

waardoor CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, en andere stikstofverbindingen uit het systeem kunnen verdwijnen. Een te lage C/N-verhouding leidt tot extra NH<sub>3</sub>-emissie omdat er te weinig koolstof is om dit te binden. Een te hoge verhouding remt de groei van micro-organismen door gebrek aan stikstof. De C/N-verhouding is afhankelijk van de mate waarin de koolstof beschikbaar is. In de literatuur worden verhoudingen van 25 tot 35 (Olde Olthuis en Ros, 1989) en 20 (Poincelot, 1975) als optimaal aangegeven. Varkensmest heeft een C/N-verhouding van ongeveer 13 volgens Olde Olthuis en Ros (1989) en 4,4 volgens Van Faassen (1992), zodat voor goede compostering een koolstofbron bijgemengd moet worden. Singley et al. (1975) heeft in een composteringsproef met varkensmest geen temperatuurstijging verkregen zonder toediening van een koolstofbron. Lo et al. (1993) verkregen na scheiding van mest een vaste fractie met een C/N-verhouding van 16 tot 20. Deze fractie composteerde zonder beluchting of toevoeging van stro of zaagsel.

#### Zuurstofgehalte

Het zuurstofverbruik is een indicator voor de snelheid van het composteringsproces (Olde Olthuis en Ros, 1989). Volgens dit onderzoek moet 5-10 vol% O<sub>2</sub> in de gasfase van de composthoop voorkomen. Bij een lagere zuurstofspanning worden zuurstofarme omzettingen gestimuleerd en kan stank, waaronder H<sub>2</sub>S ontstaan (Van Faassen, 1992).

#### 2.4 Vergelijking composteringssysteem en diepstrooiselsysteem

Veel kennis over en ervaring met composteringsprocessen is afkomstig van de productie van compost voor champignoncultures. Daarbij wordt aan een bepaalde hoeveelheid koolstofbron een bepaalde hoeveelheid mest toegevoegd, gemengd en gecomposteerd. Op de volgende onderdelen is de situatie bij diepstrooiselsystemen verschillend:

- Aan een grote koolstofbuffer worden continu verse mest en urine toegediend. Hierdoor wordt het composteringsproces continu beïnvloed.
- Er wordt wekelijks een composteringsbe-

vorderend additief toegediend.

- Groeiende varkens produceren een steeds toenemende hoeveelheid mest en urine.
- Relatief weinig strooiseloppervlak is beschikbaar voor gas- en warmte-uitwisselingen en dit verandert continu als gevolg van de groei van varkens.
- Zwaarder wordende varkens veroorzaken een toenemende druk op het strooisel waardoor deze steeds compacter wordt. Varkens mesten meestal op vaste plaatsen, zodat plaatselijke overbelasting van het strooisel bed optreedt. Daarnaast heeft ingraven van mest tot gevolg dat ook plaatselijk een tijdelijke overbelasting optreedt.

Eén- of tweemaal per week wordt maar een klein gedeelte van het gehele strooisel bed rul gemaakt (vrij oppervlakkige bewerking).

Het verouderen van het strooiselbed heeft tot gevolg dat composteringsprocessen steeds trager gaan verlopen. Daardoor neemt de warmteproductie af en daalt de verdamping waardoor het strooisel vochtiger wordt etcetera.

#### 2.5 Richtlijnen voor diepstrooiselsystemen

Twee verschillende strooiselsystemen zijn in dit onderzoek betrokken. Beide systemen vragen om specifieke omstandigheden en bewerkingsvormen. De richtlijnen zijn en worden nog steeds aangepast aan de hand van resultaten uit het onderzoek en de praktijk.

##### 2.5.1 Ecopor-diepstrooiselsysteem

Het Ecopor-diepstrooiselsysteem is sinds 1988 op de markt. Het strooiselsysteem dient minimaal 70 cm dik te zijn en te bestaan uit Ecoporsnippers (grof strooisel van dennehout). De put waarin het zaagselbed wordt aangebracht moet uiteraard waterdicht en geïsoleerd zijn. Per vierkante meter strooiseloppervlak kan één vleesvarken gehouden worden. Meestal worden koppels van ± 20 dieren in een hok gehouden om het wekelijks terugkerende bewerken van het strooiselbed efficiënter te kunnen uitvoeren. Afdelingen van 200 vleesvarkens en verschillende leeftijdscategoriën zijn niet bezwaarlijk, daar reinigen van hok-

ken na een mestronda niet mogelijk is. De stallen kunnen natuurlijk geventileerd zijn, mits voldoende volume in de stal aanwezig is en de dakhelling groter is dan 25°. Mechanische ventilatie is mogelijk indien de luchtinlaat ruim voldoende is en minimaal 100 m<sup>3</sup>/lucht/vleesvarken/uur afgevoerd kan worden. Een verwarming is niet direct noodzakelijk. Echter bij een afdelingstemperatuur van minder dan 10°C (in vleesvarkensstallen) moet bijverwarming plaatsvinden. Dit is om betere technische resultaten te krijgen en om meer vocht af te voeren. De bewerking van het strooiselbed dient wekelijks zeer nauwkeurig te worden uitgevoerd. De mesthoek moet worden verwijderd en op een wisselende plaats in het bed minstens 20 cm diep worden ingegraven. Over de ingegraven mest dient wekelijks de helft van het composteringsbevorderende additief (1,5 ml/m<sup>2</sup>/week SEF-c of het later verschenen Bactostim) te worden verspreid. Het restant wordt over het strooiseloppervlak verspreid. Daarna wordt de bovenlaag (20 cm) van het strooisel los gemaakt. Bij opleg van een nieuwe ronde varkens dienen de varkens te worden ontwormd. Indien veterinaire behandelingen noodzakelijk zijn geniet een individuele behandeling (injectie) de voorkeur boven een koppelbehandeling. Bij koppelbehandelingen worden antibiotica door het drinkwater of door het voer gemengd. Beide kunnen vermorst of onverteerd weer uitgescheiden worden waardoor bacteriën en schimmels in het strooisel (tijdelijk) geïnactiveerd kunnen worden.

#### 2.5.2 Envistim-dikstrooiselsysteem

Het Envistim-dikstrooiselsysteem is sinds 1989 op de markt. Het strooiselsysteem dient minimaal 40 tot 50 cm dik te zijn en te bestaan uit vers grof zaagsel (dennehout); de optimale deeltjesgrootte ligt tussen 2 en 4 mm. Het droge-stofgehalte moet bij de start circa 50% zijn en in de loop van het proces niet hoger dan 60% en niet lager dan 35% worden. De temperatuur in het strooisel op 10 cm diepte hoort te liggen tussen 30°C en 45°C. De put waarin het zaagsel bed wordt aangebracht moet uiteraard waterdicht en geïsoleerd zijn. Per vierkante meter strooiseloppervlak kan één vleesvarken gehouden worden. De stallen kunnen natuurlijk geventileerd zijn, echter

mechanische ventilatie wordt aanbevolen. Verwarming is nodig om de temperatuur in de afdeling niet lager te laten worden dan 14°C. De bewerking van het bed moet één keer per week uitgevoerd worden totdat de varkens een levend gewicht van circa 40 kg bereikt hebben. Daarna wordt twee keer per week bewerken van het strooiselbed aangeraden. De mest wordt over het strooiseloppervlak verspreid. Daarna wordt de strooisellaag (20-25 cm) met daarop de verspreide mest omgezet, waardoor de structuur van het strooisel luchtiger wordt. Na het bewerken wordt het additief (40 gram Envistim per m<sup>2</sup>) over het strooisel gedoseerd. Het strooiselbed kan tenminste vier mestronden functioneren mits nieuw strooisel wordt toegevoegd om het niveau te kunnen behouden.

### 3 MATERIAAL EN METHODE MATERIAL AND METHOD

Dit onderzoek is deels uitgevoerd op het Varkensproefbedrijf te Rosmalen (PV) en deels op het Varkensproefbedrijf te Sterksel (VPB-S).

In Rosmalen heeft van februari 1991 tot augustus 1992 een vergelijking van een Ecopor-diepstrooiselsysteem en een Envis-tim-diekstrooiselsysteem met een traditioneel houderijsysteem plaatsgevonden. In Sterksel heeft het onderzoek gelopen van april 1991 tot juli 1993. Daarbij zijn diverse aspecten van het Ecoporsysteem getest.

#### 3.1 Uitvoering onderzoek Rosmalen

Het onderzoek op het proefbedrijf in Rosmalen is uitgevoerd in drie afdelingen voor vleesvarkens: twee strooiselafdelingen voor 80 vleesvarkens (1 m<sup>2</sup> per varken) en één traditioneel ingerichte afdeling voor 108 vleesvarkens (0,7 m<sup>2</sup> per varken).

##### 3.1.1 Onderzoekspunten

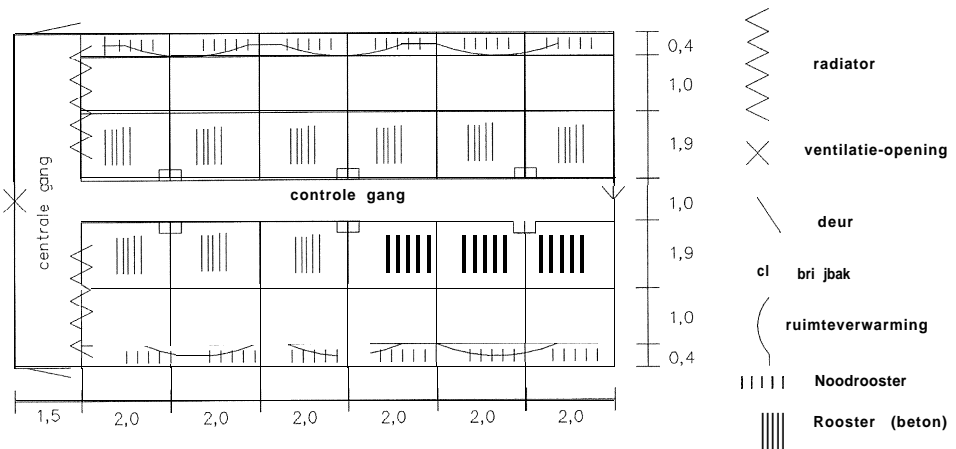
In dit onderzoek zijn de effecten van diepstrooiselsystemen op de volgende aspecten onderzocht:

- 1 technische resultaten;
- 2 mestvolume en -kwaliteit;

- 3 gezondheid en welzijn van dieren;
- 4 slacht- en vleeskwiteit;
- 5 bedrijfsmatige ervaringen.

##### 3.1.2 Huisvesting

De drie afdelingen waren wat betreft de afmetingen en het ventilatiesysteem identiek. Iedere afdeling was 12,0 m lang en 7,6 m breed. In het midden van een afdeling lag over de gehele lengte een controlegang van 1,0 m breed. Langs de controlegang waren de 1,0 meter hoge hokafdelingen compleet gesloten. De afscheiding tussen de centrale gang en de afdeling bestond uit 1,5 meter hoge muren. De centrale gang was 1,5 m breed. Alle afdelingen waren natuurlijk geventileerd. In de nok was een beweegbare klep gemonteerd. In de centrale gang en de achterwand van de afdeling waren, op de hoogte van de controlegang, openingen (0,95 m bij 0,9 m), die door kleppen traploos gesloten en geopend konden worden. Het berekenen en veranderen van klepstanden werd volautomatisch uitgevoerd middels een ACNV-systeem (Automatisch Corrigerend Natuurlijk Ventilatiesysteem). Dit systeem werd geregeld aan de hand van de afdelingstemperatuur, die



Referentie-afdeling

Figuur 1: Plattegrond van de referentie-afdeling  
Figure 1: Ground-plan of the reference unit

gemeten werd met een temperatuurvoeler. In bijlage 1 staan de klimaatinstellingen weergegeven. De mogelijkheid om over te schakelen op mechanische ventilatie was bij alle afdelingen aanwezig. Op de muur tussen de afdeling en de centrale gang zijn radiatoren geplaatst die voor opwarming van de binnenkomende lucht aan die zijde van de afdeling zorgen. Als ruimteverwarming zijn kasverwarmingsbuizen aangebracht langs de afdelingsmuren.

### Referentiesysteem

Deze afdeling bestond uit 12 hokken, elk met negen vleesvarkens. Elk hok was 2,0 m breed en 3,3 m diep. De vloer bestond uit een groot rooster (1,4 m) tegen de controle-gang, een bolle dichte vloer (1,3 m) met vloerverwarming en een noodrooster (0,6 m) tegen de afdelingsmuur.

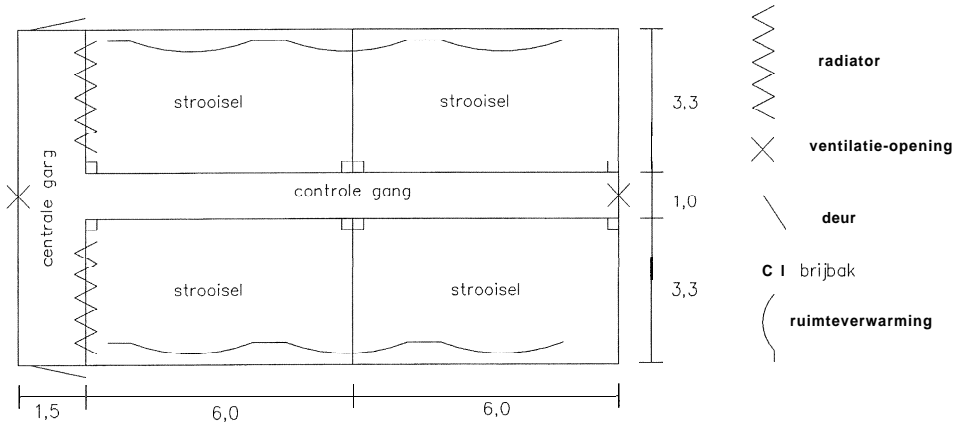
De roosters waren van beton met een balkbreedte van 10 cm en een spleetbreedte van 2 cm. Het netto oppervlak per dierplaats bedroeg 0,7 m<sup>2</sup>. Per hok was een brijbak in een hoek aan de controlegang geplaatst. De hokafscheiding was alleen ter plaatse van het grote rooster voorzien van spijlen. De overige hokinrichting was compleet dicht uitgevoerd. De putdiepte bedroeg 1,0 m. Per ronde werd de mest

afgevoerd naar een centrale mestopslag. De afdeling was volledig onderkelderd, zonder toepassing van stanksloten.

### Strooiselsys temen

De beide afdelingen waren vrijwel identiek uitgevoerd en bestonden uit vier hokken, elk met 20 vleesvarkens. Elk hok was 6,0 m breed en 3,3 m diep. Tussen twee hokken was een 1,0 m hoog hekwerk gemaakt met een beweegbaar voorzethek. Dit was om te voorkomen dat dieren onder het hek door zouden kruipen indien het strooiselniveau in de putten daalde. Per hok was een beweegbaar hek gemaakt om dieren in één hokhelft op te kunnen sluiten. De putdiepte bij de afdeling met het Ecopor-diepstrooiselsysteem bedroeg 0,85 m. Bij de afdeling met het Envistim-dikstrooiselsysteem bedroeg de putdiepte 0,5 m. Per hok waren twee brijbakken geplaatst elk op een betonnen plaat van 1,5 m lang en 0,5 m breed. In de buitenmuur zijn twee toegangsdeuren gemaakt van 1,1 m breed en 2,0 m hoog om een mini-kraan toegang te kunnen verschaffen.

3.1.3 Voeding en drinkwaterverstrekking  
Vanaf opleg zijn de dieren gevoerd met startkorrel (EW = 1,06) tot een gewicht van ± 45 kg. De minerale samenstelling per kg startvoer tot juli 1991 bedroeg: 28,16 gram



## Diepstrooiselafdelingen

Figuur 2: Plattegrond van de beide strooiselafdelingen  
Figure 2: Ground-plan of the lifter units

stikstof, 5,8 gram fosfor, 10 gram kalium en 88% droge stof. Vanaf juli 1991 is het fosforgehalte per kg startvoer verlaagd tot 4,9 gram (Van den Bosch, 1992).

In één dag is overgeschakeld op afmestvoer (EW = 1,03). De minerale samenstelling per kg afmestvoer tot juli 1991 bedroeg: 25,92 gram stikstof, 5,0 gram fosfor, 14 gram kalium en 88% droge stof. Vanaf juli 1991 is het fosforgehalte per kg afmestvoer verlaagd tot 4,6 gram (Van den Bosch, 1992).

Middels brijbakken konden de varkens onbeperkt voer en drinkwater opnemen. Dagelijkse controle van de brijbakken heeft plaatsgevonden. Het voerverbruik is per hok vastgelegd.

#### 3.1.4 Proefindeling en proefomvang

In de drie afdelingen zijn de vleesvarkens zoveel mogelijk gelijktijdig opgelegd. Er was een maximaal verschil in oplegdatum van twee weken tussen de afdelingen. De biggen zijn gemengd naar sexe (zeug of borg), kruisingstype en gewicht (tussen 20 en 29 kg) opgelegd. De spreiding in opleggewicht is zo klein mogelijk gehouden. Alle dieren in deze proef zijn bij opleg geïnjecteerd met 3 cc Ivomec, ter voorkoming van endo- en ectoparasieten. Daarnaast kregen de dieren bij opleg 1 cc Stressnil toegediend om agressie te verminderen.

#### 3.1.5 Werkzaamheden Standaardhandelingen

In alle afdelingen zijn gelijke standaardbedrijfsprocedures gevolgd ten aanzien van het uitvoeren van veterinaire behandelingen, standaardtentingen, controlewerkzaamheden en het afleveren van slachtrijpe vleesvarkens. De referentie-afdeling is na het beëindigen van een mestronda gereinigd.

#### Extra handelingen

In de beide diepstrooiselafdelingen is volgens de richtlijnen van de verschillende systemen gewerkt. Eén helft van de afdeling is voor bewerking steeds vrijgemaakt door dieren te verplaatsen. Twee groepen dieren zijn verplaatst naar een hokhelft aan de andere kant van de controlegang. Na het bewerken zijn alle dieren naar de bewerkte hokken verplaatst waarna de andere stal-

helft is bewerkt. Na beëindigen van de strooiselbedbewerkingen zijn de varkens in hun eigen hok terug geplaatst. Na beëindigen van één mestronda zijn de betonnen gangen in de afdelingen schoongespoten en is het stof van de inrichting verwijderd. Daarna is het strooiselbed nog één keer grondig doorgewerkt en indien het strooiselniveau te laag was, is strooisel bijgevoerd.

#### 3.1.6 Verzameling gegevens

##### Groei- en slachtinggegevens

Per ronde zijn alle dieren gewogen bij opleg, op 4 en 11 weken na opleg en bij afleveren om extra informatie te krijgen over een mogelijk verschil in groeipatronen tussen de systemen. Bij afleveren zijn de levende gewichten van de dieren standaard vastgelegd. Vanuit het slachthuis zijn IKB-gegevens aangeleverd. Van de eerste, de tweede en de derde ronde zijn per afdeling bij 16 geslachte varkens extra slacht- en vleeskwaliteitswaarnemingen gedaan. Deze waren: gangbare slachtinggegevens volgens IKB, ribwandscore, pH na 1 uur in bovenbil, pH na 24 uur in bovenbil, kleur volgens de Japanse kleurschaal, dripverlies na 24 uur bij 0°C, intramusculair vetgehalte en vlees- en spekdikte. Daarnaast is in het slachthuis de inhoud van de magen geïnspecteerd op aanwezigheid van zaagsel en is het gevulde en lege gewicht van de magen bepaald.

##### Gezondheidsgegevens

De veterinaire behandelingen en de reden ervan zijn per afdeling volgens een standaardmethode vastgelegd in een logboek. Tijdens de eerste mestronda zijn op 4 en 11 weken na opleg en bij afleveren, 10 mestmonsters per afdeling genomen. Per monster zijn analyses uitgevoerd op de aanwezigheid van coccidiën, *Serpulina Hyodysenteriae* (*Treponema*) en parasieteneieren. Per afdeling is één mengmonster gemaakt en geanalyseerd op *Salmonella* en *Escherichia Coli*. Tijdens de volgende rondes zijn, op 11 weken na opleg, 40 mestmonsters per afdeling genomen. Elk monster is geanalyseerd op *E. Coli* en *Treponema* en de mengmonsters zijn geanalyseerd op coccidiën, parasieteneieren en *Salmonella*. Per strooiselsysteem zijn per ronde twee strooiselmonsters geanalyseerd op bacte-

riegroeiremmende stoffen, Salmonella, E.Coli, coccidiën en parasieteneieren. De mest- en strooiselmonsters werden direct gekoeld en dezelfde dag aangeboden bij de "Gezondheidsdienst voor Dieren in Zuid-Nederland" te Boxtel. Daarnaast zijn vijf gestorven dieren aangeboden voor sectie.

### *Gedraggegevens*

In de derde ronde zijn in alle afdelingen video-opnamen gemaakt van het gedrag van de dieren van een aselekt gekozen hok. Op 4 en 8 weken na opleg zijn gedurende 2,5 dag per afdeling opnamen gemaakt. 's Nachts heeft de verlichting gebrand om opnamen mogelijk te maken. De opnamen van de eerste dag zijn niet geanalyseerd in verband met gewenning aan de continue verlichting. Van de tweede dag is elk kwartier genoteerd hoeveel dieren lagen of stonden. Indien een dier aan de voerbak stond is genoteerd hoeveel minuten de bezoektijd duurde.

Het schatten van mogelijke welzijnsverbeteringen door diepstrooiselsystemen is moeilijk (Buré, 1980). Eén van de parameters waarmee welzijn is te meten, is de mate van huidbeschadigingen volgens de Ekesbo-methode. Volgens deze methode zijn tijdens de derde en vierde ronde van het diepstrooiselonderzoek de dieren uit de diepstrooiselsystemen twee keer beoordeeld op de mate en ernst van huidbeschadigingen. In de referentie-afdeling zijn alle dieren uit zes verschillende hokken twee keer, op dag 5 en dag 80 na opleg, beoordeeld. Er is bij de waarnemingen onderscheid gemaakt tussen de plaats waar het dier was beschadigd (voorhand, middenhand, achterhand) en de mate van de beschadiging. Daarbij is een score van de waarde 0 (geen beschadigingen) tot de waarde 5 (zeer ernstige beschadigingen) gehanteerd. Ook de mate waarin staart- en oorbijten optreedt en wroetgedrag kan worden uitgevoerd is een indicatie voor het dierwelzijn (Van Putten, 1967).

### *Klimaatgegevens*

In alle afdelingen zijn elke twee weken de ammoniak- en koolstofdioxideconcentraties op dierniveau vastgelegd met behulp van Drager-gasdetectiebuisjes. In de natuurlijk geventileerde afdelingen zijn gedurende

een periode van een aantal weken continue gasemissies vastgelegd met behulp van B&K 1302 monitor. Er is 21 dagen continu een bepaalde hoeveelheid tracergas (dit gas is normaliter niet aanwezig in de stallucht) in een afdeling gedoseerd. Door de concentratie in de stallucht opnieuw te meten is een inschatting te maken van de ventilatiehoeveelheid (Van 't Klooster et al., 1992). In eerste instantie zou lachgas ( $N_2O$ ) als tracergas gebruikt worden. Echter tijdens indicatieve metingen bleek dat lachgas uit strooiselsystemen vrijkwam. Lachgas blijkt belastend te zijn voor het milieu, het is één van de broeikasgassen (Goossens en Meeuwissen, 1990). Daarom werd SF6 als tracergas gebruikt. De temperatuur ( $^{\circ}C$ ), ammoniak-, lachgas- en vochtconcentraties ( $mg/m^3$ ) zijn vastgelegd en de emissies berekend (g/dag).

### *Strooiselbedgegevens*

Twee- tot driemaal per week is de temperatuur in het strooisel op circa 10 cm onder het oppervlak vastgelegd. Eénmaal per week is de temperatuur op 10 cm boven de bodem gemeten tijdens het ingraven van mest bij het Ecoporsysteem. Daarnaast zijn per afdeling elke twee weken de volgende metingen verricht:

- Temperatuur op 10, 20, 30, 40 en 50 cm diepte in het strooisel met behulp van een digitale, geijkte temperatuurmeter.
- Droge-stofgehalte van strooisel uit twee hokken. Na afwegen van een hoeveelheid strooisel zijn de monsters 24 uur in een droogstoof op  $105^{\circ}C$  geplaatst. Daarna zijn de monsters weer gewogen en is het droge-stofgehalte berekend.
- Zuurstofgehalte op 10, 20, 30, 40 en 50 cm diepte. Daartoe is een sonde in het strooisel gestoken waardoor een luchtmonster uit een strooisellaag is aangezogen. De aldus aangevoerde lucht is via een zuurstofmeetcel geanalyseerd op het volumepercentage zuurstof.

### *Chemische samenstelling strooisel*

Per afdeling zijn elke maand twee strooiselmonsters op chemische samenstelling geanalyseerd. De strooiselmonsters zijn verkregen door op negen plaatsen in het strooisel bed een steekmonster, met behulp van een gutsboor, te nemen en goed te



mengen. Daarna zijn de monsters in luchtdicht afgesloten plastic potten gedaan en direct ingevroren. In bevroren toestand zijn de monsters aangeleverd bij het Milieulaboratorium van het IMAG-DLO te Wageningen. De analyses zijn uitgevoerd volgens gestandaardiseerde methodes. Elk monster is geanalyseerd op: kaliumgehalte, fosforgehalte, totaal stikstofgehalte, pH, ammoniumgehalte, nitrietgehalte, nitraatgehalte, droge-stofgehalte en het percentage anorganische stof in de droge stof.

Het percentage koolstof is op de volgende manier berekend (Poincelot, 1975):

$$\%C = (100\% \text{ anorganische stof in de droge stof}) / 1,8.$$

Het percentage stikstof is op de volgende manier berekend:

$$\%N = (\text{Totaal N (gram/kg)} / \text{droge stof (gram/kg)}) * 100\%.$$

De C/N verhouding is op de volgende manier berekend:

$$C/N = \%C / \%N.$$

### *Deeltjesgrootte*

Van nieuw strooisel en strooisel aan het eind van de eerste, tweede en derde ronde zijn de verdelingen van de deeltjesgroottes bepaald. Daartoe is ongeveer 10 liter strooisel gebruikt. Na monsternamen is het strooisel gedroogd aan de lucht. Voor het bepalen van de deeltjesgrootte is gebruik gemaakt van een schudapparaat met diverse zeefplaten. Per monster is bepaald hoeveel procent van het totale gewicht van het monster terug te vinden is in de diverse zeeffracties. De deeltjesgroottes zijn verdeeld in de volgende zeven categorieën: < 1 mm, 1 tot 2 mm, 2 tot 4 mm, 4 tot 8 mm, 8 tot 16 mm, 16 tot 30 mm en > 30 mm. Hiermee is de verandering in de structuur van strooisel in de loop van het onderzoek vastgesteld.

### *Hoeveelheid strooisel*

Het totale gebruikte volume en gewicht van het nieuwe strooisel is genoteerd. Tijdens het afvoeren van oud strooisel zijn per afdeling twee mengmonsters van het strooisel genomen. Daarnaast is het gewicht en het volume van het afgevoerde strooisel bepaald. Per afgevoerde container is het

netto gewicht van het strooisel bepaald op een weegbrug. De reductie van het mestvolume is berekend door de mestproductie in de referentie-afdeling vast te stellen. Daartoe is het verschil in drijfmestniveau voor en na één afmestronde bepaald.

### *Mineralenbalansen*

Van de beide diepstrooiselsystemen zijn mineralenbalansen opgesteld. De mineralen-input bestond uit nieuw strooisel en voer. Voor beide diepstrooiselsystemen is met 1 kg strooisel 0,75 gram stikstof, 0,04 gram fosfor en 0,25 gram kalium aangevoerd. De mineralen-output bestond uit slachtrijpe varkens, uitgevallen dieren, afgevoerd strooisel en ventilatielucht (alleen stikstof). Het verschil tussen input en output van fosfor en kalium moest nagenoeg nul zijn. Voor stikstof was het verschil toe te schrijven aan de emissies van ammoniak, lachgas, stikstofgas en stikstofmonoxide. De output van mineralen met strooisel is berekend door het aantal kg strooisel te vermenigvuldigen met de minerale samenstelling van het afgevoerde strooisel. De output met slachtrijpe varkens is berekend door het aantal te vermenigvuldigen met de gemiddelde aanzet van mineralen in het varken tijdens de groeiperiode. Coppoolse et al. (1990) bepaalden dat per vleesvarken van 25 kg tot 106 kg gemiddeld 1,86 kg stikstof, 0,40 kg fosfor en 0,16 kg kalium aangezet wordt. Bij de output met uitgevallen dieren is aangenomen dat 10% van de hoeveelheid mineralen van een slachtrijp varken werd aangezet. Per uitgevallen dier is dus gerekend met een mineralen output van 0,186 kg stikstof, 0,04 kg fosfor en 0,016 kg kalium.

### *Arbeid*

Bij aanvang van de proef is in eerste instantie handmatige bewerking van het strooiselbed uitgevoerd door eigen personeel. De arbeidstijd van alle handelingen die nodig zijn bij het bewerken van het strooiselbed zijn bepaald. Na ongeveer twee maanden is overgestapt op bewerken met een mini-kraan bestuurd door ervaren personeel. Door Roelofs et al. (1993) zijn van beide bewerkingsmethodes gedetailleerde tijdstudies gemaakt. Daarnaast hebben zij de arbeidsomstandigheden tijdens het bewerken van het strooisel vastgelegd. Extra aan-

dacht is gevestigd op het inbrengen en uithalen van het strooisel. Vastgesteld is hoeveel tijd en welk materieel daarvoor extra nodig was. De hiervoor te maken kosten zijn berekend als mestkosten.

### 3.2 Uitvoering onderzoek Sterksel

#### 3.2.1 Onderzoekspunten

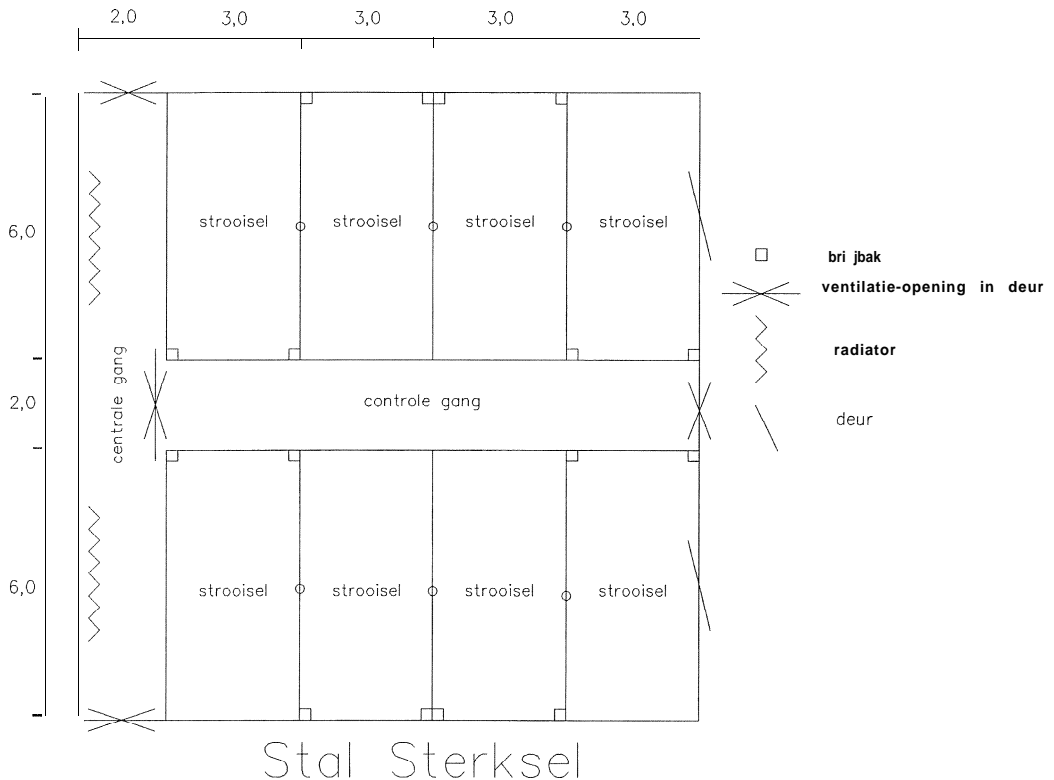
Vooral bedrijfsmatige ervaringen zijn opgedaan en speciaal zijn onderstaande aspecten belicht:

- 1 De invloed van een hogere dierbezetting dan de gangbare norm (1dier/m<sup>2</sup>) op de composterende werking van het diepstrooiselsysteem.
- 2 Toepassen van een continu systeem of all in-all out-systeem bij opleggen en afleveren van de varkens.
- 3 Invloed van gehele of gedeeltelijke vervanging van het strooiselbed op de composterende werking.

- 4 Mogelijkheden tot mechanisatie van het bewerken van het strooisel. Dit onderzoek heeft deels in Sterksel gelopen en deels in de praktijk. Dit is uitgevoerd in samenwerking met het IMAG-DLO.
- 5 Het vaststellen van gasemissies bij een diepstrooiselsysteem.

#### 3.2.2 Huisvesting

De stal van 14 m lang en 14 m breed is verdeeld in acht hokken, die elk 3 m breed en 6 m lang waren. De hokafscheiding is in twee delen gemaakt en bestond uit twee draaibare hekken en één standpaal. Mechanische ventilatie vond plaats door middel van vier ventilatoren, elk met een doorsnede van 45 cm. Alle ventilatoren waren uitgerust met een meetventilator. Behalve op de staltemperatuur is de ventilatie ook gestuurd op de relatieve luchtvochtigheid in de stal. In bijlage 8 zijn de klimaatinstellingen voor deze stal weergegeven. De luchtinlaat was deels indi-



Figuur 3: Plattegrond strooiselstal in Sterksel  
 Figure 3: Ground-plan litter unit at Sterksel

rekt en deels direkt. De indirecte luchtinlaat vond plaats via variabele openingen (in totaal maximaal 0,76m<sup>2</sup>) in twee deuren aan weerszijde van de 2 m brede centrale gang. Via een variabele opening in de afdelingsdeur (van maximaal 0,97m<sup>2</sup>), kwam de verse lucht in de controlegang van de stal. Directe luchtinlaat vond plaats via een verstelbare opening in een dubbele buitendeur (maximaal 1,22m<sup>2</sup>) op de controlegang. In figuur 3 is een plattegrond van de stal weergegeven.

Voorverwarming van binnenkomende lucht was alleen mogelijk op de centrale gang door middel van twee radiatoren met thermostaatkranen.

De spouwmuuren, het dak en de putten van de stal zijn geïsoleerd. De putten zijn 70 cm diep. In de putbodem zijn p.v.c.-drainbuizen aangelegd om overtollig vocht uit het strooiselbed af te voeren naar een put onder de controlegang. Het strooiselvocht kon via in de putbodem geboorde gaten in de drainbuizen lopen. In de ene stal helft zijn 29 drainbuizen met een doorsnede van 11 cm op een onderlinge afstand van 40 cm aangelegd. In elke drainbuis zijn 14 openingen van 4 cm doorsnede gemaakt. In de andere stal helft zijn 19 drainbuizen met een doorsnede van elk 15 cm aangebracht, op een onderlinge afstand van 60 cm. In elke drainbuis zijn 9 gaten van 6 cm doorsnede gemaakt. Om te voorkomen dat strooisel in de drainbuizen terecht zou komen, zijn de gaten afgedekt met vliegengaas. De drainbuizen zijn in eerste instantie afgesloten. Toen de kwaliteit van het strooiselbed na twee mestronden erg slecht werd, zijn de deksels verwijderd en kon het overtollige vocht afgevoerd worden naar de opvangput. De totale hoeveelheid vocht dat uit het strooiselbed is doorgelekt, is bepaald. Alvorens het wekelijks bewerken van het strooiselbed plaatsvond zijn de varkens in één hokhelft opgesloten. In één werkgang werd één hokhelft over de lengte van de stal bewerkt. In twee werkgangen werd het strooisel van één stal helft bewerkt. Via twee deuren in de buitenmuur was toegang van werktuigen tot de stal mogelijk.

### 3.2.3 Voeding en drinkwaterwastrekking

De varkens zijn gedurende de gehele mestperiode onbepaald gevoerd via brijbakken.

Per hok waren twee brijbakken aanwezig, die geplaatst waren op een rooster (met strooisel eronder). In de eerste ronde is één brijbak voor en één brijbak achter in het hok geplaatst. Na de eerste ronde is de plaats van de brijbakken gevarieerd om te zien of met de plaats van de brijbak de locatie van de mestplek gestuurd kon worden.

De gebruikte voeders waren normale handelsvoeders. De eerste vier weken na opleg is startvoer verstrekt (EW=1,06), daarna is binnen één week overgeschakeld op vleesvarkensvoer (EW=1,03). De minerale samenstellingen van de voersoorten zijn beschreven in paragraaf 3.1.3. De dieren hebben steeds onbepaald de beschikking gehad over vers drinkwater. De hoeveelheid opgenomen voer is per hok bepaald.

### 3.2.4 Proefindeling en proefomvang

De biggen van de kruisingstypes YN, YYN en YDN (kruisingen van Yorkshire, Nederlands landras en Duroc varkens) zijn opgelegd met een gewicht van ongeveer 23 kg. Borgen en zeugen zijn gemengd gemest tot een levend eindgewicht van ongeveer 110 kg. In deze stal zijn de vleesvarkens per twee hokken gelijktijdig opgelegd. De verschillen in gemiddeld opleggewicht, oplegleeftijd, aantal borgen en zeugen en kruisingstype zijn per twee hokken die gelijk zijn opgelegd zo klein mogelijk gehouden. Na het eerste onderzoeksjaar zijn per afmestronde alle dieren in één keer opgelegd. Voor opleg zijn alle dieren ontwormd met 2 cc L-narpenol per dier.

### 3.2.5 Verzameling en verwerking van gegevens

#### *Technische resultaten*

De dieren zijn gewogen bij opleg. Aan de hand van het opleggewicht, het berekende eindgewicht, de voeropname en het aantal mestdagen zijn de produktiekenmerken groeisnelheid, voederconversie en voeropname per dag berekend. Het levende eindgewicht (L.g.) is berekend met behulp van de volgende formule:

$$\text{L.g.} = \text{geslacht gewicht} \times (1,3 + 0,0025 \times (83,0 - \text{geslacht gewicht})).$$

Dieren die bij uitval, door sterfte of ernstige ziekte, minder dan 80 kg wogen, zijn buiten de proef gehouden. De normale bedrijfspro-

cedures ten aanzien van entingen, veterinaire behandelingen en afleveren van slachtrijpe varkens zijn gehanteerd. Alleen standaardgegevens van de slachterij zijn meegenomen. Incidenteel zijn mestmonsters genomen en voor gezondheidscontrole gebruikt.

#### *Kwaliteit strooisel*

Het verloop van de compostering in het strooiselbed is bijgehouden door wekelijks de temperatuur in en het droge-stofgehalte van het strooisel te bepalen.

Gedurende het onderzoek zijn een aantal mengmonsters genomen voor analyses op aanwezige mineralen (N, P en K) en voor de berekening van de mineralenbalansen van twee strooiselbedden.

#### *Klimaat*

Het klimaat werd wat betreft ruimtetemperatuur en relatieve luchtvochtigheid geregeld met behulp van een Hotraco HDC-20-2 klimaatregelaar. Dagelijks zijn de opgetreden minimum en maximum temperatuur en relatieve luchtvochtigheid in de stal geregistreerd. Vanaf november 1991 is de emissie van een aantal gassen vanuit de diepstrooiselstal continu gemeten. Voor de emissiemetingen is een B&K 1302 monitor gebruikt volgens de intern opgestelde richtlijnen (Van 't Klooster et al., 1992). Tijdens elke analyse van een luchtmonster (genomen in de ventilatiekoker of in de buitenlucht) werden de  $\text{NH}_3$ -,  $\text{H}_2\text{O}$ - en  $\text{N}_2\text{O}$ -concentraties (in  $\text{mg}/\text{m}^3$ ) vastgelegd. Gelijkzeitig werden de luchttemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ ) en het ventilatie-debiet ( $\text{m}^3/\text{uur}$ ) bepaald. Na elke analyse werd de emissie van de genoemde gassen berekend. Indien minimaal zes metingen per dag per meetpunt uitgevoerd zijn, zijn de metingen gebruikt voor emissieberekeningen. Alle waarnemingen op één dag zijn omgerekend naar een daggemiddelde. De aldus verkregen dagemissies werden hierna gecorrigeerd voor de achtergrondemissies (gassen aangevoerd met de buitenlucht). Daartoe werd het gemiddelde ventilatie-debiet per dag vermenigvuldigd met de gemiddelde concentraties  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  of  $\text{H}_2\text{O}$  in de buitenlucht. Deze waarden zijn van de gemiddelde dagemissies afgetrokken.

#### *Overige gegevens*

Gedurende het onderzoek is minimaal één keer per week een visuele beoordeling uitgevoerd van de plaats en grootte van de mestplekken. De grootte van de mestplek is uitgedrukt als percentage ten opzichte van het totale hokoppervlak. De dierbevuiling is wekelijks vastgelegd door per hok de gemiddelde dierbevuiling te scoren. Een score met de waarde 0 betekende schone en droge dieren. Een score met de waarde 5 betekende geheel bevulde en natte dieren.

Tijdens het onderzoek is bijgehouden hoeveel arbeid nodig was voor het inbrengen en uithalen van strooisel en het wekelijks bewerken van het strooiselbed. De wekelijkse strooisel bed bewerkingen werden uitgevoerd met een zelfrijdende minikraan, bestuurd door eigen personeel.

## 4 RESULTATEN ONDERZOEK ROSMALEN RESULTS RESEARCH AT ROSMALEN

### 4.1 Resultaten

Het Ecopor- en het referentiesysteem zijn beide vier mestronden in onderzoek geweest, het Envistimsysteem drie mestronden. In bijlage 2a staan de opleg- en de einddata van de ronden in de drie afdelingen weergegeven. In bijlage 2b is aangegeven hoeveel varkens voor dit onderzoek per ronde in de referentie-afdeling zijn opgelegd.

#### 4.1.1 Mesterijresultaten

In tabel 1 staan de technische resultaten vermeld over alle ronden.

Er is geen verschil aangetoond in voeropname, voederconversie en groeisnelheid tussen de diepstrooiselsystemen en het referentiesysteem. Er is een tendens tot een lagere voeropname en een lagere groeisnelheid bij het referentiesysteem ten

Tabel 1: Technische resultaten

Table 1: Technical performance

	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD*
aantal opgelegd	360	320	240	
begingewicht (kg)	24,1	23,8	23,6	
beginleeftijd (dgn)	75	74	74	
eindgewicht (kg)	104,1	106,4	106,8	
aantal mestdagen	114	108	114	
groeisnelheid (g/dag)	702	764	729	66
voeropname (kg/dag)	2,03	2,23	2,13	0,22
voederconversie	2,90	2,92	2,92	0,07

\* LSD: Indien het verschil tussen de referentie en een strooiselsysteem groter is dan deze waarde, is een significant verschil aangetoond.

Tabel 2: Slachtgegevens

Table 2: Slaughterhouse information

	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD**
aantal	297	262	177	
geslacht gewicht (kg)	81,3	82,6	82,9	
vleespercentage*	54,2	54,1	54,5	13,
perc. type AA	81	37	50	
perc. type A	69'3	68'4	62'2	
perc. type B+C	22'6	27,9	32'8	
spekdikte	18,4	18,5	18,0	1,7
lichtreflectiewaarde (PSE-index) (in percentage dieren per klasse)				
- tot en met 41	29,1	22,0	38,9	
- 42 tot en met 44	22,7	23,9	23,9	
- 45 tot en met 49	29,1	27,5	25,7	
- 50 en hoger	19,1	26,6	11,5	

\* het vleespercentage is omgerekend naar het nieuwe classificatiesysteem zoals dat vanaf januari 1992 gehanteerd wordt.

\*\* LSD: Indien het verschil tussen de referentie en een strooiselsysteem groter is dan deze waarde is een significant verschil aangetoond.

opzichte van het Ecoporsysteem. In de bijlage 3 zijn de resultaten van de extra tussenwegingen weergegeven. Tussen opleg en eerste tussenweging, eerste en tweede tussenweging en tweede tussenweging en eindaflevering zijn geen verschillen in groeisnelheid, voeropname en voederconversie gevonden tussen de drie systemen.

#### 4.1.2 Slachtresultaten

##### *Slacht- en vleeskwiteit*

Resultaten van gangbare slachtgegevens staan in tabel 2 weergegeven. De resultaten van de lichtreflectiewaarde-meting zijn voor de analyse ingedeeld in vier klassen.

Er zijn geen verschillen gevonden in vleespercentage en spekdikte tussen de drie

systemen na analyse van de slachtgegevens van de geslachte dieren. Ook zijn er geen verschillen gevonden in de verdeling van het aantal dieren over de drie typebeoordelingsklassen en over de vier klassen voor lichtreflectiemetingen.

Bij 48 vleesvarkens per systeem zijn aanvullende waarnemingen uitgevoerd ten aanzien van de slacht- en vleeskwiteit. In tabel 3 zijn de resultaten weergegeven,

Bij de dieren waarbij extra vleeskwiteitsmetingen zijn gedaan, is er alleen een verschil gevonden ten aanzien van de pH na 1 uur in de bovenbil bij het Envistimsysteem ten opzichte van het Ecoporsysteem. Na 24 uur is geen verschil meer in pH in de bovenbil tussen de drie systemen gevonden. Ook

Tabel 3: Extra vleeskwiteitsmetingen  
*Table 3: Extra meat quality measurements*

	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD <sup>***</sup>
aantal dieren	48	48	48	
geslacht gewicht (kg)	81,6	83,0	83,8	
vleespercentage*	54,9	54,0	54,6	1,3
aantal type AA	0	5	4	
aantal type A	36	29	27	
aantal type B+C	12	14	17	
spekdikte	17,6	18,3	17,7	1,6
ri bwandvervetting:				
aanta klasse 1			3	2
aanta klasse 2		18	15	21
aanta klasse 3		19	21	21
aanta klasse 4		8	9	4
aantal klasse 5		2	0	0
kleur Japanse schaal:				
aantal klasse 1		1	0	0
aantal klasse 2		7	11	10
aantal klasse 3		33	32	26
aantal klasse 4		7	5	11
aantal klasse 5		0	0	
dripverlies	3,85	3,69	3,84	0,76
pH na 1 uur in bovenbil <sup>1)</sup>	6,38 <sup>ab</sup>	6,46 <sup>a</sup>	6,27 <sup>b</sup>	0,12
pH na 24 uur in bovenbil	5,52	5,51	5,52	0,06
pH na 24 uur in karbonade	5,49	5,47	5,51	0,05
intramusculair vetgehalte	2,20	2,00	2,09	0,27

het vleespercentage is omgerekend naar het nieuwe classificatiesysteem zoals dat vanaf januari 1992 gehanteerd wordt.

LSD: Indien het verschil tussen de referentie en een strooiselsysteem groter is dan deze waarde is een significant verschil aangetoond.

Cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar

ten aanzien van de andere vleeskwaliteitsmetingen zijn er geen verschillen gevonden tussen de drie systemen. De verdeling van het aantal dieren over de type-klassen, de ribwandvervettingsklassen en de kleur Japanse schaal-klasse was niet verschillend tussen de drie systemen. In tabel 4 zijn de resultaten van het maag-onderzoek weergegeven.

Er is geen verschil gevonden in gemiddeld gewicht van de gevulde maag, lege maag en maaginhoud van de dieren uit de drie systemen. Bij de dieren uit het referentiesysteem is significant minder zaagsel in de

maag aangetroffen dan bij de dieren uit het Envistimsysteem. Bij de dieren uit het referentie-systeem is zaagsel aangetroffen wat waarschijnlijk opgenomen is tijdens het transport naar het slachthuis. Bij de dieren uit het Envistimsysteem is significant minder zaagsel in de maag aangetroffen dan bij de dieren uit het Ecoporsysteem.

#### 4.1.3 Gezondheid

De totale uitval en de reden van uitval van dieren staan weergegeven in tabel 5. Uitval is gedefinieerd als het aantal gestorven dieren en aantal afgevoerde dieren naar een ziekenstal.

Tabel 4: Beoordeling magen op inhoud, gewicht en hoeveelheid zaagsel  
*Table 4: Measurements of stomach content, weight and sawdust score*

	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD**
aantal dieren	48	48	48	
gewicht maag vol (kg)	0,919	0,873	0,857	0,092
gewicht maag leeg (kg)	0,609	0,622	0,619	0,034
maaginhoud (kg)	0,310	0,251	0,238	0,073
zaagselscore <sup>1)</sup>				
aantal klasse 0	39	10	17	
aantal klasse 1	7	25	21	
aantal klasse 2	0	4	4	
aantal klasse 3	0	5	2	
aantal klasse 4	0	4	0	

<sup>1)</sup> cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar

\*\* LSD: Indien het verschil tussen de referentie en een strooiselsysteem groter is dan deze waarde is een significant verschil aangetoond.

Tabel 5: Aantal uitgevallen dieren en de reden van uitval  
*Table 5: Reason and number of not delivered animals*

	Referentie	Ecopor	Envistim	Signif.
aantal opgelegd	360	320	240	
aantal uitgevallen	15	10	15	N.S.
waarvan per oorzaak:				
- maagdarmaandoeningen	0	1	0	
- luchtwegaandoeningen	4	4	2	
- beenwerkaandoeningen	1	0	3	
- staartbijten	6	0	5	
- achterblijven	0	2	1	
- endeldarm eruit	1	0	1	
- diversen	3	3	3	

Het totaal aantal dieren dat is uitgevallen is niet verschillend tussen de drie systemen. Het aantal uitgevallen dieren per oorzaak is te klein om duidelijke verschillen tussen de systemen aan te tonen.

Uit vijf sectierapporten van vijf varkens uit de strooiselafdelingen zijn de volgende resultaten verkregen:

- 1 Coli-diarree en verschijnselen van stress;
- 2 long- en borstvliesontsteking;
- 3 Mycoplasma (longontsteking);
- 4 bronchitis/longontsteking;
- 5 verkleinde neusschelpjes.

In tabel 6 is aangegeven hoeveel varkens per systeem met antibiotica behandeld zijn. In alle gevallen is gebruik gemaakt van antibiotica, behalve bij staart- en oorbijten. Daarbij is een dagelijkse behandeling met onder andere jodium de standaardwerkmethode en incidenteel werd antibiotica toegediend.

Uit tabel 6 blijkt dat bij diepstrooiselsystemen minder problemen met staart- en oorbijten opgetreden zijn in vergelijking met het referentiesysteem. Andere verschillen tussen systemen in aantal en reden van behandeling zijn niet aangetoond. In tabel 7 zijn de resultaten van het longleveronderzoek weergegeven (exclusief dieren voor de extra waarnemingen).

Van de dieren die afkomstig zijn uit de referentie-afdeling zijn er significant meer dieren met een afwijking aan longen en/of lever ten opzichte van de dieren die afkomstig zijn uit de Ecoporafdeling. Het percentage dieren afkomstig uit de Envistimafdeling met afwijkingen aan longen en/of lever verschilt niet ten opzichte van het percentage dieren afkomstig uit de andere twee afdelingen. Er is een tendens tot minder aangetaste longen en levers bij strooiselsystemen.

Tabel 6: Reden van en aantal veterinaire behandelingen met antibiotica

Table 6: Reason and number of veterinary treatments with antibiotics

	Referentie	Ecopor	Envistim	Signif.
aantal opgelegd	360	320	240	
aantal dieren behandeld	53	41	42	N.S.
aantal behandelingen voor:				
- beenwerk	22	17	23	N.S.
- luchtwegaandoening	9	17	8	N.S.
- staart-/oorbijten <sup>1)</sup>	63 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	13 <sup>c</sup>	P < 0,001
overig	7	9	5	NS..

<sup>1)</sup> cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar

Tabel 7: Longleveronderzoek

Table 7: Lung and liver research

	Referentie	Ecopor	Envistim
aantal dieren onderzocht	292	259	176
percentage niet aangetast <sup>1)</sup>	95,3 <sup>a</sup>	98,8 <sup>b</sup>	98,3 <sup>ab</sup>
percentage dieren met:			
- afgekeurde lever	0,3	0,0	0,0
- aangetaste longen	3,8	0,4	0,0
- aangetaste lever + longen	0,3	0,0	0,0
- longen niet te beoordelen	0,3	0,8	1,7

<sup>1)</sup> cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar



### *IKB-bevindingen*

In tabel 8 staan de IKB-slachtbevindingen vermeld.

Het aantal dieren met IKB-afwijkingen (exclusief longleveronderzoek) is niet verschillend tussen de drie systemen. Zowel bij de referentie-afdeling als bij het Envistimsysteem is één varken met twee IKB-afwijkingen gevonden.

### *Mest- en strooiselonderzoek*

In tabel 9 is weergegeven hoeveel mestmonsters er in totaal genomen zijn per systeem. Het aantal positief beoordeelde is daarnaast aangegeven.

Uit tabel 9 blijkt dat er meer E.Coli is aangetoond in beide diepstrooiselsystemen ten opzichte van het referentiesysteem. Daarnaast blijkt dat van de aangetoonde E. Coli meer kwaadaardige vormen zijn gevonden bij het Ecoporsysteem ten opzichte van het referentiesysteem. In geen enkel mestmonster zijn parasieten of salmonella's aangetroffen.

In het Ecoporsysteem zijn negen strooiselmonsters genomen, waarvan geen enkel monster positief bleek ten aanzien van de aanwezigheid van Salmonella (kweek en ophoping), bacteriegroeiremmende middelen, E. Coli en parasiteneieren. In het Envistimsysteem zijn zeven strooiselmon-

Tabel 8: IKB-slachtbevindingen (exclusief longleveronderzoek)

Table 8: Extra measurements at the slaughter house

	Referentie	Ecopor	Envistim	Signif.
aantal onderzocht	292	259	176	
aantal met afwijkingen	46	28	15	N.S.
aantal dieren per afwijking:				
- ontstoken po(o)t(en)	2	0	1	
- arthritis	2	1	1	
- ontstoken poot + arthritis	1	1	0	
- Atrophische Rhinitis	0	1	0	
- ontstoken huid	3	2	0	
- ontstoken staart	1	0	0	
- onstoken huid + staart	1	0	0	
- pleuritis	37	23	13	
- abcessen longen + B.O.*	0	0	1	

\* inclusief Bacteriologisch Onderzoek.

Tabel 9: Totaal aantal onderzochte mestmonsters (n) en het aantal bacteriologisch of parasitologisch positief bevonden monsters (+)

Table 9: Total number of faeces samples (n) and the total number of positive samples (+) analysed for different bacteria or parasites

	Referentie		Ecopor		Envistim		Signif.
	n	+	n	+	n	+	
E.Coli <sup>1)</sup>	120	20 <sup>a</sup>	120	40 <sup>b</sup>	80	28 <sup>b</sup>	P<0,01
kwaadaardige E.Coli <sup>1)</sup>	20	3 <sup>a</sup>	40	21 <sup>b</sup>	28	7 <sup>ab</sup>	P<0,01
Treponema	130	41	130	30	90	31	
Parasitologisch	23	0	19	0	15	0	
Salmonella	14	0	10	0	6	0	

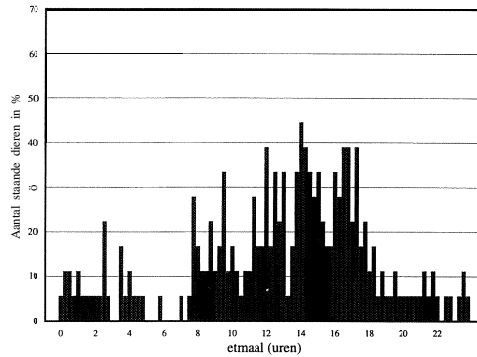
<sup>1)</sup> cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar

sters genomen, waarvan ook geen enkel monster positief bleek.

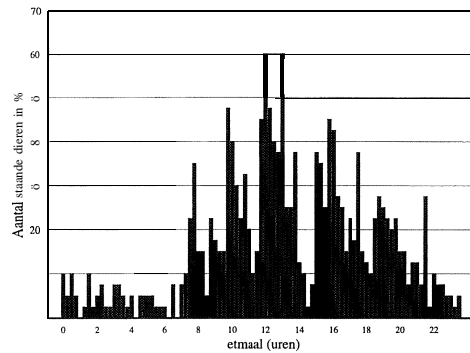
#### 4.1.4 Gedrag en welzijn *Activiteitenpatroon*

Van elk van de drie systemen is een etmaal patroon voor de activiteit van de dieren weergegeven in figuur 4.

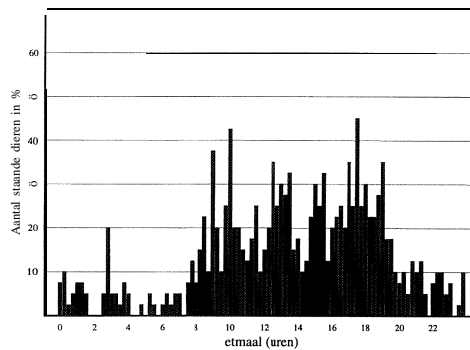
Na 19.00 uur staan/lopen de dieren in het referentiesysteem aanzienlijk minder in vergelijking met de strooiselsystemen. Het Eco-porsysteem heeft een hogere activiteitenpiek rond het middaguur. De dieren op diepstrooiselsystemen staan/lopen ook meer in vergelijking met het referentiesysteem. In figuur 5 is de verdeling van de bezoektijd



REFERENTIE



ECOPCS



ENVIVIM

Figuur 4: Dagactiviteitenpatroon van varkens in de verschillende systemen  
Figure 4: Daily activity pattern of the pigs in the different systems

aan de brijbakken weergegeven van de drie afdelingen.

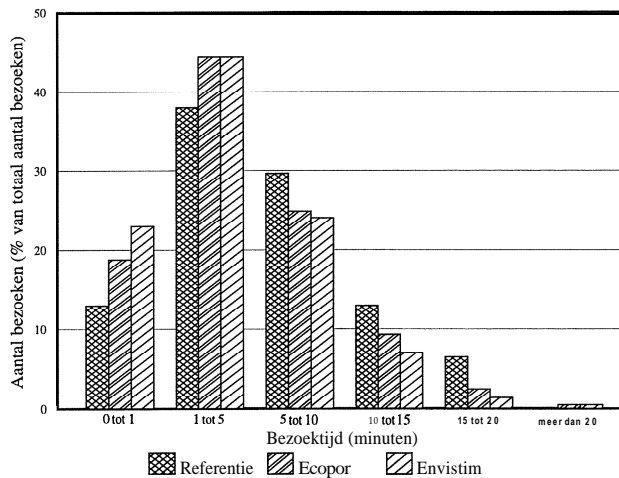
In diepstrooiselsystemen lijken procentueel gezien meer dieren korter dan vijf minuten aan de brijbak te verblijven. Dit kan duiden op een frequenter bezoek aan de brijbak om te gaan drinken (warm hebben) of op een sneller verjaagd worden door hokgenoten (grotere groep).

#### Huidbeschadigingen

In tabel 10 staat per proefbehandeling het

percentage varkens met huidbeschadigingen op dag 5 en dag 80 na opleg.

Uit tabel 10 blijkt dat schrammen verreweg het meest voorkomen en zich vooral op de voorhand bevinden. Daarnaast is het opvallend dat de dieren op diepstrooisel duidelijk meer schrammen op de middenhand hebben. Het aantal wonden in de referentie-afdeling is hoger op de voor- en achterhand in vergelijking met de diepstrooiselafdelingen. Dit wordt met name veroorzaakt door staarten oorbijten. Echter alleen het aantal dieren



Figuur 5: Verdeling van het aantal bezoeken van vleesvarkens aan de brijbak per tijdstraject  
Figure 5: Percentage of pigs that visited the dry/wet feeders in a time period

Tabel 10: Percentage dieren met huidbeschadigingen op dag 5 en dag 80 na opleg

Table 10: Percentage of pigs with skin lesions at 5 and 80 days after start of the fattening period

		Referentie		Ecopor		Envistim	
		5	80	5	80	5	80
voorhand	schrammen	80,4	63,6	81,6	73,2	88,1	83,8
	wonden	7,5	5,1	1,9	0,0	0,0	0,0
	andere beschadigingen	19	20	00	0,7	19	14
middenhand	schrammen	24,3 <sup>a</sup>	23,2 <sup>a</sup>	51,9 <sup>b</sup>	42,5 <sup>b</sup>	56,9 <sup>b</sup>	60,1 <sup>b</sup>
	wonden	0,9	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
	andere beschadigingen	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
achterhand	schrammen	19,6	40,4	34,2	29,4	33,1	60,8
	wonden	3,7 <sup>a</sup>	14,1 <sup>a</sup>	0,6 <sup>b</sup>	3,3 <sup>b</sup>	0,0 <sup>b</sup>	3,4 <sup>b</sup>
	andere beschadigingen	1,9	4,0	0,0	2,0	1,3	0,0

<sup>a/b</sup> cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar

met schrammen is hoog genoeg bij alle drie de systemen om te kunnen vergelijken. In tabel 11 zijn de ernst en plaats van huidbeschadigingen weergegeven. De resultaten zijn getoetst op dag 5 of dag 80 voor de systemen.

Op de voorhand blijken geen verschillen in de mate van huidbeschadiging te zijn tussen de drie systemen op 5 en 80 dagen na opleg. Op de midden- en achterhand hebben dieren uit het Envistimsysteem op 5 dagen na opleg significant minder ernstige huidbeschadigingen ten opzichte van de dieren in de andere twee systemen. Op 80 dagen na opleg zijn geen verschillen in ernst van de huidbeschadigingen van de middenhand meer terug te vinden. Dieren uit het Ecoporsysteem hebben op 80 dagen na opleg significant ernstigere huidbeschadigingen aan de achterhand ten opzichte van de dieren die in de andere twee systemen zijn gehuisvest.

#### 4.1.5 Klimaat en emissies

##### Temperaturen

In de onderzoeksafdelingen zijn minimale afdelingstemperaturen aangehouden van 12°C, 10°C, en 15°C voor respectievelijk de referentie-, Ecopor- en Envistimafdeling. In figuur 6 staan de gemiddelde temperaturen van de drie afdelingen weergegeven.

De gemiddelde temperaturen in de afdelingen zijn vrijwel niet lager geweest dan de ingestelde minimum temperaturen. De hoeveelheid energie die gebruikt is voor verwarming, is niet vastgelegd.

##### Gasconcentraties

De resultaten van de ammoniakconcentratiemetingen in de drie afdelingen zijn weergegeven in figuur 7.

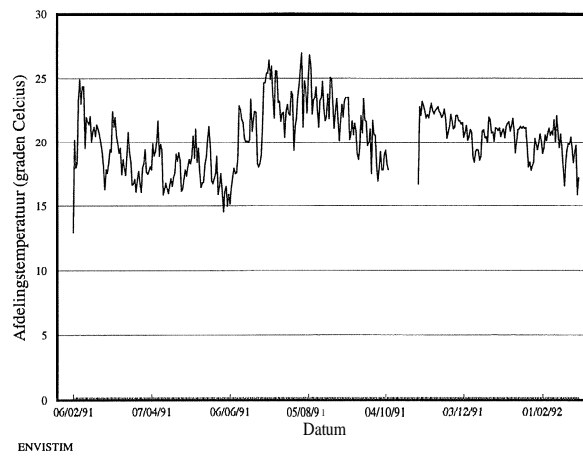
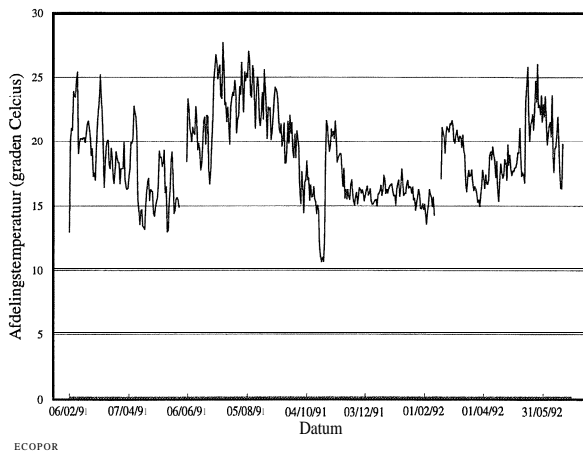
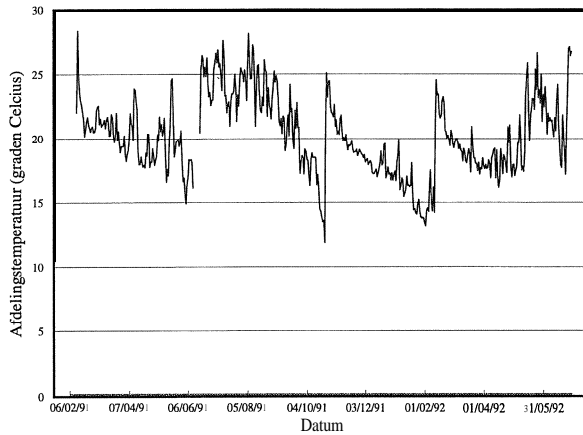
Uit figuur 7 blijkt dat gedurende de eerste 13 weken na het opstarten in de Envistimafdeling de ammoniakconcentraties het hoogst zijn geweest. Daarna namen de concentraties af en gedurende de tweede ronde hadden beide diepstrooiselafdelingen duidelijk lagere ammoniakconcentraties. Aan het einde van de tweede ronde (rond week 38) waren de verschillen tussen de drie afdelingen vrij gering. Gedurende week 40 tot 45 waren de concentraties in diepstrooiselsystemen lager maar aan het eind van de ronde hadden beide systemen zeer hoge ammoniakconcentraties. De MAC-waarde voor ammoniak (25 ppm) was in de Envistimafdeling duidelijk overschreden ondanks voldoende ventilatie. Na gedeeltelijke vervanging van strooisel van het Ecoporsysteem was de ammoniakconcentratie in de afdeling tijdelijk lager maar steeg daarna duidelijk tot boven de concen-

Tabel 11: Percentage van dieren naar ernst van huidbeschadigingen op dag 5 en dag 80 na opleg

Table 11: Percentage of pigs with a score for skin lesions at 5 and 80 days after starting a fattening period

		Referentie		Ecopor		Envistim	
		5	80	5	80	5	80
voorhand	0	18,4	26,8	11,9	16,2	19,6	36,4
	1	34,8	54,2	33,1	49,3	47,7	47,5
	2	29,7	17,0	30,6	23,0	25,2	15,1
	3	13,9	1,3	18,2	9,5	5,6	1,0
	4, 5	3,2	0,7	6,2	2,0	1,9	0,0
Middenhand	0	48,1 <sup>a</sup>	57,5	43,1 <sup>a</sup>	39,9	75,7 <sup>b</sup>	76,8
	1	34,2 <sup>a</sup>	36,0	38,1 <sup>a</sup>	35,8	24,3 <sup>b</sup>	20,2
	2, 3, 4	17,7 <sup>a</sup>	6,5	18,8 <sup>a</sup>	24,3	0,0 <sup>b</sup>	3,0
Achterhand	0	65,9 <sup>a</sup>	70,6 <sup>a</sup>	66,9 <sup>a</sup>	39,2 <sup>b</sup>	80,4 <sup>b</sup>	59,6 <sup>a</sup>
	1	29,7 <sup>a</sup>	26,8 <sup>a</sup>	26,2 <sup>a</sup>	34,5 <sup>b</sup>	15,9 <sup>b</sup>	35,4 <sup>a</sup>
	2, 3, 4	4,4 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	6,9 <sup>a</sup>	26,3 <sup>b</sup>	3,7 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>

<sup>ab</sup> Cijfers met verschillende letters verschillen significant van elkaar



Figuur 6: Afdelingstemperaturen in de drie systemen  
*Figure 6: Temperatures in the three units*

tratie in de referentie-afdeling. Emissiecijfers waren niet te berekenen daar geen ventilatiehoeveel heden gemeten zijn.

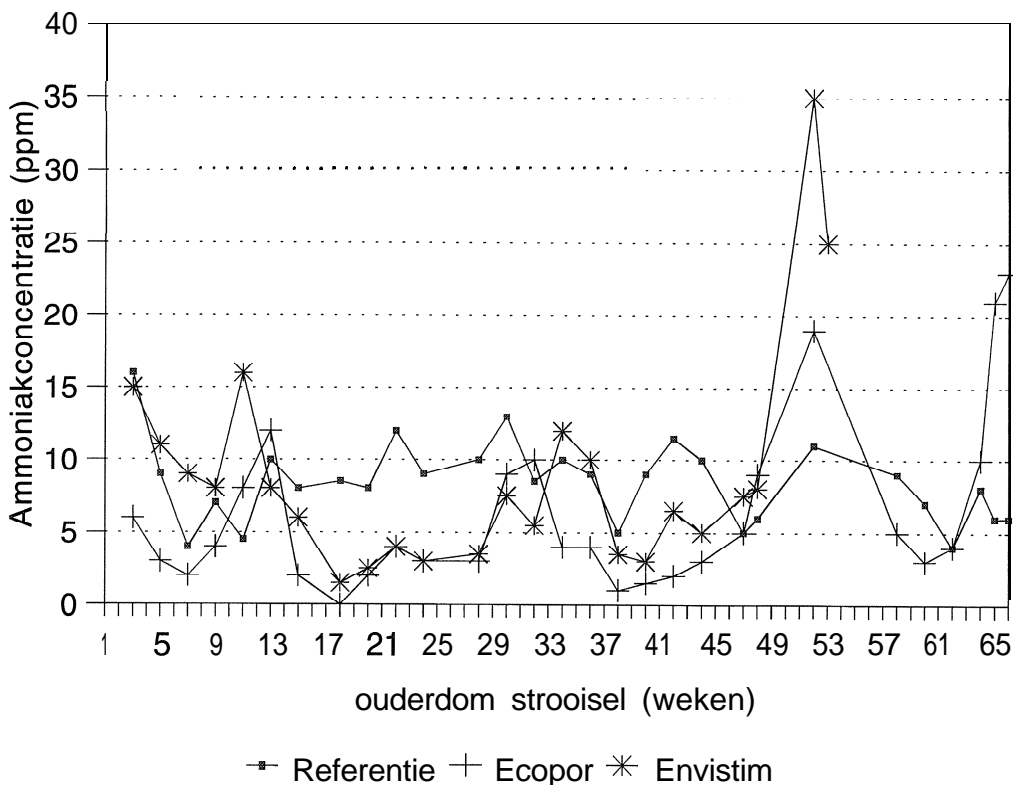
Gedurende een periode van april 1992 tot juli 1992 zijn de concentraties ammoniak, lachgas en koolstofdioxide continu gemeten. De metingen in de Ecoporafdeling zijn uitgevoerd gedurende de laatste periode van de laatste ronde op het strooiselbed. Het strooiselbed van het Envistimsysteem was voorafgaand aan die periode geheel vervangen en de varkens zijn circa zes weken later opgelegd dan bij beide andere systemen. In figuur 8 zijn de concentraties van de diverse gassen in de drie afdelingen weergegeven.

Op 9 juni zijn de laatste varkens uit de Ecoporafdeling afgevoerd. Op 30 juni en 1 juli is het gehele strooiselbed uit de afdeling gehaald. Uit de CO<sub>2</sub>-metingen bleek dat de ventilatie in alle afdelingen voldoende is geweest. Direct na het afleveren van de

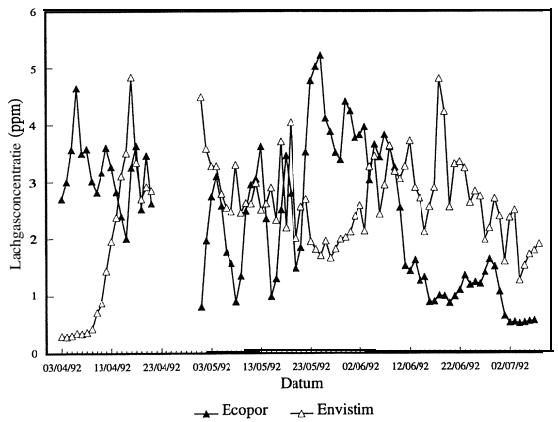
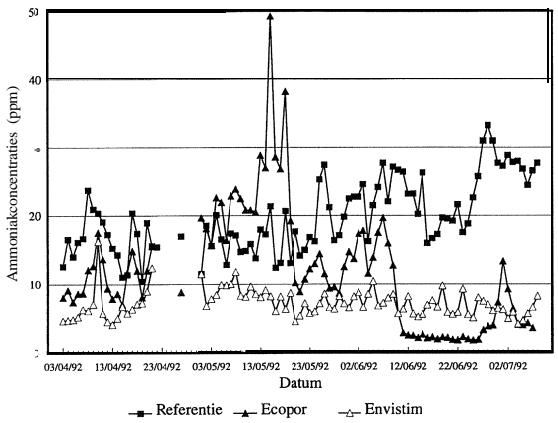
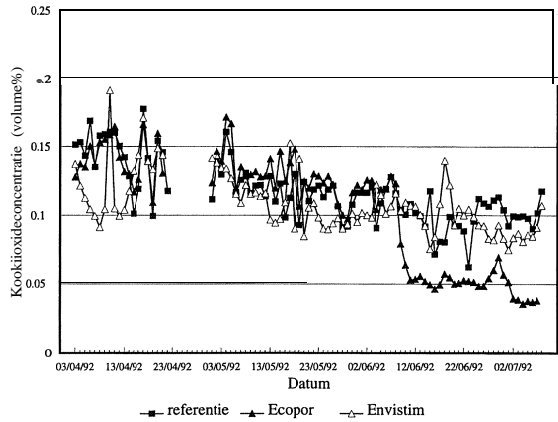
laatste dieren uit de Ecoporafdeling daalde de kooldioxideconcentraties, maar de waarden die in de buitenlucht gemeten werden, zijn niet bereikt. Er is nog enige biologische activiteit in het strooiselbed aanwezig wat ook bleek uit de lachgasconcentraties die gemeten zijn. De ammoniakconcentratie daalde vrij snel naar de waarden in de buitenlucht. Tijdens het uithalen van het strooisel ontstond nog een piek in de ammoniakconcentratie. In de periode van 13 tot 20 mei werden zeer hoge ammoniakwaarden gemeten (tot 50 ppm toe). In de referentie-afdeling werd geen lachgas gemeten.

#### Emissies

Gedurende enkele weken (18-5-1992 tot en met 18-6-1992) zijn continue emissiemetingen uitgevoerd. De emissies van lachgas (N<sub>2</sub>O), vocht (H<sub>2</sub>O) en ammoniak (NH<sub>3</sub>) zijn berekend. De cijfers zijn puur indicatief. In tabel 12 zijn de resultaten weergegeven.



Figuur 7: Ammoniakconcentraties in de drie afdelingen  
 Figure 7: Ammonia concentrations in the three units



Figuur 8: CO<sub>2</sub>- NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-concentraties in de drie afdelingen  
 Figure 8: CO<sub>2</sub>- NH<sub>3</sub>- en N<sub>2</sub>O-concentrations in the three units

In bijlage 7 zijn de emissies van de genoemde gasen over deze periode weergegeven,

Uit de Ecopor- en Envistimafdelingen emitterden in de gemeten periode aanzienlijk meer vocht en lachgas in vergelijking met de referentie-afdeling. Het Ecoporsysteem was in tegenstelling tot het Envistimsysteem op het moment van meten in vrij slechte conditie (zware varkens en vrijwel geen composterende werking in het strooiselbed). Daardoor emitterde uit het Ecopor-

systeem meer ammoniak dan uit het Envistimsysteem. Ten opzichte van het referentiesysteem was de ammoniakuitstoot van het Ecoporsysteem vergelijkbaar.

De hoge emissies van lachgas duiden op een onvolledige denitrificatie in het strooiselbed.

## 4.2 Composterende werking diepstrooisel-systemen

### 4.2.1 Temperatuur in strooisel

In tabel 13a en 13b zijn de strooiseltempe-

Tabel 12: Emissie van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{H}_2\text{O}$  per dierplaats per dag uit de diverse systemen over een bepaalde periode na opleg

*Table 12: Emission of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{H}_2\text{O}$  per animal per day from the different systems during several days after starting a batch*

	Referentie	Ecopor	Envistim
periode na opleg (dag)	95 tot 112	89 tot 106	48 tot 65
aantal meetdagen	21	21	21
aantal waarnemingen per dag	19,7	19,6	19,4
staltemperatuur ( $^{\circ}\text{C}$ )	20,9	22,2	23,0
ventilatie ( $\text{m}^3/\text{dierplaats}/\text{uur}$ )	45,4	77,2	71,1
$\text{NH}_3$ -concentratie ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	14,77	7,93	5,01
$\text{NH}_3$ -emissie ( $\text{g}/\text{dierplaats}/\text{dag}$ )	13,14	13,44	6,35
$\text{N}_2\text{O}$ -concentratie ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0	5,52	4,83
$\text{N}_2\text{O}$ -emissie ( $\text{g}/\text{dierplaats}/\text{dag}$ )	0	9,73	5,18
$\text{H}_2\text{O}$ -concentratie ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	11,87	12,46	12,18
$\text{H}_2\text{O}$ -emissie ( $\text{kg}/\text{dierplaats}/\text{dag}$ )	2,45	5,94	4,39

Tabel 13a: Strooiseltemperaturen in de hokken met het Ecoporsysteem

*Table 13a: Temperatures in the litter of different pens of the Ecopor system*

	hok 1	hok 2	hok 3	hok 4
gemiddeld	43,6	43,0	43,6	44,3
minimum	22,7	26,5	21,6	23,2
maximum	55,0	53,9	54,5	52,7
aantal metingen	115	154	155	115

Tabel 13b: Strooiseltemperaturen in de hokken met het Envistimsysteem

*Table 13b: Temperatures in the litter of different pens of the Envistim system*

	hok 1	hok 2	hok 3	hok 4
gemiddeld	41,6	39,8	40,1	39,4
minimum	29,5	23,1	23,8	22,8
maximum	49,6	52,0	51,9	48,7
aantal metingen	96	120	121	95

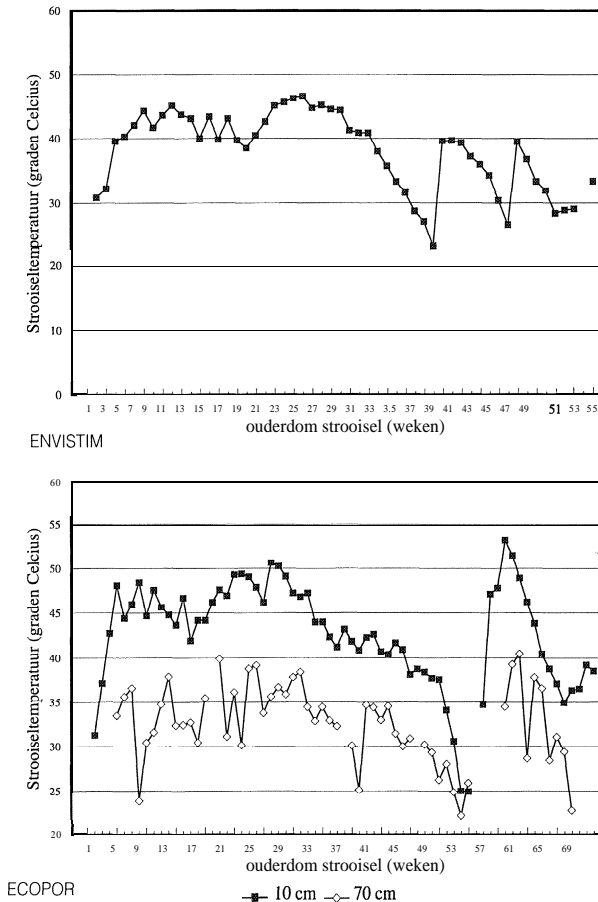


raturen in de hokken van het Ecopor- en het Envistimsysteem weergegeven.

In het Envistimsysteem was de strooiseltemperatuur gemiddeld 40°C en in het Ecoporsysteem 43,5°C. Tussen hokken waren de verschillen in strooiseltemperatuur vrij gering, respectievelijk 1,3°C en 2,2°C bij het Ecopor- en het Envistimsysteem. In figuur 9 zijn de strooiseltemperaturen van het Ecopor- en Envistimsysteem weergegeven.

Bij het Envistimsysteem blijkt na circa 30 weken de strooiseltemperatuur onder de 40°C te zakken en aan het eind van de tweede ronde (vanaf week 34) was de activiteit in het strooisel zeer laag (<30°C). Daarna is twee weken leegstand aangehouden, twee keer intensief omgewerkt en

nieuw strooisel toegevoegd om het inklinken op te vangen. Daarna liep de strooiseltemperatuur snel op tot 40°C. Ongeveer zeven weken na opleg van de derde ronde was de strooiseltemperatuur opnieuw te laag. Een kwart van het strooisel is daarna uitgehaald en vervangen door nieuw strooisel. De temperatuur in het strooisel liep weer op maar binnen vijf weken was de biologische activiteit in het strooiselbed vrijwel nihil. Door herhaaldelijk strooisel toe te voegen is de derde ronde afgemaakt waardoor de temperatuur in het strooisel nog enigszins opliep aan het eind van de ronde. Bij het Ecoporsysteem blijkt ongeveer vijf weken nodig te zijn voordat de gewenste strooiseltemperatuur werd bereikt. In de loop van de eerste ronde nam de temperatuur af en nam vervolgens aan het begin



Figuur 9: Strooiseltemperatuur in het Envistim- en Ecoporsysteem  
 Figure 9. Temperature in the litter of the Envistim and Ecopor system

van de tweede ronde weer toe. Aan het einde van de tweede ronde was de strooiseltemperatuur nog steeds boven de 40°C. In de derde ronde daalde de temperatuur onder de 40°C en vanaf ongeveer 12 weken na opleg werd de strooiseltemperatuur te laag. Na de derde ronde (week 53) is een derde deel van het strooisel vervangen waarna de strooiseltemperatuur weer toenam. Binnen vier weken daalde de activiteit weer en na negen weken kwam de temperatuur weer onder 40°C. Door strooisel toe te voegen is de temperatuur boven in het strooisel nog gestegen maar op 70 cm diepte is de temperatuur laag gebleven. Het meten van de strooiseltemperatuur vlak boven de bodem gaf waardevolle informatie over de activiteit onder in het strooiselbed. Onder in het bed stagneerde de compostering eerder dan in de bovenlaag van het strooisel bed waar normaal de strooiseltemperaturen gemeten werden.

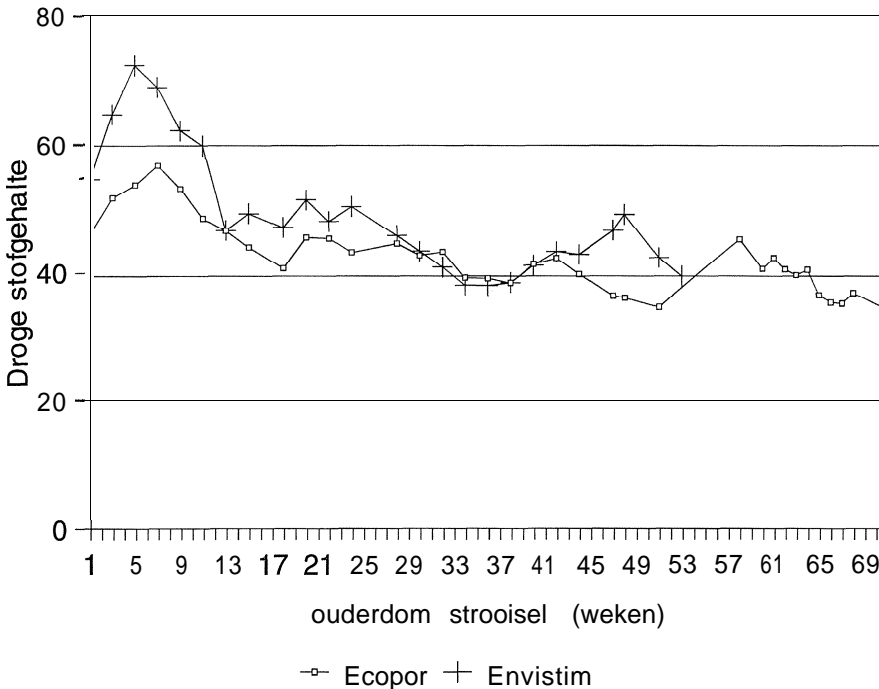
#### 4.2.2 Droge-stofgehalte in strooisel

In figuur 10 is de verandering in het droge-stofgehalte in het strooiselbed weergegeven.

Bij het Envistimsysteem is een aantal keren water bijgevoegd omdat het droge-stofgehalte te hoog opliep en er problemen met stof en ammoniak ontstonden. Per hok is in week drie 30 liter, in week vier 100 liter, in week acht 250 liter en in week zestien 125 liter water toegevoegd. In totaal was dit 505 liter water per hok (= 25 l/m<sup>2</sup>).

Bij het Ecoporsysteem is wekelijks het met water aangelengde additief toegediend. Elke week is per hok 8 liter vocht toegediend. Op jaarbasis betekende dit ongeveer 400 liter vocht per hok.

De droge-stofgehalten van beide systemen hadden een vergelijkbaar verloop. Direct na de start nam het droge-stofgehalte toe en in de loop van de eerste ronde daalde dit geleidelijk. Na het opstarten van de tweede ronde herstelde het bed zich enigszins. Dit resulteerde in een toename van het droge-stofgehalte. Na een aantal weken begon het droge-stofgehalte te dalen tot aan het einde van de tweede ronde. In het begin van de derde ronde vond nog een korte herstelperiode plaats. Daarna zette een daling in totdat uiteindelijk een te laag droge-stofgehalte ontstond.



Figuur 10: Droge-stofgehalten van het strooisel van het Envistim- en Ecoporsysteem  
 Figure 10: Dry matter content in the litter of the Envistim and Ecopor system

Bij het Envistimsysteem is na 10 maanden een kwart van het strooisel vervangen waarna het droge-stofgehalte is toegenomen. Binnen enkele weken was het droge-stofgehalte weer gedaald en aan het einde van de derde ronde is het gehele strooiselbed afgevoerd.

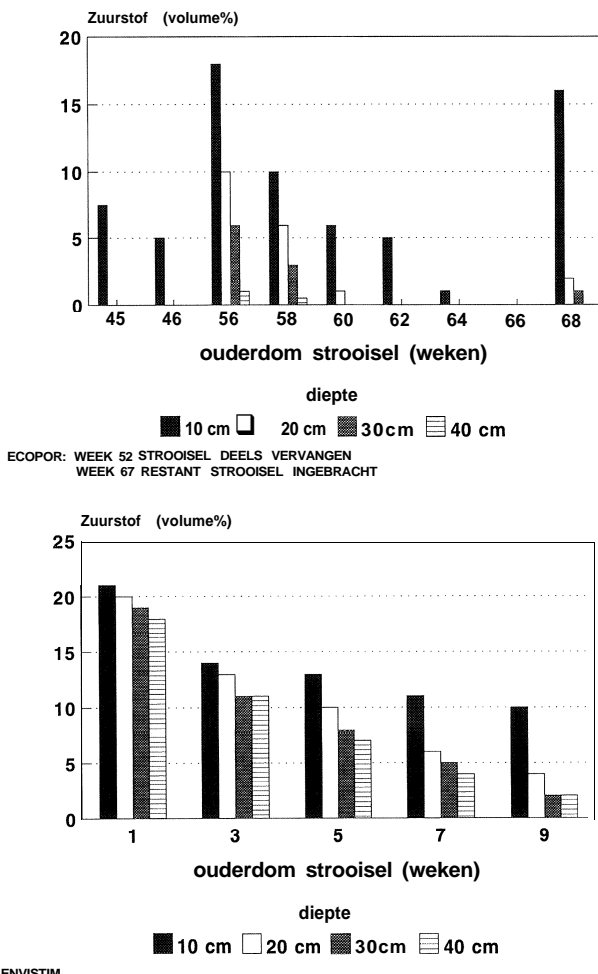
Het Ecoporsysteem had gedurende de derde ronde een lager droge-stofgehalte dan het Envistimsysteem maar zag er op het oog toch beter uit. Het Ecoporsysteem heeft een dikkere strooisellaag en daardoor een groter vochtbufferend vermogen. Aan het einde van de derde ronde was het droge-stofgehalte te laag geworden en is een gedeelte van het strooisel vervangen. Het droge-stofgehalte in het systeem was aan-

vankelijk weer boven 40% maar nam in de loop van de vierde ronde echter continu af.

#### 4.2.3 Zuurstofgehalte in strooisel

Bij het meten van de zuurstofspanning in het strooisel zijn meettechnische storingen opgetreden zodat maar van een zeer beperkte periode resultaten zijn vastgelegd. Na het geheel verwijderen van het strooiselbed van het Envistimsysteem is een nieuw strooiselbed opgebouwd. Tot negen weken na het opstarten is de zuurstofspanning gemeten. Bij het Ecoporsysteem is na de gedeeltelijke vervanging van het strooiselbed gedurende een periode van negen weken gemeten.

In de figuur 11 zijn de zuurstofspanningen



Figuur 11: Zuurstofspanning op verschillende dieptes in een Envistim- en Ecoporsysteem  
 Figure 11: Oxygen pressure on different depths in a Envistim and Ecopor system

op diverse dieptes onder het strooiseloppervlak weergegeven. De metingen hebben steeds op een maandag plaatsgevonden en het bewerken van het strooiselbed (inbrengen van zuurstof) op elke vrijdag.

Uit figuur 11 blijkt dat de zuurstofspanning in het nieuwe strooiselpakket van het Envis-timsysteem in de diepte en in de loop van de tijd duidelijk afnam. Na negen weken was alleen op 10 cm onder het oppervlak de zuurstofspanning nog boven 5 vol.%. Hieruit valt af te leiden dat het doordringen van zuurstof in het strooiselpakket al snel beperkt werd tot een dunne laag (<10 cm) onder de oppervlakte. Het Ecoporsysteem toont dit beeld in versnelde mate en in extremere vorm. Een derde deel vervangen door grof zaagsel bleek weinig zinvol om voor een langere periode zuurstof te kunnen laten doordringen in het strooiselbed. Na ongeveer tien weken was het strooiselbed weer compleet anaeroob (<10 cm onder het strooiseloppervlak). Zeer frequent bewerken van het strooiselbed, continu toevoegen van strooisel of vaker vervangen van strooisel zijn opties om een betere zuurstofindringing en nitrificatie te kunnen krijgen. Uit oogpunt van de kosten en de hoeveelheid arbeid zijn deze maatregelen niet te realiseren.

#### 4.2.4 Strooiselvolumen en deeltjesgrootte Ecoporsysteem

In de afdeling met het Ecoporsysteem zijn de putten gevuld met Ecoporsnippers tot een niveau van circa 85 cm. Dit materiaal is in zakgoed aangevoerd. De zakken waren gevuld met 80 liter strooisel en wogen gemiddeld 18 kg (224 kg per m<sup>3</sup>). De totale

putinhoud was berekend op 64 m<sup>3</sup>. In totaal zijn 1368 zakken met snippers aangevoerd (109 m<sup>3</sup>). Voor opleg is 103 m<sup>3</sup> snippers in de putten gebracht en na twee weken is het resterende materiaal toegevoegd. In totaal is 71% meer snippers in de putten gebracht dan het putvolume.

Bij het begin van de tweede ronde is circa 6 m<sup>3</sup> losgestorte snippers bijgevoerd om weer op het niveau van circa 85 cm te komen. Bij het begin van de derde ronde is 4 m<sup>3</sup> snippers toegevoegd. Na de derde ronde is 20,5 m<sup>3</sup> strooisel afgevoerd en 35 m<sup>3</sup> losgestort strooisel toegevoegd. Tussentijds is nog 5 m<sup>3</sup> strooisel toegevoegd (chemische analyse zie bijlage 4).

In totaal is 159 m<sup>3</sup> strooisel voor vier mest rondes gebruikt. Per dierplaats is 1,99 m<sup>3</sup> en per ronde per plaats 0,48 m<sup>3</sup> nieuw strooisel gebruikt.

In tabel 14 is de procentuele gewichtsverdeling van strooiseldeeltjes weergegeven. Daarin is duidelijk te zien dat het soort strooisel dat gebruikt is voor bijvullen van het strooiselbed, na uithalen van een deel oud strooisel, veel grover was dan het strooisel dat bij de opstart van het systeem is gebruikt.

Uit tabel 14 blijkt verder dat het aandeel fijnere strooiseldeeltjes toenam naarmate het strooisel ouder werd. Aanvullen van strooisel tot het gewenste niveau speelde door in de resultaten. Daarnaast nam de betrouwbaarheid van de metingen af omdat een korrelachtige structuur, een hoger soortelijk gewicht en een lager droge-stofgehalte in de loop van het aantal rondes zijn ontstaan.

Tabel 14: Gewichtsverdeling van strooisel (%) op diverse momenten in het Ecoporsysteem  
Table 14: Weight (%) of different particle sizes of the Ecopor system on different moments

	Start	Bijvullen	Eind 1	Eind 2	Eind 3*
kleiner dan 1 mm	4,6	0,8	13,1	19,0	12,8
1 tot 2 mm	19,6	3,1	30,8	23,8	20,8
2 tot 4 mm	34,8	9,8	32,6	36,4	35,6
4 tot 8 mm	37,7	34,7	22,4	19,2	30,8
8 tot 16 mm	3,3	35,5	1,1	1,6	0,0
16 tot 30 mm	0,9	13,6	0,0	0,0	0,0
groter dan 30 mm	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0

\* vele klonters strooisel hebben de resultaten beïnvloed

### Envistimsysteem

In de afdeling met het Envistimsysteem zijn de putten gevuld tot een niveau van circa 45 cm met speciaal door de leverancier van Envistim aangevoerd zaagsel. In een container is 45 m<sup>3</sup> zaagsel aangevoerd. Het zaagsel is met behulp van perslucht direct de put ingeblazen. De put in deze afdeling was 36 m<sup>3</sup>. In totaal is 25% meer losgestort zaagsel nodig dan het putvolume.

Aan het begin van de tweede ronde is bijgevuld om weer op het niveau van circa 45 cm te komen. Daartoe is 10 m<sup>3</sup> grof wit zaagsel toegevoegd (chemische analyse zie bijlage 4). Bij het begin van de derde ronde is 9,5 m<sup>3</sup> van hetzelfde soort zaagsel toegevoegd. Halverwege de derde ronde is 9,5 m<sup>3</sup> strooisel afgevoerd en is 10,5 m<sup>3</sup> nieuw grof wit zaagsel toegevoegd.

In totaal is 75 m<sup>3</sup> zaagsel voor drie mestronden gebruikt in deze proef. Per dierplaats is 0,94 m<sup>3</sup> en per ronde per dierplaats is 0,31 m<sup>3</sup> nieuw strooisel gebruikt. In tabel 15 is de procentuele gewichtsverdeling van de strooiseldeeltjes gegeven.

In deze tabel is duidelijk te zien dat het soort zaagsel bij het opstarten van het systeem veel fijner was dan het materiaal dat gebruikt is voor het bijvullen van het zaagselbed. Er kon geen duidelijke afname van de strooiseldeeltjesgrootte vastgesteld worden, hoewel duidelijk meer kleinere deeltjes (< 1 mm) werden aangetroffen.

#### 4.2.5 Chemische analyses en mineralenbalansen

Strooiselmonsters zijn onderzocht op een aantal mineralen om balansen op te kunnen

zetten en om een algehele indruk te kunnen krijgen van het functioneren van het systeem. In de bijlagen 5a, 5b, 5c en 5d zijn de samenstellingen van het strooisel van twee hokken met het Ecopor- en twee hokken met het Envistimsysteem in de loop van het onderzoek weergegeven.

De hoeveelheid ammonium in het strooisel mag niet hoger zijn dan 2 gram per kg droge stof (Van Schaijk, 1992) in verband met de emissie van ammoniak. In de figuur 12 is dit voor beide strooiselsystemen weergegeven.

Uit deze figuur blijkt dat het ammoniumgehalte in het strooisel vrijwel constant boven de 2 gram per kg droge stof was. In de loop van een ronde nam het ammoniumgehalte toe en bereikte de hoogste waarden in een periode van geringe biologische activiteit (stoppen van nitrificatie).

Het percentage anorganische stof in het strooisel moet liggen tussen 30% en 10% van de droge stof (Van Schaijk, 1992). In figuur 13 is het verloop in anorganische stofgehalte (as%) voor beide strooiselsystemen weergegeven.

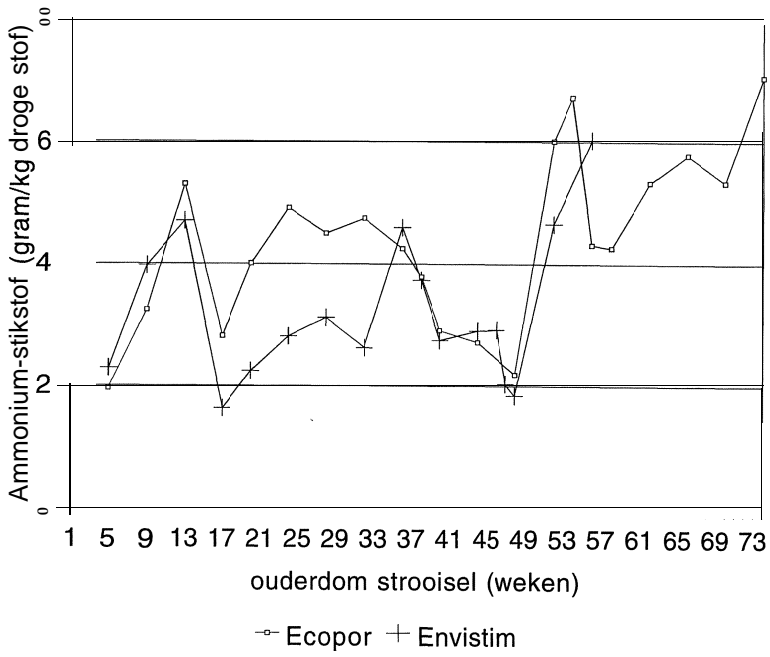
Het anorganische stofgehalte in het strooisel nam toe door de ophoping van mineralen uit de mest. Indien strooisel vervangen of toegevoegd werd is een daling in het anorganische stofgehalte te zien. Bij beide systemen is een anorganische stofgehalte van 30% niet bereikt. Mineralen zoals kalium en fosfor hopen zich op in het strooisel. In bijlagen 6 zijn de gehalten van fosfor en kalium in de droge stof weergegeven. Beide mineralen volgden hetzelfde verloop als het

Tabel 15: Gewichtsverdeling van strooisel (%) op diverse momenten in het Envistimsysteem

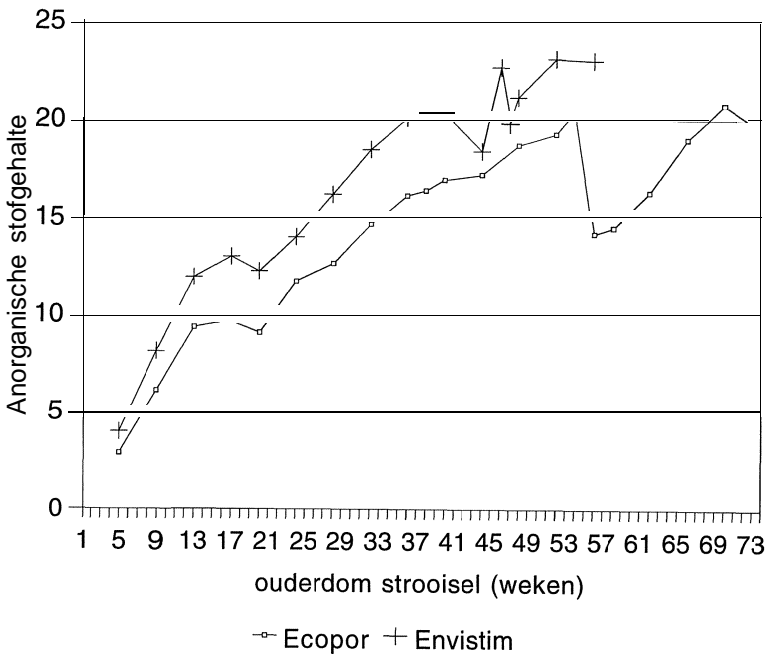
Table 15: Weight (%) of different particle sizes of the Envistim system on different moments

	Start	Bijvullen	Eind 1	Eind 2	Eind 3*
kleiner dan 1 mm	19,7	10,8	6,7	11,3	17,7
1 tot 2 mm	38,2	13,2	35,5	22,2	22,6
2 tot 4 mm	23,1	29,6	33,5	27,0	31,0
4 tot 8 mm	13,1	31,3	20,2	22,7	28,7
8 tot 16 mm	5,5	10,6	4,0	16,0	0,0
16 tot 30 mm	0,1	4,5	0,0	0,8	0,0
groter dan 30 mm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

\* vele klonters strooisel hebben de resultaten beïnvloed.



Figuur 12: Ammoniumgehalte in het strooisel  
 Figure 12: Ammonium content in the litter



Figuur 13: Anorganische stof in de droge stof  
 Figure 13: Anorganic matter in the dry matter

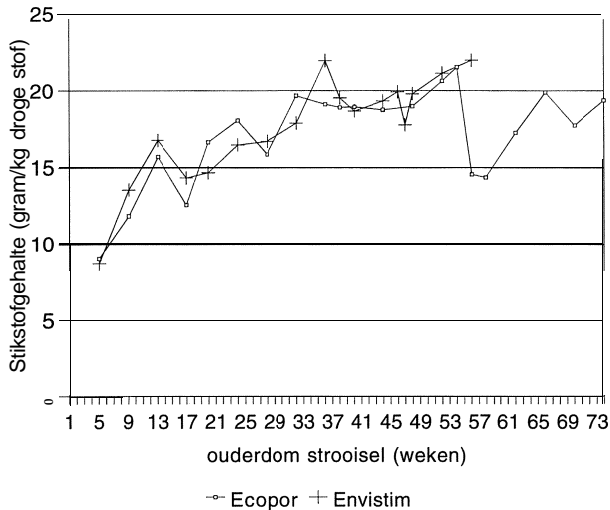
organische stofgehalte.

In figuur 14 is de hoeveelheid totaal stikstof in de droge stof van beide strooiselsystemen weergegeven.

Hieruit blijkt dat de totale hoeveelheid stikstof in de loop van de tijd toenam. Echter de toename was verhoudingsgewijs minder in vergelijking met de kalium- en fosfortoename. Hieruit kan al afgeleid worden dat een deel van de stikstof uit het systeem is verdwenen.

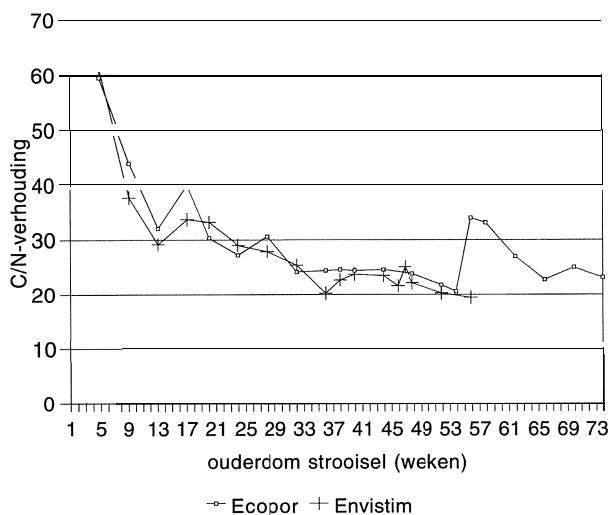
De koolstof/stikstof-verhouding in het strooisel is in figuur 15 weergegeven.

Uit deze figuur blijkt dat de C/N-verhouding direct na het opstarten van een strooiselsysteem snel daalde. Door de dikkere strooisellaag bij het Ecoporsysteem daalde de C/N-verhouding minder snel. Beide systemen functioneerden slechter bij een C/N-verhouding van 20 of lager. De toename van de C/N-verhouding aan het eind bij het Ecopor-



Figuur 14: Stikstofgehalte in de droge stof in het strooisel

Figure 14: Nitrogen content in the dry matter of the litter



Figuur 15: De C/N-verhouding in het strooisel

Figure 15: The carbon/nitrogen proportion in the litter

systeem is te verklaren door de toevoeging van vers strooisel.

De pH van het strooisel is vergelijkbaar met normale pH waarde van mest (pH 8-9). Vers strooisel heeft een pH van 6. Door toevoegen van mest steeg deze binnen één maand tot boven een pH van 8.

In de bijlagen 5a en 5b is te zien dat bij het Envistimsysteem aan het eind van de tweede ronde de nitrificatie gestopt is. Bij het Ecoporsysteem stopte nitrificatie pas aan het eind van de derde ronde (bijlagen 5c en 5d). Door leegstand en toevoegen van strooisel is nitrificatie weer op gang gekomen. Voor nitrificatie is zuurstof nodig zoals reeds is aangegeven. Daarom moet het strooisel rul zijn en niet te nat. Daalt het droge-stofgehalte bij het Envistimsysteem beneden de 40% en bij het Ecoporsysteem beneden de 37% dan stopt de nitrificatie.

#### *Mineralenbalans Ecopor*

Na de derde ronde is 20,5m<sup>3</sup> strooisel uitgehaald. Het gewicht van de afgevoerde hoeveelheid strooisel was 15.260 kg. Per kg bevatte dit strooisel 7,34 gram stikstof, 3,67 gram fosfor en 13,5 gram kalium.

Na de vierde ronde is het gehele strooiselbed afgevoerd. De totale hoeveelheid afgevoerd strooisel was 70 m<sup>3</sup> met een gewicht van 52.550 kg. Per kg bevatte dit strooisel 6,83 gram stikstof, 3,60 gram fosfor en 12,4 gram kalium.

De totale aangevoerde hoeveelheid startvoer was 18.254 kg en voor afmestvoer was dit 56.881 kg. In totaal zijn 310 slachtrijpe vleesvarkens afgevoerd en 10 dieren uitgevallen. Het gewicht van het nieuwe aange-

voerde strooisel bedroeg 39.416 kg. In tabel 16 is de mineralenbalans voor kalium, fosfor en stikstof gegeven.

Uit de mineralenbalans blijkt fosfor en kalium binnen een marge van 10% sluitend te zijn. Uit de stikstofbalans blijkt dat 48% van de aangevoerde stikstof of 67% van de met mest en urine uitgescheiden stikstof niet teruggevonden is in het strooisel. Met het Ecoporsysteem is in totaal 3,0 kg pure stikstof per varkensplaats per ronde verdwenen.

#### *Mineralenbalans Envistim*

Circa 9,5m<sup>3</sup> strooisel is tussentijds afgevoerd. Het totale gewicht daarvan bedroeg 6.175 kg. Dit strooisel bevatte 8,0 gram stikstof, 4,75 gram fosfor en 17,3 gram kalium per kg strooisel. Na de derde ronde is het gehele strooiselbed afgevoerd. Dit was 40 m<sup>3</sup> strooisel met een gewicht van 30.160 kg. Per kg bevatte dit strooisel 8,3 gram stikstof, 4,64 gram fosfor en 16,85 gram kalium.

De totale aangevoerde hoeveelheid startvoer was 12.584 kg en voor afmestvoer was dit 42.616 kg. In totaal zijn 225 slachtrijpe vleesvarkens afgevoerd en 15 dieren uitgevallen. Het gewicht van het nieuwe aangevoerde strooisel bedroeg 16.875 kg. In tabel 17 is de mineralenbalans voor kalium, fosfor en stikstof gegeven.

Uit de mineralenbalans blijkt ook hier fosfor en kalium binnen een marge van 10% sluitend te zijn. Uit de stikstofbalans blijkt dat 51% van de aangevoerde stikstof of 71% van de uitgescheiden stikstof niet teruggevonden is in het strooisel. Met het Envistimsysteem is in totaal 3,3 kg pure stikstof per varkensplaats per ronde verdwenen.

Tabel 16: Mineralenbalans voor het Ecoporsysteem

Table 16: Mineral balance from the Ecopor system

	Stikstof	Fosfor	Kalium
input			
voer	1988,4	364,6	978,8
vers strooisel	29,7	16,	99,
output			
oud strooisel	470,9	245,2	857,6
karkassen	578,4	124,4	49,8
input-output	909,4	-3,4	81,3



#### 4.2.6 Reductie van mestvolume

In de referentie-afdeling is gedurende één ronde de mestproduktie van de varkens bijgehouden. In de derde ronde (22-10-1991 tot 11-2-1992) is een totale mestproduktie van 48,5m<sup>3</sup> vastgesteld (inclusief reiniging). Per varkensplaats is gedurende deze ronde 450 liter mest geproduceerd. Aangenomen is dat in alle systemen per ronde dezelfde mestproduktie per vleesvarkensplaats gerealiseerd wordt. In tabel 18 staan de berekeningen van de reductie in mestvolume van beide strooiselsystemen.

Het mestvolume nam af met respectievelijk 37% en 54% door mest te composteren in een Ecopor- of Envistimsysteem. Het Envistimsysteem gaf een grotere volumereductie omdat vanaf vijf weken na opleg het strooisel twee keer per week intensiever bewerkt werd, fijner strooisel gebruikt is en geen vloeibaar additief gebruikt is.

#### 4.3 Arbeid

Bij aanvang van de proef is gedurende enkele maanden handmatige strooisel bewerking uitgevoerd. In de loop van de tijd nam de zwaarte van het werk dusdanig toe dat overgeschakeld is op bewerking met een minikraan. In tabel 19 is aangegeven hoeveel tijd nodig was bij handmatige bewerking (eerste ronde) en bij bewerking met een minikraan (derde ronde). Deze tijden gelden voor afdelingen met 80 varkens op diepstrooisel. De tijden voor beide systemen zijn berekend per bewerking en per ronde (17 weken).

Handmatige bewerking in kleine afdelingen zoals in dit onderzoek kostte minder tijd dan bij bewerking met een minikraan. Bij het Envistimsysteem was per keer minder tijd nodig om het strooiselbed te bewerken. Vanaf de vijfde week na opleg tot aan het afleveren werd het strooiselbed echter twee keer per week bewerkt zodat uiteindelijk voor het Envistimsysteem toch meer tijd nodig was. In dit onderzoek kostte het mechanisch

Tabel 17: Hoeveelheid afgevoerde mineralen met strooisel uit het Envistimsysteem  
*Table 17: Amount of minerals accumulated in the litter of the Envistim system*

	Stikstof	Fosfor	Kalium
input			
voer	1459,0	270,9	722,4
vers strooisel	12,7	07,	4,2
output			
oud strooisel	299,7	169,2	615,0
karkassen	421,3	90,6	36,2
input-output	750,7	11,8	75,4

Tabel 18: Mestproduktie per dierplaats per ronde en de gerealiseerde volumereductie door strooiselsystemen

*Table 18: Slurry production per animal and the reduction in slurry volume with deep litter systems*

	Ecopor	Envistim
mestproduktie (liter)	450	450
strooiselproduktie (liter)	283	206
volumereductie (liter)	167	244
volumereductie (%)	37	54

bewerken van het strooiselbed per opgelegd varken per ronde 27,2 minuten bij het Ecopor- en 31,1 minuten bij het Envistimsysteem. De benodigde tijd voor het uithalen en bijvullen van strooisel is ook gemeten. Het uithalen bestond uit het uitgraven, het naar buiten transporteren en het storten van het strooisel in een container. Het vullen en uithalen van het complete strooiselbed en het tussentijds gedeeltelijk vervangen is bij beide systemen minimaal één keer uitgevoerd. Het compleet vullen van het Ecoporsysteem is bij opstart door middel van zakgoed gedaan. Het Envistimsysteem is de eerste keer gevuld met zaagsel direct vanuit een container met behulp van perslucht. De benodigde tijd voor beide genoemde werkzaamheden is niet geregistreerd. Het Envistimsysteem is nog een tweede keer opgestart en gevuld met behulp van een bobcat. In tabel 20 zijn de tijden die nodig waren voor inbrengen en

uithalen van strooisel gegeven.

In deze tabel zijn geen tijden berekend voor het tussentijds op niveau brengen van het strooisel. Per opgelegd varken was voor het Ecopor- en het Envistimsysteem respectievelijk 12,7 en 8,2 minuten extra tijd nodig voor de inbrengen en uithalen van strooisel. Ongeveer 75% van de extra tijd werd besteed aan het uithalen van strooisel.

In totaal was per dier in het Ecoporsysteem 39,9 minuten tijd nodig om de strooiselbewerkingen uit te voeren. Voor het Envistimsysteem bedroeg dit 39,3 minuten.

Door het achterwege laten van normale reinigingswerkzaamheden tussen de ronden kan ongeveer 3 minuten per varkensplaats bespaard worden. De extra arbeidbehoefte voor strooisel bewerking vanaf het strooiselbed bedroeg voor beide diepstrooiselsystemen ongeveer 36,5 minuten per varkensplaats per ronde.

Tabel 19: Taaktijden (minuten) per bewerking en per ronde voor de diepstrooiselsystemen (naar: Roelofs et al., 1993)

Table 19: Time requirement per litter treatment and per batch (minutes)

	Ecopor		Envistim	
	per keer	per ronde	per keer	per ronde
handmatig	127	2159	63	1890
minikraan	128	2176	83	2490

Tabel 20: Benodigde tijd voor geheel en gedeeltelijk inbrengen en uithalen van diepstrooiselsystemen (in minuten)

Table 20: Time requirement for complete and partly replacement of litter per m<sup>3</sup> and per pig (minutes)

	totale tijd	aantal m <sup>3</sup>	per m <sup>3</sup>	per varken
<b>Ecopor</b>				
geheel uithalen	2370	70	33,9	7,4
deel uithalen	780	20,5	38,0	24,
geheel inbrengen	649*	103	63,	20,
deel inbrengen	300	35	86,	0,9
<b>Envistim</b>				
geheel uithalen	1125	40	28,1	4,7
deel uithalen	420	9,5	44,2	1,8
geheel inbrengen	285	45	63,	12,
deel inbrengen	130	15	87,	05,

\* deze waarde is berekend door de tijd per m<sup>3</sup> strooisel bij inbrengen van het Envistimsysteem te gebruiken en te vermenigvuldigen met 103 m<sup>3</sup>.

## 5 RESULTATEN ONDERZOEK STERKSEL

### RESULTS RESEARCH AT STERKSEL

#### 5.1 Resultaten

Alle resultaten in dit onderzoeksdeel zijn beschrijvend en de cijfers zijn dus niet getoetst. De technische resultaten zijn per strooiselbed gegeven. Binnen het eerste strooiselbed (bed 1) is geen verschil meer gemaakt tussen 0,8 en 0,9m<sup>2</sup> oppervlak per varken in verband met verstrengelingen in de proefopzet en de kleine aantallen. Tijdens het eerste bed is wel consequent vastgehouden aan een continu systeem voor opleggen en afleveren van de varkens. Binnen het tweede strooiselbed (bed 2) is geen verschil meer gemaakt in gehele of gedeeltelijke vervanging van het eerste strooiselbed. Tijdens het tweede bed is wel consequent vastgehouden aan all in-all out van de dieren.

##### 5.1.1 Mesterijresultaten

In tabel 21 zijn de mesterijresultaten weer-

Tabel 21: Mesterijresultaten

Table 21: *Growth results*

	bed 1	1991	bed 2	1992
aantal opgelegd	373	928 <sup>*</sup>	432	936 <sup>*</sup>
begingewicht (kg)	24,2	24,6	22,9	24,4
eindgewicht (kg)	109,1	109,8	107,4	111,1
aantal mestdagen	120	115	116	114
groeisnelheid (g/dag)	711	738	728	755
voederconversie	2,96	2,87	3,07	2,95
voeropname (kg/dag)	2,10	2,12	2,23	2,23

\* gemiddeld aantal aanwezige dieren in dat jaar op het bedrijf.

Tabel 22: Slachtresultaten

Table 22: *Slaughterhouse results*

	bed 1	1991	bed 2	1992
aantal dieren	373		432	
percentage geclassificeerd	97,3		99,3	
percentage AA	5,3	10,0	4,7	10,9
percentage A	67,7	71,4	74,8	72,8
percentage B + C	27,0	18,6	20,5	16,3
vleespercentage	52,9	52,9	54,6	54,6

gegeven over alle ronden en uitgesplitst naar strooiselbed. Ter vergelijking zijn de jaarresultaten van het bedrijf over die periode bijgevoegd.

De resultaten op bed 1 zijn deels behaald in de periode dat de ziekte PRRS op het bedrijf heerste. Het lijkt erop dat varkens op het diepstrooiselsysteem gemiddeld een hogere voederconversie en een lagere groei per dag realiseren. De voeropname per dag lijkt vergelijkbaar.

##### 5.1.2 Slachtresultaten

In tabel 22 staan de slachtresultaten weergegeven over het gehele onderzoek en uitgesplitst naar strooiselbed. Ter vergelijking zijn de jaarresultaten van het bedrijf bijgevoegd.

De vleespercentages zijn niet verschillend tussen diepstrooiselvarkens en traditioneel

gehuisveste vleesvarkens. De classificatie van de diepstrooiselvarkens lijkt, vooral bij het eerste strooiselbed, iets minder gunstig te zijn.

### 5.1.3 Gezondheid

#### *Uitval*

Bij het eerste strooiselbed zijn negen dieren (2,4%) en bij het tweede bed zijn vijf dieren (1,2%) uitgevallen. De gemiddelde uitval van het bedrijf in 1991 en 1992 bedroeg respectievelijk 1,7% en 1,6%. De uitvalspercentages bij het diepstrooiselsysteem lijken vergelijkbaar hiermee.

#### *Veterinaire behandelingen*

In tabel 23 staan de aantallen dieren vermeld die individueel behandeld zijn wegens gezondheidsstoornissen. De reden van behandeling en het aantal behandelingen per behandeld dier zijn ook vermeld. De gegevens zijn inclusief de uitgevallen die-

Tabel 23: Veterinaire behandelingen

Table 23: Veterinairy treatments

	bed 1	bed 2
aantal opgelegde dieren	373	432
aantal behandelde dieren	63	59
percentage behandelde dieren	16,9	13,7
aantal dieren behandeld voor:		
- diarree	7	0
- staartbijten	0	0
- beenwerkaandoeningen	36	36
- longaandoeningen	18	26
- achterblijvers	12	7
- diversen	5	15
aantal behandelingen/behandeld dier	1,6	2,6

Tabel 24: Resultaten van het long- en leveronderzoek

Table 24: Results of lung and liver research

	bed 1	1991	bed 2	1992
aantal onderzochte karkassen	326		419	
percentage niet aangetast	97,5	95,5	95,0	95,4
percentage dieren met:				
- aangetaste longen	2,2	3,1	4,3	4,0
- aangetaste of afgekeurde lever	0,1	0,3	1,2	0,2
- pleuritis	0,2	0,8	0	0,3

ren. Groepsbehandelingen zijn tijdens het onderzoek niet voorgekomen. Een aantal dieren is behandeld voor meerdere aandoeningen. Deze zijn echter éénmaal meegenomen in het totaal aantal behandelde dieren.

Bij een onderzoek naar verschillende ventilatiesystemen bij vleesvarkens op het Varkensproefbedrijf te Sterksel is een percentage behandelde dieren variërend van 22,3% tot 40,8% (Hoofs en van Rooy, 1993) vastgesteld. Ten opzichte van die resultaten lijken bij het diepstrooiselsysteem minder vleesvarkens behandeld te moeten worden voor gezondheidsproblemen.

#### *Long- en leveronderzoek*

In tabel 24 staan de resultaten van het uitgevoerde long- en leveronderzoek gedurende het onderzoek per strooiselbed gegeven. De jaarcijfers van het bedrijf (Hoofs en van Rooy, 1993) zijn bijgevoegd.

Long- en leveraantastingen op diepstrooisel lijken toe te nemen in de loop van de tijd. Het tweede strooiselbed heeft meer leverafwijkingen opgeleverd. Het percentage niet aangetaste longen en levers lijkt bij een diepstrooiselsysteem vergelijkbaar met gang bare systemen.

#### Mestanalyses

Van twee hokken met vijf maanden oud strooisel zijn mengmonsters gemaakt van verse mest. Beide monsters waren vrij van parasieteneieren, coccidiën, Salmonella en E.Coli.

#### 5.1.4 Klimaat en emissies

##### Staltemperatuur

Over de gehele onderzoeksperiode is de staltemperatuur genoteerd. De klimaatinstellingen zijn in bijlage 8 terug te vinden. In figuur 16 staan de staltemperaturen weergegeven.

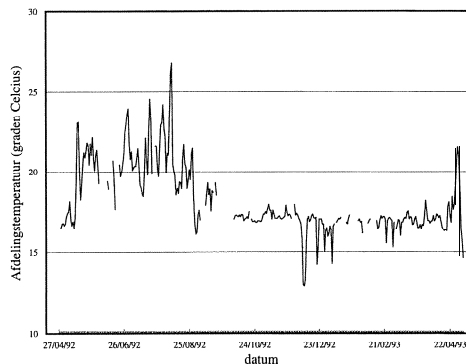
Duidelijk zijn de seizoensinvloeden op de staltemperatuur te zien. In de afdelingen is gestreefd naar een staltemperatuur van 17°C. Voorverwarming van binnenkomende lucht blijkt voldoende te zijn geweest om de staltemperatuur rond de streeftemperatuur te houden in koude periodes. De temperatuur is alleen tijdens leegstand onder 10°C geweest. Bij de opvang van jonge biggen was de staltemperatuur te laag waardoor een extra warmtebron nodig was. Daarvoor is een hete luchtkanon gebruikt in de stal.

##### Relatieve luchtvochtigheid

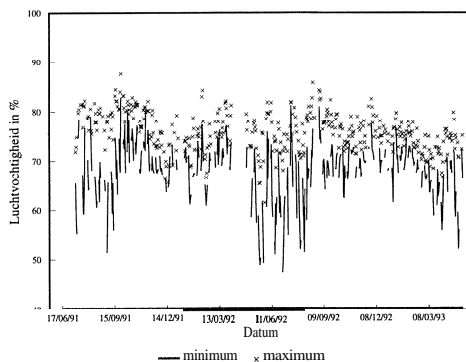
In figuur 17 zijn de minimale en maximale relatieve luchtvochtigheid weergegeven die dagelijks geregistreerd zijn door de klimaatcomputer.

De maximale relatieve luchtvochtigheid is onder 90% gebleven

In figuur 18 is de emissie van vocht uit het



Figuur 16: Staltemperaturen  
Figure 16: Room temperatures



Figuur 17: Minimale en maximale relatieve luchtvochtigheid  
Figure 17: Minima/ and maximum relative moisture content in the air

tweede bed in de diepstrooiselstal weergegeven.

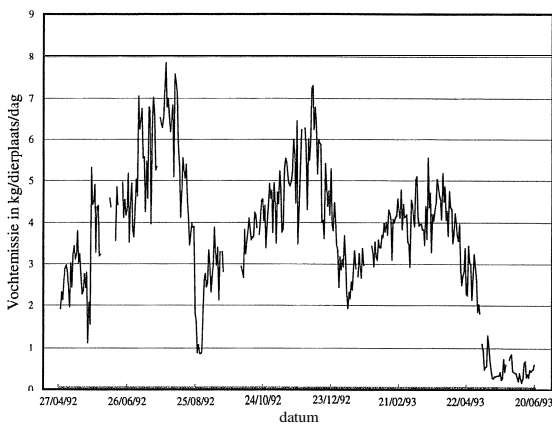
In figuur 18 is te zien dat in de loop van een ronde de emissie van vocht toenam. Over ronden heen nam de emissie van vocht af door vermindering van de biologische activiteit in het strooiselbed en de koelere omgeving, waardoor minder vocht is verdampst.

In figuur 19 zijn de concentraties ammoniak en lachgas weergegeven.

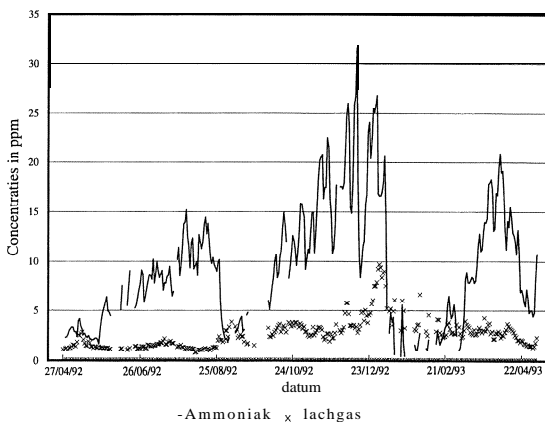
Tijdens de eerste ronde zijn vrij lage concentraties ammoniak en lachgas gemeten. Er is toen ook veel geventileerd en het

strooiselbed had de beoogde temperatuur. In de volgende koudere periode is minder geventileerd en zijn de composteringstandigheden ongunstiger geworden. Door deze factoren is de concentratie ammoniak- en lachgas toegenomen.

Van de laatste vier maanden van het eerste strooiselbed zijn de emissies niet vermeld omdat deze niet beoordeeld zijn voor het systeem. Het eerste strooiselbed was biologisch vrijwel inactief en er zijn weinig varkens in deze periode afgemest. Van het tweede strooiselbed zijn de ammoniak- en lachgasemissies dagelijks gemeten. In figuur 20 zijn de emissies per dierplaats per



Figuur 18: Vochtemissie uit het tweede strooiselbed  
*Figure 18: Moisture emission from the second litter system*

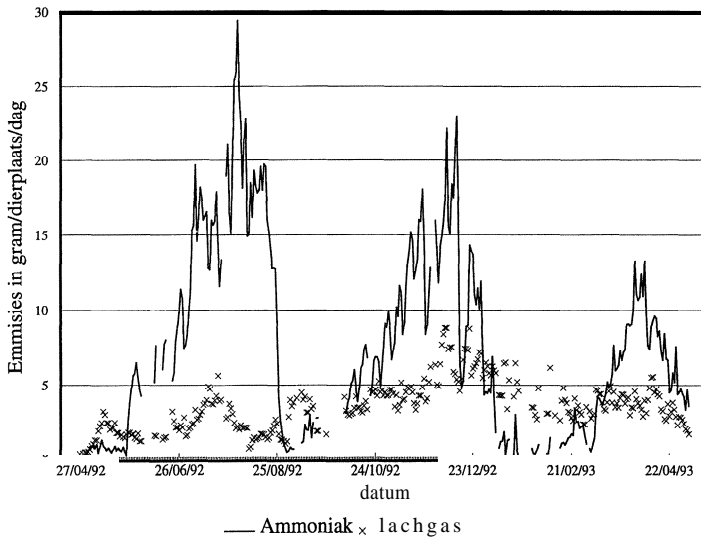


Figuur 19: Ammoniak- en lachgasconcentraties in de diepstrooiselstal  
*Figure 19: Ammonia and nitrous oxide concentrations in the unit*

dag weergegeven.

Uit deze figuur blijkt dat de ammoniakemissie gedurende de eerste ronde vrij hoog was. Dit was een zomerronde en het betrof een nieuw nog niet gestabiliseerd biologisch systeem. In de tweede ronde was de ammoniakemissie lager. In de derde ronde was de emissie nog lager ondanks het verminderen van de biologische activiteit in het strooisel. De lachgasemissie was gedurende de eerste ronde laag maar nam in de loop van de tweede

ronde toe waarna deze in de derde ronde weer afnam. In tabel 25 staan de ammoniak- en lachgasemissies. In deze berekeningen zijn de emissies van de tussentijdse leegstand niet meegenomen. Indien de cijfers van één jaar lang meten (27/4/1992 tot 27/4/1993) worden genomen (inclusief 7 dagen leegstand) bedragen de ammoniak- en lachgas en vochtmissies per dierplaats per jaar respectievelijk 2,90 kg, 1,31 kg en 1501,57 kg.



Figuur 20: Ammoniak- en lachgasemissie uit het tweede strooiselsysteem  
 Figure 20: Ammonia and nitrous oxide emissions from the second litter system

Tabel 25: Ammoniak- en lachgasemissies van drie ronden  
 Table 25: Emissions of ammonia and nitrous oxide during three batches

	ronde 1	ronde 2	ronde 3
afmestperiode (1992-1993)	27/4-25/8	1/9-29/12	30/12-4/5
aantal meetdagen	105	99	106
aantal waarnemingen per dag	10,4	11,0	10,6
staltemperatuur (°C)	20,3	17,1	17,0
ventilatie (m <sup>3</sup> /dierplaats/uur)	92,3	44,4	37,9
NH <sub>3</sub> -concentratie (mg/m <sup>3</sup> )	5,12	9,58	5,98
NH <sub>3</sub> -emissie (g/dierplaats/ronde)	1254	1082	583
N <sub>2</sub> O-concentratie (mg/m <sup>3</sup> )	2,59	6,18	6,28
N <sub>2</sub> O-emissie (kg/dierplaats/ronde)	264	574	492
H <sub>2</sub> O-concentratie (g/m <sup>3</sup> )	13,57	10,42	9,30
H <sub>2</sub> O-emissie (kg/dierplaats/ronde)	543,1	521,4	455,1

## 5.2 Composterende werking diepstrooisel-systeem

### 52.1 Temperatuur in strooisel

In figuur 21 is het verloop in de strooiseltemperatuur weergegeven.

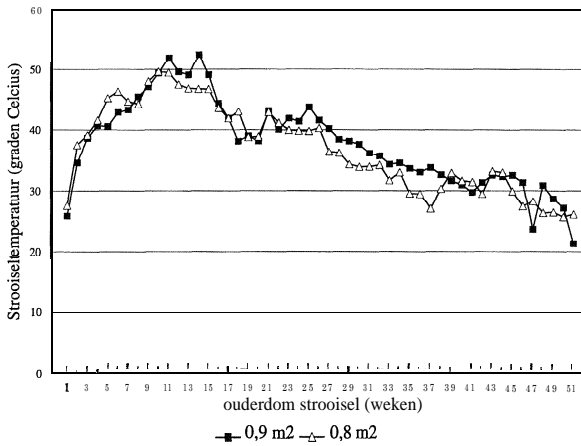
Gedurende deze onderzoeksperiode werd het strooiselbed zwaarder belast dan voorgeschreven. Na twee ronden is de strooiseltemperatuur reeds onder 30°C gedaald.

Door een periode van leegstand in te bouwen en minder dieren op te leggen is getracht de biologische activiteit terug te krijgen in het strooisel. De temperaturen zijn

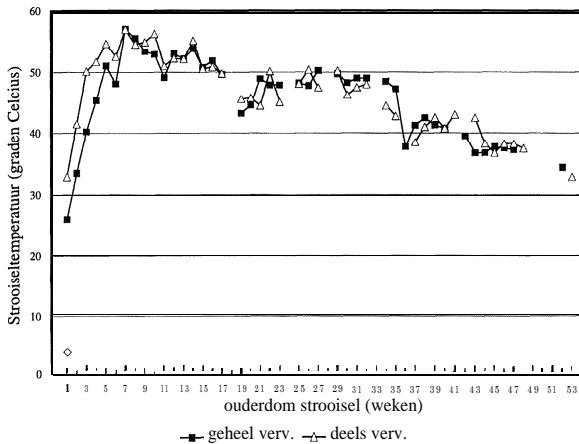
niet meer boven 35°C gekomen en na enkele weken was er vrijwel geen biologische activiteit meer in het strooisel.

In figuur 22 is het verloop van de strooiseltemperatuur van het tweede strooiselbed weergegeven.

Uit deze figuur blijkt dat een systeem waarbij het strooisel gedeeltelijk is vervangen sneller op temperatuur kwam dan een compleet vervangen strooiselbed. Dit gold voor de eerste zes weken na het opstarten. Daarna zijn vrijwel geen verschillen meer gevonden in de strooiseltemperatuur over de



Figuur 21: Strooiseltemperatuur in het eerste strooiselbed  
*Figure 21: Temperature in the litter of the first system*



Figuur 22: Strooiseltemperatuur in het tweede strooiselbed  
*Figure 22: Temperature in the litter of the second system*



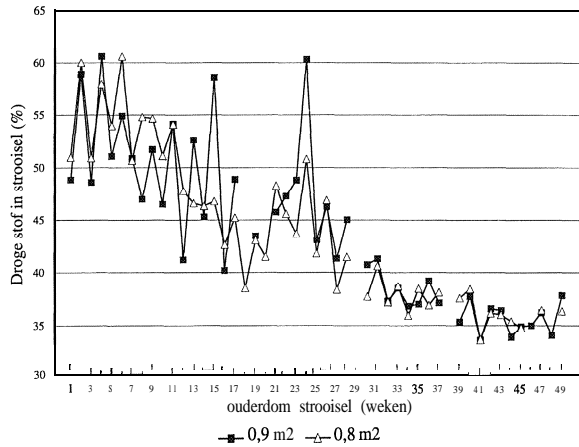
daarop volgende periode van één jaar. In vergelijking met het eerste strooiselbed zijn hogere strooiseltemperaturen verkregen en bleven deze op een hoger niveau bij een gangbare bezetting van 1,0m<sup>2</sup> per dier. Bij een grotere dierdichtheid was de biologische activiteit zichtbaar sneller uit het systeem. Aan het eind van de eerste ronde zijn al temperaturen van minder dan 40°C gemeten bij een te zwaar belast systeem terwijl dit bij een normale dierbelasting (1 m<sup>2</sup>/dier) pas aan het eind van de tweede ronde gemeten wordt.

### 5.2.2 Droge-stofgehalte in strooisel

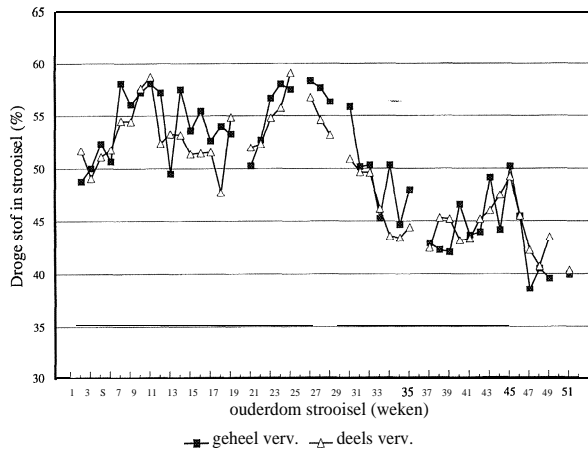
In figuur 23 is het verloop in droge-stofgehalte van het eerste strooiselbed weergegeven.

Hieruit blijkt dat direct na het opstarten het droge-stofgehalte enigszins toenam en na ongeveer 7 weken weer begon te dalen. Na ongeveer 30 weken bleef het droge-stofgehalte structureel onder de 40%.

In figuur 24 is het verloop in droge-stofgehalte van het tweede strooiselbed weergegeven



Figuur 23: Droge-stofgehalte van het eerste strooiselbed  
 Figure 23: Dry matter content of the litter of the first system



Figuur 24: Droge-stofgehalte van het tweede strooiselbed  
 Figure 24: Dry matter content of the litter of the second system

Hieruit blijkt dat het droge-stofgehalte gedurende de eerste ronde toenam en na 10 weken langzaam daalde. In de tweede ronde nam het droge-stofgehalte weer toe maar 5 weken na opleg daalde deze sneller en naar een lager niveau in vergelijking met de eerste ronde. Het droge-stofgehalte daalde tot ongeveer 43% aan het eind van de tweede ronde. Na start van de derde ronde herstelde het bed zich enigszins maar het droge-stofgehalte daalde uiteindelijk tot onder de 40%.

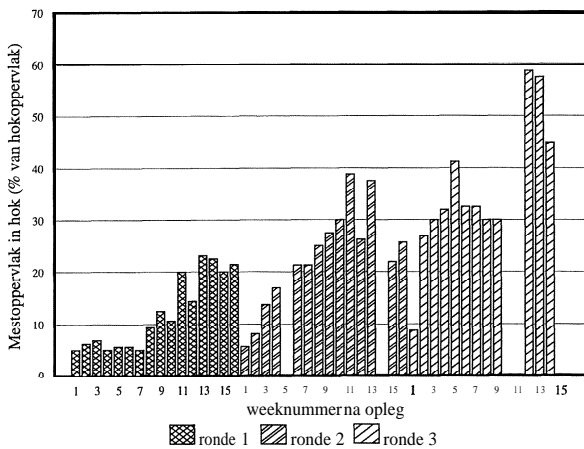
### 5.2.3 Mestplek en bevuilding

In figuur 25 zijn de meetresultaten van de grootte van de mestplek weergegeven.

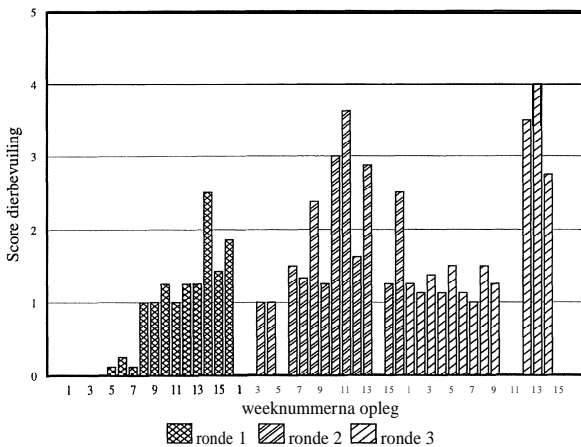
In deze figuur is te zien dat in de loop van elke ronde het oppervlak mest in een hok toenam door de toename in mestproductie. Over ronden heen werd het percentage mestoppervlak steeds groter door het vochtiger worden van het strooisel. In ronde 1, 2 en 3 bedroegen de gemiddelde percentages mestoppervlak per hok respectievelijk 12%, 23% en 35%.

In figuur 26 is de bevuildingsscore van de vleesvarkens weergegeven van drie ronden.

Uit figuur 26 blijkt dat de bevuilding van de dieren toenam in de loop van een ronde. In opeenvolgende ronden raakten dieren steeds meer bevuild. Dit kan verklaard wor-



Figuur 25: Percentage van het hok bevuild met mest  
 Figure 25: Dirtiness (manure) in a pen as percentage of the total surface



Figuur 26: Bevuildingsscore van dieren  
 Figure 26: Dirtiness score of animals

den door de toename in grootte van de mestplekken en het vochtiger en viezer worden van het strooisel. In ronde 1, 2 en 3 bedroegen de gemiddelde bevuilingscores van de dieren respectievelijk 0,8, 1,7 en 1,8. De eerste ronde scoorde gunstiger in vergelijking met de volgende ronden.

#### 5.2.4 Verbetering van de composterende werking

Van het eerste strooiselbed werd na een half jaar het droge-stofgehalte in een aantal hokken duidelijk te laag. Verscheidene maatregelen zijn genomen om de composterende werking van het strooiselbed weer op gang te kunnen krijgen. De belangrijkste parameters daarbij waren een stijgende strooiseltemperatuur en droge-stofgehalte in het strooisel.

##### *Afvoeren doorsijpelend vocht*

Bij aanvang van het onderzoek zijn de uitstroomopeningen van alle drainbuizen met deksels afgesloten. In januari 1992 (onder slechte composteringsomstandigheden) is onder elk hok één buis opengemaakt. Op 13 februari 1992 zijn alle drainbuizen onder één strooiselbed geopend. In tabel 26 is de invloed van de afvoer van strooiselvocht op het herstel van de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte gegeven.

Uit deze tabel blijkt dat de temperatuur van het strooisel bed met geopende drain buizen in eerste instantie iets gestegen was na het openen van de drains. Deze stijging was grotendeels toe te schrijven aan twee hokken die tijdelijk leeg hebben gestaan van

week 0 tot week 4. Opleggen van dieren had direct een daling van de strooiseltemperatuur tot gevolg. Het droge-stofgehalte leek niet direct beïnvloed te worden door het afvoeren van vocht. Uit dit alles blijkt dat het afvoeren van overtollig vocht uit een niet goed functionerend systeem, geen effect had op de composterende werking.

##### *Vermindering dierbezetting*

Om het bed minder te belasten is in vier hokken overgeschakeld op een lagere bezetting, 1,3 m<sup>2</sup> per dier (op 28-10-1991). In tabel 27 staan de effecten ervan op de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte in het strooiselbed gegeven.

Hieruit blijkt dat terugbrengen van het aantal dieren geen stijging van de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte van het strooisel tot gevolg had. De droge-stofgehaltes en de temperaturen bleven in vrijwel alle gevallen dalen.

In tabel 28 is de invloed van leegstand op de temperatuur en het droge-stofgehalte in het strooisel weergegeven. Tijdens de perioden van leegstand is het strooisel nog één keer omgezet volgens de normale werkwijze.

Uit tabel 28 blijkt dat leegstand een stijging van de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte met zich meebracht. Bij goed composterend strooisel steeg de temperatuur sneller dan bij minder goed composterend strooisel. Bij de eerste leegstand van hok 5 en 6 bleek ongeveer één week nodig te zijn om de temperatuur weer ruim boven de 40°C te krijgen. Bij de tweede periode

Tabel 26: Invloed van het al dan niet afvoeren van overtollig vocht op de strooiseltemperatuur (°C) en het droge stofpercentage (ds%)

Table 26: Influence of draining on the temperature (°C) and dry matter content (ds%)

	drains open		drains dicht	
	°C	ds%	°C	ds%
week 0	26	38	28	35
week 1	29	37	26	36
week 2	35	37	31	35
week 3	34	37	30	36
week 4	33	38	28	36
week 5	28		25	
week 6		37		34

van leegstand in hok 5 duurde het zelfs meer dan drie weken om de temperatuur boven de 30°C te krijgen. Intensiever en vaker omzetten van strooisel in lege hokken en/of nieuw strooisel toevoegen zorgt voor een verhoging van de temperatuur in het strooisel en een geringe stijging van het droge-stofgehalte van het strooisel. Om echter een duidelijke stijging in het droge-stofgehalte van het strooisel te kunnen vaststellen is een veel langere periode van leegstand nodig.

#### *Frezen van het strooisel*

Het strooiselpakket is tweemaal doorwerkt met een spittreesmachine tot een diepte van ± 50 cm. In tabel 29 is het temperatuursverloop in het strooisel in diverse hokken na

bewerking met een spittrees weergegeven. Na de eerste keer bewerken van het strooiselbed was in de hokken 3, 6 en 8 een lichte stijging van de temperatuur waar te nemen. In deze hokken waren geen dieren meer aanwezig. In de andere hokken waren nog maar drie dieren per hok aanwezig. Dit aantal dieren bleek in staat om de temperatuurstijging te verhinderen. Na de tweede bewerking waren ook de overige hokken leeg en bleek in alle hokken een stijging van de temperatuur op te treden.

#### 5.2.5 Strooiselverbruik en strooiselproductie. *Strooiselverbruik*

In totaal is voor het eerste strooiselbed 150 m<sup>3</sup> strooisel gebruikt. Hiervan is 110 m<sup>3</sup>

Tabel 27: Effect van al dan niet terugbrengen van de dierbezetting op temperatuur (°C) en droge-stofgehalte (ds%)

Table 27: Effect of a reduction in the number of animals on temperature (°C) and dry matter content (ds%)

	aantal dieren	hok 1		hok 3		aantal dieren	hok 2		hok 4	
		°C	ds%	°C	ds%		°C	ds%	°C	ds%
- dag 7	20	44		38		23	38		36	
- dag 4	20	39		41		23	38		36	
28-10-1991	14	40	41	41	44	14	38	41	36	36
+ dag 4	14	39		39		14	37		34	
+ dag 7	14	39		41		14	35		36	
+ dag 11	14	37	39	40	37	14	32	39	33	37
+ dag 21	14	36		39		14	30		39	

Tabel 28: Effect van leegstand op de temperatuur (°C) en het droge-stofgehalte (ds%)

Table 28: Effect of empty pens on the temperature (°C) and dry matter content (ds%) in the litter

	hok 5		hok 6		hok 8	
	°C	ds%	°C	ds%	°C	ds%
17-9-1991						
dag 2	36	47	42	42	26	
dag 9	44		45		28	35
dag 16	40	47	40	45	28	39
11-2-1992						
dag 2	25	34	25	35	32	
dag 9	25		23		44	39
dag 16	26	33	42	35	43	
dag 21	30		40			

bij het opstarten van het bed in de stal gebracht. De overige 40 m<sup>3</sup> is gedurende het jaar in kleinere hoeveelheden in de stal gebracht om het strooiselbed op voldoende niveau te houden. In totaal is per opgelegd vleesvarken 0,40 m<sup>3</sup> strooisel gebruikt. Voor het tweede strooiselbed is 23 m<sup>3</sup> oud strooisel in de stal achtergebleven en is in totaal nog 160 m<sup>3</sup> vers strooisel aangevoerd. Per opgelegd dier is in totaal dus 0,42 m<sup>3</sup> strooisel gebruikt waarvan 0,37 m<sup>3</sup> nieuw strooisel. Gedeeltelijke vervanging van strooisel leverde echter maar een zeer geringe besparing aan nieuw strooisel op.

#### Strooiselproductie

In april 1992 is van één stalhelft het complete strooiselbed afgevoerd en van de andere stalhelft een gedeelte (≈ 60%) van het strooiselbed. Het gewicht van het afgevoerde strooisel bedroeg 59.460 kg (ongeveer 85 m<sup>3</sup>). In totaal was ongeveer 108 m<sup>3</sup> strooisel in de stal. De totale hoeveelheid strooisel bedroeg omgerekend ongeveer 75.600 kg. Per opgelegd vleesvarken is 290 liter strooiselmest geproduceerd.

In juli 1993 is het gehele strooiselbed uit de stal afgevoerd. Het gewicht van het afgevoerde strooisel is niet vastgesteld. Het volume van het afgevoerde strooisel was 116 m<sup>3</sup>. Aangenomen is dat het soortelijk gewicht 675 kg per m<sup>3</sup> bedroeg. Het totale afgevoerde strooisel woog 78.300 kg. Per opgelegd vleesvarken is 269 liter strooiselmest geproduceerd.

In bijlage 9 staan de resultaten van de chemische samenstelling van het afgevoerde strooisel en het doorgelekte vocht,

In het afgevoerde strooisel van het eerste bed is geen nitraat gevonden, in het afgevoerde strooisel van het tweede bed wel. Bij het tweede bed is een periode van negen weken leegstand aangehouden tussen het afleveren van dieren en afvoeren van strooisel. Tussentijds is het strooisel nog bewerkt waardoor de nitrificatieprocessen weer op gang zijn gekomen. Gedurende deze periode heeft het systeem zich kunnen herstellen waardoor ook het droge-stofgehalte is toegenomen van 38% naar ruim 43%. Ook bleek een duidelijk hogere mineraleninhoud per kg droge stof in het strooisel van het tweede bed te zijn. Er zijn meer dieren op het tweede bed afgemest waardoor meer mest en mineralen in het strooisel zijn terecht gekomen.

#### 52.6 Mineralenbalansen

In tabel 30 zijn de mineralenbalansen van de twee strooiselbedden gegeven. Er is 17.006 kg startvoer en 73.551 kg afmestvoer gevoerd. Het gewicht van het afgevoerde strooisel is in paragraaf 52.5 gegeven. Het afgevoerde strooisel van bed 1 bevatte per kg produkt gemiddeld 5,75 g N, 3,33 g P en 11,6 g K en 369 g droge stof. Het afgevoerde strooisel van bed 2 bevatte per kg produkt gemiddeld 8,68 g N, 4,77 g P en 17,6 g K en 434 g droge stof.

Uit tabel 30 blijkt dat de mineralenbalans voor fosfor in beide strooiselbedden minder dan 10% afweek. De balans voor kalium week echter meer af. Ook uit deze balans blijkt weer dat meer dan 50% van de totale stikstofinput, ofwel meer dan 70% met mest

Tabel 29: Effect van bewerking met een spitfrees op de temperatuur van het strooisel (°C)  
 Table 29: Effect of litter treatment with a spitter on the temperature (°C) in the litter

hoknummer	2	4	6	8	1	3	5	7
24-3-1992	eerste bewerking met spitfrees, 50 cm diep							
dag 1	30	27	31	32	23	21	24	24
dag 3	27	23	34	34	21	23	23	23
dag 6	26	24	35	35	22	24	23	22
31-3-1992	tweede bewerking met spitfrees, 50 cm diep							
dag 1	26	28	40	38	23	25	34	37
dag 3	29	30	39	39	28	30	36	36
dag 7	33	35	40	39	31	31	36	39

en urine uitgescheiden stikstof, is verdwenen. Het stikstofverlies bedroeg bij het eerste en het tweede strooiselbed respectievelijk 3,4 kg en 3,6 kg per opgelegd dier.

### 5.2.7 Vochtbalans

Met de wateremissiegegevens van het tweede strooisel bed is een vochtbalans berekend. De volgende uitgangspunten zijn daarbij gehanteerd:

- de totaal gemeten vochtemissie tot het afleveren van het strooisel bedroeg 1532,8 kg/dierplaats;
- 40 kg vocht per varken wordt aangezet tijdens de groeiperiode;
- 88% droge stof in het voer;
- 50% droge stof in nieuw strooisel (1 m<sup>3</sup> losgestort strooisel woog 300 kg) (De Koning, 1993);
- vochtproductie van 0,25 kg per dierplaats per dag door afbraak van het strooisel (Van 't Klooster en Greutink, 1992);

- vochtproductie van 0,24 kg per dier per dag door afbraak van het voer;
- 20 liter vocht per week aangevoerd met toediening van het additief;
- een voer/waterverhouding van 1 : 2,0 (Van Cuyck, 1991);
- in de eerste, tweede en derde ronde is respectievelijk 200, 530 en 1580 liter vocht doorgesijpeld.

In tabel 31 wordt de vochtbalans gegeven.

Uit deze tabel blijkt dat de vochtinput 11.363 kg (4%) hoger was dan de vochtoutput. In het strooiselbed is in drie ronden 10.134 kg extra vocht opgeslagen vergeleken met het aangevoerde strooisel. Deze hoeveelheid vocht is maar 3,4% van de totale vochtinput. Ruim 75% van de vochtoutput is afgevoerd met de ventilatielucht.

Tabel 30: Mineralenbalansen van twee strooiselbedden

Table 30: Mineral balances from the two litter systems

	strooiselbed 1			strooiselbed 2		
	N	P	K	N	P	K
input						
voer	2385,3	421,6	1199,8	2927,2	517,3	1466,1
Vers strooisel	33,7	1,8	11,2	36,0	1,9	12,0
output						
oud strooisel	434,7	251,7	877,0	586,8	319,9	1190,9
karkassen	680,4	146,3	58,5	795,1	171,0	68,4
input-output	1303,9	25,4	275,2	1581,3	28,3	218,8

Tabel 31: Vochtbalans (in kg) van het tweede strooiselbed

Table 31: Moisture balance (in kg) of the second litter system

input	output
voer	varkens
13.323	17.120
strooisel	vochtemissie
34.184	220.723
drinkwater	strooisel
222.048	44.318
additief	lekvocht
1.040	2.310
afbraak strooisel	
12.960	
afbraak voer	
12.279	
<b>totaal</b>	<b>284.471</b>
<b>295.834</b>	

### 5.3 Arbeidsbehoefte en arbeidsbelasting

#### Arbeidsbehoefte

Voor het wekelijks begraven van de mestplekken, het toevoegen van het additief en het omzetten van het strooisel was gemiddeld ruim 1,5 minuut per varkensplaats per week nodig. De benodigde tijd per bewerking was onder andere afhankelijk van de hoeveelheid mest, het niveau van het strooi-, sel en de conditie van het systeem.

Voor het vullen van de putten met strooisel bij het opstarten van het strooiselsysteem waren 32 manuren nodig voor 130 m<sup>3</sup> strooisel. Dat komt overeen met 14,8 minuten arbeid per m<sup>3</sup>. Het losgestorte strooisel werd op een lopende band geschept en in de stal door een kraantje verspreid. Voor het vullen van het tweede strooiselbed waren negen manuren nodig voor 100 m<sup>3</sup> strooisel. Dit betekende 5,4 minuut per m<sup>3</sup> strooisel. Het strooisel is met behulp van een bobcat in de stal gebracht.

Voor het uithalen van 85 m<sup>3</sup> strooisel waren acht manuren nodig. Per m<sup>3</sup> afgevoerd strooisel betekende dit 5,6 minuten. Bij het uithalen van het tweede strooiselbed waren zes manuren nodig voor 58 m<sup>3</sup> ofwel 6,2 minuten per m<sup>3</sup> afgevoerd strooisel. In beide gevallen werd gebruik gemaakt van een loader.

Per varken per ronde was ongeveer 0,4 m<sup>3</sup> vers strooisel nodig en werd 0,28 m<sup>3</sup> strooisel afgevoerd. Voor het inbrengen en uithalen van het strooisel was per varken per ronde ongeveer 4 minuten extra nodig. In gangbare houderijsystemen wordt ongeveer 3 minuten per varkensplaats gerekend voor reiniging na elke ronde. De periodieke strooiselwerkzaamheden bij diepstrooiselsystemen zijn arbeidsintensiever dan het reinigen per varkensplaats.

Bij een duur van een mestrond van 17 weken betekende dit dat per afgeleverd dier ongeveer 29,5 minuten arbeid nodig was voor strooiselbewerkingen waarvan 14% bestond uit periodieke werkzaamheden exclusief tussentijds aanvullen van het strooisel. Indien 3 minuten reinigingswerkzaamheden per afgeleverd varken worden afgetrokken is de totale extra arbeid in een Ecoporsysteem 26,5 minuut per afgeleverd varken.

#### Arbeidsbelasting

De wekelijkse bewerking van het strooiselbed werd als tamelijk zwaar ervaren. Ondanks het feit dat de bewerking werd uitgevoerd met behulp van een zelfrijdende minikraan, was toch nog enige handarbeid vereist. Indien een hoek niet goed bereikbaar was, moest het werk met de hand gedaan worden. Daarnaast was ook het draaien van het hekwerk arbeidsintensief en vrij zwaar, vooral bij een te hoog strooiselniveau. De arbeidsomstandigheden tijdens het omzetten van het strooiselbed waren vooral ongunstig door het vrijkomen van gassen, waterdamp en stof uit het strooiselbed en door de uitlaatgassen van de kraan. Tijdens het bewerken was daarom de ventilatie op maximaal gezet.

## 6 ECONOMISCHE EVALUATIE *ECONOMICAL EVALUATION*

In reeds verschenen publicaties van Huysman et al. (1993) en Van de Sande-Schellekens et al. (1993a en 1993b) zijn economische berekeningen uitvoerig beschreven voor een Ecopor- en een Envistimsysteem. In dit hoofdstuk worden de kostprijsberekeningen voor beide diepstrooiselsystemen en een traditioneel systeem gemaakt met aangepaste uitgangspunten. De veranderingen in de uitgangspunten zijn onder de tabel toegelicht.

In tabel 32 zijn de kostprijsberekeningen van de diverse systemen weergegeven.

### Algemene opmerkingen bij de berekeningen

In de berekeningen is uitgegaan van drie ronden per jaar, ongeacht het houderijsysteem. In deze proef bedroegen de omzetsnelheden 3,02, 2,96, 2,85 en 2,94 voor respectievelijk het referentie-, Ecopor- en Envistimsysteem in Rosmalen en het Ecoporsysteem in Sterksel. Voor het Envistimsysteem zal in de praktijk ook een iets lagere omzetsnelheid aangehouden moeten worden in vergelijking met het Ecoporsys-

teem, in verband met een iets langere herstelperiode en het frequenter vervangen van het strooisel. Het traditionele systeem kan nog iets gunstiger uitvallen omdat iets meer ronden per jaar afgeleverd kunnen worden.

Verschillen in opbrengstprijzen voor de afgeleverde varkens tussen systemen zijn niet te verwachten omdat geen verschillen zijn gevonden in de classificatie en de slacht- en vleeskwaliteit van de vleesvarkens. Een eventuele meeropbrengst voor diepstrooiselvarkens kan in individuele gevallen echter verkregen worden. Er moet dan wel voldaan worden aan enkele eisen van de afnemer van de varkens (Stichting Natuurvlees).

Wel zijn hogere mestkosten voor diepstrooiselsystemen te verwachten daar de concurrentie aangegaan moet worden met drijfmest indien het strooisel in Nederland blijft. Strooisel wordt aangemerkt als dierlijke meststof zodat de daarvoor geldende toepassingsnormen gehanteerd moeten worden.



Tabel 32: Kostprijs per afgeleverd varken in diverse houderijsystemen (in guldens)  
(naar: Van de Sande et al., 1993a)

Table 32: Costprice per pig for different housing systems (in Dfl.)

	Traditioneel	Ecopor	Envistim
arbeid <sup>1</sup>	16,28	30,64	30,64
huisvesting*	35,05	38,81	38,81
biggen <sup>3</sup>	103	103	103
water	1,00	0,97	0,97
strooisel <sup>4</sup>	0	14,00	10,10
verwarming en elek. <sup>5</sup>	4,05	4,05	4,05
mest <sup>6</sup>	5,50	4,22	3,36
additief	0	15,39	13,23
minikraan	0	1,57	1,57
overige kosten <sup>7</sup>	141,03	141,03	141,03
<b>totale kostprijs</b>	<b>305,91</b>	<b>353,68</b>	<b>346,76</b>

<sup>1</sup>Arbeid:

Volgens de berekeningen in paragraaf 5.3 was voor het Ecoporsysteem 26,5 minuut per varken per ronde van 17 weken extra arbeid nodig ten opzichte van een gangbare roosterstal. Voor het Envistimsysteem is dezelfde hoeveelheid extra arbeid aangehouden. Het uurtarief is op f 32,52 vastgesteld.

<sup>2</sup>Huisvesting:

Voor de berekening van deze kosten is bij beide diepstrooiselsystemen uitgegaan van identieke stalinrichting (mechanische ventilatie) en bewerken vanaf het strooiselbed. Voor het Envistim- en Ecoporsysteem zijn dezelfde huisvestingskosten aangehouden. Als totale staloppervlak per dierplaats is voor het referentiesysteem 1,08 m<sup>2</sup> aangehouden en voor beide diepstrooiselsystemen 1,37 m<sup>2</sup>.

<sup>3</sup>Biggen:

Bij de berekeningen is uitgegaan van gelijke koppelgroottes die per afdeling ingezet worden.

<sup>4</sup>Strooisel:

Uit dit onderzoek bleek dat voor het Ecoporsysteem ongeveer 0,4 m<sup>3</sup> strooisel per afgeleverd varken nodig was. De kosten van de Ecoporsnippers bedroegen f 35,- per m<sup>3</sup>. Bij het Envistimsysteem bleek 0,31 m<sup>3</sup> strooisel per afgeleverd varken nodig te zijn. De kosten van dit strooisel bedroegen f 32,59 per m<sup>3</sup>.

<sup>5</sup>Verwarming en elektriciteit:

Uitgegaan is van mechanisch geventileerde afdelingen met gelijke verwarmingscapaciteit. Indien gekozen wordt voor natuurlijke ventilatie kan deze post voor elk systeem verminderd worden tot ongeveer f 1,50.

<sup>6</sup>Mest:

Uitgegaan is van 1,1 m<sup>3</sup> mestproductie op jaarbasis voor een conventioneel systeem. De afzetkosten bedroegen f 15,- per m<sup>3</sup> in deze berekeningen.

Voor de mestkosten van strooiselsystemen is de tijd dat een loonwerker met een loader is ingeschakeld, berekend. Dit kostte inclusief arbeid f 65,- per uur. De gegevens van Sterksel voor het inbrengen en uithalen van strooisel zijn hiervoor gebruikt. Bij het Ecoporsysteem was 3,9 minuten per afgeleverd varken nodig om het strooisel in te brengen (0,4 m<sup>3</sup>) en uit te halen (0,28 m<sup>3</sup>). Bij het Envistimsysteem was 3,1 minuten per afgeleverd varken nodig om het strooisel in te brengen (0,31 m<sup>3</sup>) en uit te halen (0,21 m<sup>3</sup>). Eventuele extra kosten voor opslag op eigen bedrijf of afvoeren van het strooisel zijn buiten de berekeningen gehouden.

<sup>7</sup>Overige kosten:

Bij het onderzoek in Rosmalen zijn geen groeiverschillen gevonden tussen de systemen. De voederconversie is niet slechter bevonden. In Sterksel waren de resultaten iets minder gunstig. Deze waren niet direct te vergelijken met de bedrijfsresultaten. Het percentage uitval op een diepstrooiselsysteem was niet hoger in vergelijking met een traditioneel systeem.

In deze berekeningen is daarom uitgegaan van gelijke kosten voor: voer, gezondheidszorg, uitval, afleveringskosten, rente levende have, vervoerskosten, telefoon, etcetera.

Uit de berekeningen blijken diepstrooiselsystemen een hogere kostprijs per afgeleverd varken te hebben. Het Envistim- en het Ecoporsysteem bleken respectievelijk een f 40,85 en f 47,77 hogere kostprijs per afgeleverd varken te hebben in vergelijking met een traditioneel huisvestingssysteem. Arbeids-, additief- en strooiselkosten waren in dit verband de voornaamste kostenposten.

## 7 DISCUSSIE DISCUSSION

### 7.1 Produktieresultaten van de dieren

Verschillen in technische produktieresultaten van dieren op diepstrooiselsystemen ten opzichte van een traditioneel houderijsysteem zijn in dit onderzoek vrij beperkt. Er zijn geen verschillen in groei en voederconversie gevonden. Uit eerder onderzoek lijkt de tendens aanwezig dat genoemde kengedallen verslechteren bij het toepassen van diepstrooiselsystemen (Van de Sande-Schellekens et al., 1993b en Huysman et al., 1993). Uit het onderzoek te Sterksel blijkt die tendens ook aanwezig; gemiddeld lijkt de groei iets lager en de voederconversie iets hoger. Een gemiddelde omgevingstemperatuur van 17°C, een grotere afdeling en grotere groepen zijn mogelijke verklaringen. Het vleespercentage bij de varkens op diepstrooisel is niet beïnvloed door het houderijsysteem. De classificatie van de karkassen is ook niet verschillend tussen de houderijsystemen. Dit is ook geconstateerd door Van de Sande-Schellekens et al. (1993b).

Vleeskwali­teit­pa­ra­me­ters, waar­onder rib­wand­ver­vet­ting, kleur, drip­ver­lies, spek­dik­te, pH en in­tra­mus­cu­lair vet­ge­halte zijn niet ver­schil­lend tus­sen var­kens af­kom­stig uit diep­strooi­sel­sys­te­men en tra­di­ti­o­ne­le hou­derij­sys­te­men. Dit komt o­ve­reen met de re­sul­ta­ten die Van der Wal et al. (1989) ver­ke­ren. Zij von­den geen ver­schil­len in vlees­kwa­li­teit­pa­ra­me­ters van schar­rel­var­kens en van tra­di­ti­o­ne­el af­ge­me­ste vlees­var­kens. Een ver­schil in vlees­kwa­li­teit was niet echt te ver­wach­ten om­dat de var­kens ge­ne­ti­sch ver­ge­lijk­baar zijn en de voer­sa­men­stel­ling ge­lijk is ge­hou­den.

Een ri­si­co bij diep­strooi­sel­sys­te­men is de opho­ping van al­ler­lei scha­de­lij­ke stoffen in het strooi­sel­bed. Het over­dra­gen van re­si­duen van onder an­de­re ge­nees­mid­de­len van de ene ron­de op een vol­gen­de ron­de is mo­ge­lijk. Daardoor kan opho­ping ont­staan van scha­de­lij­ke stoffen in het karkas (Kui­per, 1991).

Door na elke ron­de een pe­ri­ode van leeg­stand aan te hou­den en een vol­doen­de hoge tem­pe­ra­tuur in het strooi­sel te krij­gen

moeten de ri­si­co's be­perkt wor­den ten aan­zien van over­dra­cht van bac­te­riële en pa­ra­si­taire in­fec­ties (Moen en van Leeu­wen, 1993).

De te re­a­li­se­ren vlees­prijs is niet ver­schil­lend op ba­sis van de meet­bare slacht- en vlees­kwa­li­teit. Het eventuele ver­schil in prijs kan tot stand ko­men op ba­sis van de totaal an­de­re hou­derij­om­stan­digheden. De con­su­men­ten ken­nen het diep­strooi­sel­sys­teem als een diervriendelijk hou­derij­sys­teem. Zij zul­len uitein­de­lijk uit­ma­ken of de diep­strooi­sel­var­kens te­gen een be­te­re prijs kun­nen wor­den af­ge­zet.

#### Gezondheid

In dit on­der­zoek is een ten­dens ge­von­den naar een la­ger aan­tal be­han­de­lin­gen voor ge­zond­heids­pro­ble­men in diep­strooi­sel­sys­te­men in ver­ge­lijk­ing met een tra­di­ti­o­ne­le hou­derij­sys­te­men. Het ver­schil werd vooral veroor­zaakt door het na­ge­noeg af­we­zig zijn van staart- en oor­bij­ten bij var­kens op diep­strooi­sel.

Het per­centa­ge niet aan­ge­ta­ste lon­gen en levers was ge­lijk of zelfs ho­ger in diep­strooi­sel­sys­te­men. Na ge­deeltelijke ver­van­ging van het strooi­sel­bed is het per­centa­ge aar­ge­ta­ste levers toe­ge­no­men. Het is aan te be­ve­len om het strooi­sel­bed ge­heel te ver­wij­de­ren en de afdeling te re­inigen en te ont­smet­ten in­dien de com­pos­te­ring on­vol­doen­de is (na één jaar of drie mest­ron­den). Dit ver­mindert de kans op het vóór­ko­men van ziek­te­pro­ble­men in diep­strooi­sel­sys­te­men.

IKB-slacht­be­vin­dingen bij de ge­slachte die­ren zijn niet ver­schil­lend be­von­den tus­sen de on­der­zochte hou­derij­sys­te­men.

Het mest­on­der­zoek toont aan dat er meer E. Coli is aan­ge­trof­fen bij die­ren op diep­strooi­sel­sys­te­men in ver­ge­lijk­ing met het tra­di­ti­o­ne­le hou­derij­sys­teem. E. Coli blijkt ook vaker kwaadaardig te zijn bij die­ren op diep­strooi­sel. Over­dra­cht van E. Coli lijkt op te tre­den bij diep­strooi­sel­sys­te­men. Bij het Ecoporsys­teem is na beëin­diging van de derde ron­de een deel van het strooi­sel­bed ver­van­gen waar­door de re­sul­ta­ten mo­ge­lijk nog po­si­tief be­ïnvloed zijn. Er is geen enkel

strooiselmonster gevonden waarin E. Coli is aangetroffen. Het lijkt erop dat overdracht van infecties niet via het strooisel plaatsvindt omdat hoge temperaturen in het strooisel gerealiseerd worden. Moens en van Leeuwen (1993) stellen een versnelde afdoening van bacteriën, virussen en parasieten(-eieren) in varkensmest vast bij verhoging van de mesttemperatuur. Temperaturen rond 35°C verkorten de levensduur van bacteriën van normaal enkele weken tot enkele dagen. Temperaturen van 50°C of hoger verkorten de levensduur van bacteriën naar enkele uren. De meeste parasieten en parasiteneieren worden binnen één week gedood bij een temperatuur van boven de 50°C. Een periode van leegstand tussen ronden met een hoge strooiseltemperatuur is dus een goede manier om de infectiedruk omlaag te brengen. Aan het strooiseloppervlak worden die hoge temperaturen niet bereikt zodat het bewerken van het strooiselbed minimaal één keer tijdens leegstand nodig is.

De niet gereinigde stal (onder andere hokafscheidingsmuren), het personeel en de minikraan die in de verschillende afdelingen komen, blijven echter bronnen van besmetting. Daarnaast is de verspreidingskans van infecties binnen diepstrooiselafdelingen veel groter doordat dieren wekelijks verplaatst worden naar andere hokken tijdens het bewerken van het strooiselbed. De dieren komen in contact met andere varkens en andere mest, wat een extra infectiebron kan zijn. In geen enkel ingezonden strooisel- of mestmonster zijn Salmonella, cocciën en parasiteneieren aangetroffen. Het preventief behandelen van opgelegde varkens voor endo- en ectoparasieten is bij het diepstrooiselsysteem steeds uitgevoerd en wordt noodzakelijk geacht.

Het diepstrooiselsysteem is kwetsbaarder door het ontbreken van reiniging en desinfectie na elke ronde. Vooral op grote diepstrooiselbedrijven waar meerdere vermeerderders biggen aanleveren, zijn de risico's op insleep van ziektes groter en verdient daarom de nodige aandacht.

#### Welzijn

Varkens op diepstrooisel liggen minder dan dieren op een halfroostervloer. De afdeling met het Ecoporsysteem was echter zo gesi-

tueerd, dat de looproute langs deze afdeling leidde. Dit heeft geleid tot meer activiteit rond het tijdstip van voeren en rond het middaguur. Het langer actief blijven op diepstrooisel kan deels veroorzaakt zijn door de grotere groepen en één dier meer per brijbak. Meer en betere mogelijkheden om te kunnen wroeten zijn aanwezig bij een diepstrooiselsysteem.

Dieren op diepstrooisel hebben minder (ernstige) verwondingen op de voor- en achterhand dan dieren die in een traditioneel systeem zijn gehuisvest. Minder en minder ernstige verwondingen tenderen naar een diervriendelijker houderijsysteem. Dieren op diepstrooisel hebben echter meer schrammen op de middenhand mogelijk als gevolg van de wekelijkse verplaatsingen van de dieren en het opsluiten in de helft van het hokoppervlak.

Bij diepstrooiselsystemen treedt het probleem van staart- en oorbijten vrijwel niet op. Tijdens de derde ronde heeft zich in één hok in de Envistimafdeling een groot probleem met staartbijten voorgedaan. De oorzaak is gevonden in de slechte aanpassingen bij het overschakelen van natuurlijke op mechanische ventilatie.

Het diepstrooiselsysteem heeft ook minder welzijnsvriendelijke kanten. Huysman et al. (1993) hebben onder zomerse omstandigheden een hogere ademhalingsfrequentie gemeten bij varkens op diepstrooisel. Bij hogere omgevingstemperaturen kunnen de varkens hun warmteproductie moeilijker afvoeren, omdat ook het strooiselbed warmte afgeeft aan de omgeving.

Een strooiselbed waarin nagenoeg geen compostering meer plaatsvindt is vochtig en heeft grote mestplekken. Dieren kunnen in deze situatie geen schone en droge ligplaatst meer opzoeken en raken steeds meer bevuild. De ammoniakconcentratie en stank nemen toe, waardoor de houderijomstandigheden verslechteren.

#### 7.2 Composterende werking diepstrooiselsysteem

Het technisch functioneren van diepstrooiselsystemen is op het oog goed te beoordelen. Een goed compostierend strooiselbed heeft een droog uitziende bovenlaag, het strooisel ziet er rul uit, de mestplek is

scherp omgrensd en niet te groot en de warmteproductie uit het bed is voelbaar. Worden de mestplekken groter en ziet de bovenste strooisellaag er plakkerig uit dan is dit een signaal dat het bed te vochtig dreigt te worden. Benadert de strooiseltemperatuur de afdelingstemperatuur dan is de biologische activiteit in het strooisel vrijwel afwezig.

Hulpmiddelen als bepaling van het droge-stofgehalte en de meting van de strooiseltemperatuur zijn nuttig om het composteringsverloop te kunnen bewaken en tijdig maatregelen te kunnen nemen bij een eventuele teruggang in de composteringstandigheden. Bepaling van de deeltjesgrootteverdeling van het strooisel is een goede methode om nieuw strooisel te kunnen beoordelen op de eisen die daaraan gesteld worden. Deeltjesgroottebepalingen van gebruikt strooisel zijn onbetrouwbaar, doordat onder andere klontering van strooisel optreedt.

Het meten van de zuurstofspanning in het strooiselbed geeft informatie over de luchtindringing in het bed. Binnen negen weken na de start van een nieuw strooiselbed is de zuurstofspanning alleen in de bovenste 10 cm van het strooiselbed nog voldoende hoog, waardoor nitrificerende processen mogelijk zijn. Om meer zuurstof in het strooiselbed door te laten dringen zal het strooiselbed frequenter en intensiever bewerkt moeten worden. Na vervanging van strooisel heeft het bijvullen met zeer grof strooisel weinig effect ten aanzien van het indringen van zuurstof. Het oude strooisel is vaak te vochtig en zorgt ervoor dat binnen tien weken op 10 cm onder het strooiseloppervlak een te lage zuurstofspanning aanwezig is. Nitrificerende processen blijken in de loop van de tijd in een steeds kleiner deel van het strooiselbed plaats te vinden (vlak onder het strooiseloppervlak).

#### Verloop van de compostering

Na het opstarten van een diepstrooiselsysteem wordt vrij snel de gewenste strooiseltemperatuur bereikt. Enkele weken na de start van het Envistimsysteem is de strooiseltemperatuur en vochtverdamping zó hoog, dat het droge-stofgehalte boven de 60% stijgt. Er ontstaan dan problemen met stof en ammoniak, vooral tijdens het bewer-

ken van het strooisel. Tijdens het bewerken van het strooisel zijn pieken van meer dan 50 ppm ammoniak gemeten. Door een aantal keren water op het strooisel te sproeien (blussen) en door de stijgende mestproductie van de varkens zijn de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte verminderd. De hoeveelheid water die in één keer toegediend wordt, mag niet te groot te zijn (<15 liter per dierplaats) in verband met een te sterke afkoeling van de strooiseltemperatuur. Indien de hoeveelheid water te klein is (1-2 liter per dierplaats) heeft toedienen van water vrijwel geen effect. Deze situatie is het gevolg van het te fijne zaagsel. Bij het Ecoporsysteem is de beschreven situatie namelijk niet opgetreden. Bij de start van een nieuw Envistimsysteem in Rosmalen (na afloop van dit onderzoek) is gebruik gemaakt van strooisel dat vergelijkbaar is met de Ecoporsnippers. Daarbij zijn geen startproblemen opgetreden.

In de loop van de eerste afmestronde neemt de belasting van het strooiselbed toe, echter ook bij een te hoge dierbezetting kan zonder problemen de eerste ronde beëindigd worden. De eerste weken na het opstarten van de tweede ronde vindt een licht herstel in temperatuur en droge-stofgehalte plaats maar aan het eind ontstaan problemen bij het Envistimsysteem en bij de hogere dierbezetting bij het Ecoporsysteem. De temperatuur in het strooisel daalt tot of zelfs onder 30°C en het droge-stofgehalte zakt onder de 40%. Door de geringere dikte van het strooiselpakket heeft het Envistimsysteem minder lang een goede compostering in vergelijking met een Ecoporsysteem. Het Envistimsysteem of te hoog belast Ecoporsysteem moeten eigenlijk na de tweede ronde (grotendeels) vervangen worden om problemen, met de lage strooiseltemperaturen en natte en smerige hokken, in de derde ronde te voorkomen. Van 't Klooster en Greutink (1992) raden aan om boven een levend gewicht van 75 kg, meer strooiseloppervlak per vleesvarken te geven dan de gangbare 1,0 m<sup>2</sup>.

Bij een slecht composterend strooiselbed is het vervangen of toevoegen van strooisel of een vrij lange periode (circa 1 maand) van leegstand effectief om weer een voldoende compostering te kunnen krijgen. Bij een normaal belast Ecoporsysteem kunnen drie

ronden vleesvarkens gehouden worden alvorens gehele of gedeeltelijke vervanging nodig is. Het blijkt dat het droge-stofgehalte in het strooisel dan onder de 37% en de strooiseltemperatuur onder de 35°C is gedaald.

Bij het Ecoporsysteem wordt de mest plaatselijk onder de oppervlakte ingegraven. Onder nagenoeg zuurstofloze omstandigheden is de mest gefermenteerd. Het vocht onder in het bed zal een relatief lange weg af moeten leggen om aan de oppervlakte te verdampen. Bij een toenemende belasting van het Ecoporsysteem neemt het vochtgehalte onder in het strooiselbed toe, waardoor vanaf de bodem de composterende activiteit geremd wordt. In de bovenste strooisellaag kunnen dan nog goede composteringsomstandigheden aanwezig zijn (strooiseltemperatuur, droge-stofgehalte en zuurstofspanning). Na verloop van tijd is de vochtbuffering van het strooiselbed uitgeput. Door het toenemende vochtgehalte en het ontbreken van zuurstof nemen de composteringsprocessen af waardoor ook de strooiseltemperatuur en de vochtverdamping afnemen. Indien de compostering in het strooiselbed nagenoeg gestopt is, zijn maatregelen nodig om de compostering te stimuleren. In die situatie kunnen mestplekken niet meer ingegraven of met droog strooisel gemengd worden, omdat het gehele strooiselbed te vochtig is. De arbeids- en dierhouderij-omstandigheden worden daardoor steeds ongunstiger en ook de milieubelasting (ammoniakemissie en stank) neemt toe (Van Faassen, 1992).

#### Vervangen van het strooisel

Uit het onderzoek in Rosmalen blijkt dat 30% vervangen van het strooiselbed van het Ecoporsysteem onvoldoende is om meer dan één ronde af te kunnen mesten. Het vervangen van minimaal 60% van het oude strooiselbed is nodig om weer drie mestronden mee te kunnen. In de vergelijking 60% of 100% vervangen van een strooiselbed is alleen de eerste weken een verschil gemeten in de snelheid waarmee de temperatuur in het strooisel toeneemt. Het droge-stofgehalte en de temperaturen blijven nagenoeg vergelijkbaar. Daarom is het aan te raden om zeker niet minder dan 60% van het strooiselbed te vervangen. Het

strooiselbed voor 100% vervangen is niet nodig.

Bij het Envistimsysteem is circa 20% van strooiselbed vervangen. Dit heeft maar zeer tijdelijk effect op de strooiseltemperatuur en het droge-stofgehalte. De strooiseltemperatuur zakt binnen vier weken weer. Door het gewicht van de dieren op het vochtige strooisel is een sterke verdichting (compactering) aan de oppervlakte opgetreden (Maljaars en Sprong, 1992). Hierdoor is zuurstofindringing in het onderliggende strooisel vrijwel onmogelijk en stoppen de composteringsprocessen. Ook vochtindringing is moeilijker, waardoor urine aan de oppervlakte van het strooisel blijft staan. Uit het bovenstaande kan opgemaakt worden dat een gedeeltelijke vervanging van het strooiselbed (-20%) tijdens een mestrunde zeker niet is aan te bevelen. Het beste kan de periode tot het leegkomen van het strooiselbed overbrugd worden door geen strooiselbedbewerking meer uit te voeren en door eventueel (dagelijks) droog strooisel toe te voegen. Ingraven of mengen van strooisel heeft onder die omstandigheden totaal geen zin. Een periode van leegstand na gedeeltelijke vervanging van het strooiselbed is aan te raden, vooral indien minder dan 30% van het strooiselbed vervangen is. De strooiseltemperatuur moet boven 40°C zijn en het droge-stofgehalte moet hoger liggen dan 40% alvorens gestart kan worden met een nieuwe ronde. In de periode van slechte compostering is geheel vervangen van het strooiselbed serieus te overwegen, gezien de mogelijkheden om te kunnen reinigen en desinfecteren. Vanuit het oogpunt van gezondheid en hygiëne is dit duidelijk aan te raden.

Verbeteren van de composterende werking  
Een aantal mogelijkheden zijn uitgevoerd om de composterende werking opnieuw op gang te brengen of te verbeteren. Indien extra bewerkingen in het strooiselbed uitgevoerd worden is het belangrijk om direct daarna geen dieren op het strooisel te laten. Enerzijds produceren dieren weer mest en urine maar anderzijds zorgen zij voor compactering van het strooiselbed. Bij een slechte compostering is het belangrijk dat er voldoende zuurstof in het strooiselbed gebracht wordt. Het droge-stofgehalte van

het strooiselbed is een belangrijke indicatie of de strooiseltemperatuur weer snel zal toenemen. Hoe lager het droge-stofgehalte is hoe langzamer het herstel van composteringsprocessen zal verlopen. Ook moet er rekening mee worden gehouden dat de periode van goede compostering steeds korter wordt. Een stijging in de strooiseltemperatuur wil nog niet zeggen dat het teveel aan vocht snel uit het strooisel zal verdampen. Na een eerste ronde is een herstelperiode van één week voldoende bij een normale dierbezetting. Na de tweede ronde kan afhankelijk van de strooiseltemperatuur en droge-stofgehalte een herstelperiode van twee weken aangehouden worden. Is het droge-stofgehalte lager dan 40% dan is een herstelperiode van twee weken niet voldoende om een volgende ronde zonder problemen op het strooiselbed te kunnen houden. Na elke ronde is het aan te raden om het strooisel minimaal één keer intensief te bewerken en nieuw strooisel toe te voegen. Nieuw strooisel zorgt voor een sneller herstel van de composteringsprocessen. Daarnaast klinkt strooisel in zodat ook strooisel nodig is om het strooiselbed op niveau te kunnen houden.

Het afvoeren van vocht door een geperforeerde vloer aan te leggen is niet zinvol gezien de geringe hoeveelheid vocht die uit het strooiselbed komt. Ook de gebruiksduur van een strooiselbed wordt er niet door verlengd.

Verhoging van de dierbezetting met 10% tot 20% heeft tot gevolg dat de compostering in het strooiselbed één ronde (33%) eerder stopt. Per strooiselbed worden dus minder dieren afgemest, zodat de kosten voor het strooisel per afgeleverd dier hoger zijn. Een lagere dierbezetting dan de voorgestelde 1,0 m<sup>2</sup> per vleesvarkensplaats is niet aan te bevelen uit economisch oogpunt (door onder andere de lagere opbrengsten per m<sup>2</sup> en de hogere arbeids- en additiefkosten per afgeleverd varken). De voordelen van een betere en langere periode van goede compostering wegen hier niet tegen op.

Het seizoen waarin een strooiselsysteem opgestart wordt, kan een belangrijke invloed hebben op de compostering. In de herfst of winter opstarten is de meest geschikte periode. De compostering in het strooiselbed

is hoog gedurende de koudere periode van het jaar. Daarnaast is ruim voldoende vochtbuffering aanwezig mocht te weinig vocht verdampt worden. In de warmere periode van het jaar is de compostering in het oude strooiselbed minder, maar hogere omgevingstemperaturen kunnen dat effect deels compenseren. Mogelijk kunnen dan meer dan drie ronden vleesvarkens op een strooiselbed gehouden worden.

### 7.3 Milieu

#### Balansen

De mineralenbalans voor fosfor is in alle berekeningen binnen een foutenmarge van 10% gebleven. Voor kalium wijken de balansen meer af. Het kaliumgehalte in het rantsoen kan nogal wat schommelingen vertonen tussen de leveringen. Afhankelijk van de gebruikte grondstoffen verandert het kaliumgehalte in het voer. De totaal aangevoerde hoeveelheid kalium via het voer is waarschijnlijk overschat. De variatie in het stikstof- en fosforgehalte in het voer is veel minder.

Stikstof is grotendeels uit de diepstrooiselsystemen verdwenen door de emissies van stikstofverbindingen. Ongeveer 70% van de met urine en mest uitgescheiden hoeveelheid stikstof is niet meer teruggevonden in het strooisel. Voor het Ecopor- en het Envis-timsysteem zijn de stikstofverliezen vrijwel gelijk. Per afgeleverd vleesvarken is 3,0 tot 3,6 kg N geëmitteerd.

De vochtbalans van een diepstrooiselsysteem blijkt vrij nauwkeurig te kloppen (5%). Meer dan 75% van alle vocht is afgevoerd met de ventilatielucht. In het oude strooisel is ongeveer 10 m<sup>3</sup> meer vocht aanwezig dan met het nieuwe strooisel is aangevoerd. Dit is ongeveer 5% van de met de ventilatielucht afgevoerde hoeveelheid vocht. Theoretisch zou de ventilatiehoeveelheid 5% hoger moeten zijn om alle extra vocht uit het strooiselbed af te voeren. Echter een groot deel van het vocht is moeilijk af te voeren omdat het strooiselbed maar één keer per week bewerkt wordt.

#### Mestvolume

Per opgelegd dier is tussen de 210 en 290 liter strooiselmest geproduceerd bij het toevoeren van een diepstrooiselsysteem. Bij

het Envistimsysteem is de minste strooisel-mest geproduceerd. Dit verschil met de resultaten van het Ecoporsysteem (gemiddeld 280 liter strooiselmest) is veroorzaakt door een combinatie van de methode van strooisel bedbewerking, intensief mengen en twee keer per week het strooiselbed bewerken, en het soort strooisel.

In Rosmalen is de mestproduktie per vleesvarken vastgesteld op 0,45 m<sup>3</sup>. De mestproduktie is vrij hoog gezien het gebruik van brijbakken. De mestvolumereductie op basis van dat mestproduktiecijfer bedroeg 54% voor het Envistimsysteem en 37% voor het Ecoporsysteem. De drijfmestproduktie op het varkensproefbedrijf in Sterksel is te berekenen met behulp van het model Mespro (Aarnink en Van Ouwerkerk, 1990). Uitgaande van de technische resultaten op Sterksel bedraagt de mestproduktie (inclusief reinigen) 0,40 m<sup>3</sup> per afgeleverd dier. De reductie in mestvolume bij het toepassen van een Ecoporsysteem bedraagt hier gemiddeld 30%. Wordt dit mestproduktiecijfer ook voor Rosmalen aangehouden dan blijken de mestvolumereducties voor respectievelijk het Ecopor- en Envistim 30% en 50% te bedragen.

Bij diepstrooiselsystemen moet nadrukkelijk gestreefd worden naar beperking van de mestproduktie. Dan komt minder vocht in het strooiselbed en hoeft minder vocht te verdampen te worden en kan het strooiselbed langer gebruikt worden. Dit is economisch ook aantrekkelijk.

#### Gasemissies

De ammoniakemissie uit een Ecopor-diepstrooiselsysteem over één jaar gemeten is 2,90 kg. De lachgasemissie bedraagt over die periode 1,31 kg. Uit deze metingen blijkt het Ecoporsysteem vrijwel niet tot een lagere ammoniakemissie te leiden. De emissiefactor voor vleesvarkens is vastgesteld op 2,5 kg en 3,0 kg ammoniak voor traditionele houderijsystemen voor vleesvarkens, zonder milieuaanpassingen. Voor de emissie van lachgas uit veehouderijgebouwen zijn nog geen wettelijke regels van toepassing. Bij composteringsprocessen komt altijd ammoniak vrij (Hamelaars, 1992). Om aan de toekomstige regelgeving ten aanzien van de beperking van de ammoniakemissie te kunnen voldoen, zullen extra

aanpassingen aan diepstrooiselstallen noodzakelijk zijn. Zuivering van ventilatielucht komt in aanmerking. Mechanische ventilatie zal dan toegepast moeten worden. Bekend is dat luchtzuivering economisch niet aantrekkelijk is.

Bij een diepstrooiselsysteem verdwijnt per dierplaats per ronde 0,80 kg stikstof in de vorm van ammoniak en 0,28 kg in de vorm van lachgas en ongeveer 2 kg in de vorm van stikstofoxides en het onschadelijke stikstofgas (N<sub>2</sub>). Vergeleken met resultaten van Groenestein en Reitsma (1992) en Groenestein en Montsma (1992) gemeten aan een Ecopor- en een Envistimsysteem, zijn de stikstofverliezen in de vorm van ammoniak in dit onderzoek respectievelijk 123% en 22% hoger. Stikstofverliezen in de vorm van lachgas zijn respectievelijk 55% en 66% lager in dit onderzoek. Dit zijn resultaten van drie ronden continu meten met een B&K 1302 monitor (Van 't Klooster et al., 1992). Tussen de ronden zijn aanzienlijke verschillen in emissies gemeten. De eerste ronde met een nieuw en goed compostierend strooiselbed heeft geleid tot een hoge ammoniakemissie en een lachgasemissie. De daarop volgende ronden zijn bij lagere staltemperaturen gedraaid en bij een afnemende compostering in het strooiselbed. Er is echter minder ammoniak en meer lachgas geëmitteerd. Onder zomerse omstandigheden en bij een slechte compostering zijn echter grote ammoniakverliezen opgetreden. Indien meer mest in het strooisel terecht komt en de verdamping beperkt blijft, wordt ammonium in het strooisel vastgehouden in het achterblijvende vocht. Bij vermindering van de belasting van het strooiselbed herstelt de composterende werking in het strooiselbed zich en verdampert een deel van het vocht met daarin ammoniak.

Uit de berekeningen blijkt ruim 1500 liter vocht per dierplaats per jaar afgevoerd te zijn met de ventilatielucht. Dit is inclusief het vocht dat met de ademhaling in de lucht komt. De vochtemissie bij diepstrooiselsystemen is aanmerkelijk hoger dan bij traditionele houderijsystemen (Van 't Klooster en Greutink, 1992). Ondanks de hogere vochtemissie blijft een deel van de vochtproduktie in het strooiselbed achter.

## 7.4 Arbeid en economie

### Arbeid

Tijdens de mechanische strooiselbewerkingen zijn de aanwezige varkens tijdelijk in een ander hok-/stalgedeelte ondergebracht. Het is belangrijk dat de dieren gemakkelijk en snel verplaatst worden. Soms moet mest over de hokafscheidingen tussen de dieren gegooid worden omdat de mesthoeken in één hokheft liggen. Behalve extra tijd komt dit ook de kwaliteit van de strooiselbedbewerking niet ten goede.

De arbeidstijd die nodig is voor de periodieke werkzaamheden aan het strooisel bed blijkt hoger uit te vallen dan verwacht. In Sterksel is per afgeleverd varken ongeveer 4 minuten extra tijd besteed naast de 25,5 minuten voor de wekelijkse strooiselbedbewerking. De strooiselstal in Sterksel is ruimer van opzet in vergelijking met de gerenoveerde afdelingen in Rosmalen. Bij een grotere werkruimte kost het bewerken en het periodieke onderhoud van het strooiselbed minder tijd. Voor de praktijk is het aan te raden om voldoende ruime diepstrooiselstallen te bouwen, waarin snel en gemakkelijk gewerkt kan worden.

Mechanisatie-onderzoek is vrij beperkt uitgevoerd in Sterksel omdat er nog te weinig ruimte was om met grote machines in de stal te komen. Het IMAG-DLO heeft daarom een deel van het mechanisatie-onderzoek uitgevoerd in een praktijkstal. De resultaten van dat onderzoek zijn beschreven door Vermeulen et al. (1993). Theoretisch lijkt vergaande mechanisatie mogelijk door een bewegende vloermat toe te passen. De hoge investeringen vormen een drempel voor toepassing ervan.

Arbeidsbehoefte en -omstandigheden zijn vrij uitvoerig beschreven door Roelofs et al. (1993). Zij concluderen dat bij een diepstrooiselsysteem tussen de 75% en 100% meer arbeid nodig is in vergelijking met traditionele houderijsystemen voor vleesvarkens. Daarnaast zijn de arbeidsomstandigheden vaak ongunstiger tijdens het bewerken van het strooiselbed. Verhoogde ammoniakconcentraties tot boven de MAC-waarde komen regelmatig voor. Tijdens het uitvoeren van strooisel bed bewerkingen nemen de concentraties van andere gassen en stof toe (Roelofs et al., 1993).

### Economie

Uit dit onderzoek en onderzoek van Van de Sande-Schellekens et al. (1993b) blijkt dat zowel het Ecopor- als het Envistimsysteem zowel natuurlijk als mechanisch geventileerd kunnen worden. De huisvestingskosten bij diepstrooiselsystemen kunnen dus lager uitvallen indien gekozen wordt voor een natuurlijk ventilatiesysteem.

Bijverwarmen tot een acceptabele omgevingstemperatuur voor de varkens is voldoende. Om extra vocht uit het strooiselbed af te voeren door extra bij te verwarmen is economisch gezien niet perspectiefvol. Uit het onderzoek blijkt dat vergelijkbare technische resultaten verkregen kunnen worden met diepstrooiselsystemen. Diepstrooiselsystemen brengen een hogere kostprijs per afgeleverd varken van f 41,- tot f 48,- met zich mee. Arbeids-, additief- en strooiselkosten zijn daarvoor grotendeels verantwoordelijk.

Naast het beschreven onderzoek is bij twee hokken geen additief toegediend en vergeleken met twee hokken waar wel additief werd toegediend. Daaruit blijken geen meetbare verschillen in strooiseltemperatuur en droge-stofgehalte op te treden. Er zijn geen aantoonbare invloeden van toevoegmiddelen op het composteringsverloop in strooisel aangetoond door De la Lande Cremer (1984). Het achterwege laten van het additief lijkt dan ook een alternatief.

De strooiselkosten zijn vrij hoog omdat er duidelijke eisen worden gesteld ten aanzien van zuiverheid en structuur. Daarnaast moet per vleesvarken duidelijk meer strooisel aangekocht worden dan verwacht.

De mestkosten worden over het algemeen nog onderschat voor strooiselsystemen. Het strooisel kan niet het gehele jaar door (kosteloos) afgevoerd worden van het bedrijf.

Plannen van de periode waarin een nieuw strooiselbed opgestart moet worden om zeker te zijn van kosteloze afvoer van strooisel is aan te raden. Afvoer van strooisel buiten het mestaanwendingsseizoen om, kost f 15,- per m<sup>3</sup> (ervaring praktijkonderzoek). Na drie afmestronden heeft het strooisel een droge-stofgehalte van minder dan 40%.

Ecopor B.V. neemt echter bij voorkeur strooisel af vanaf een droge-stofgehalte van 40%. Het advies is om het strooisel gedurende enige tijd te laten nacomposteren tot-



dat een droge-stofgehalte van 40% of meer is bereikt. Leegstand in de stal is kostbaar. Een afgedekte mestopslag voor het strooisel zal daarom in veel gevallen noodzakelijk zijn. Nacomposteren (stabiliseren van de meststof) brengt extra arbeid en extra investeringskosten met zich mee.

Voor een meer en uitgebreidere discussie over de invloed van diepstrooiselsystemen op de economische resultaten wordt verwezen naar de verslagen van Van de Sande-Schellekens et al. (1993a en 1993b) en Huysman et al. (1993).

## 8 CONCLUSIES CONCLUSIONS

Technische resultaten zoals groei, voederconversie, vleespercentage en typering zijn niet verschillend bij diepstrooiselsystemen ten opzichte van een traditioneel houderijsysteem.

Gezondheidsparameters van varkens gehouden op diepstrooisel zijn gelijk of zelfs beter binnen een gesloten bedrijf. Risico's ten aanzien van insleep en overdracht van infecties zijn groter bij diepstrooiselsystemen. Een verhoogde infectiedruk ten aanzien van E. Coli is vastgesteld, waarschijnlijk als gevolg van het gemakkelijker verspreiden van deze bacterie binnen en tussen afdelingen, Preventief behandelen tegen endo- en ectoparasieten bij opleg wordt noodzakelijk geacht.

Slacht- en vleeskwaliiteit en IKB-slachtbevindingen zijn gelijk. Eventuele verschillen in de vleesprijs dienen gerealiseerd te worden op basis van de (diervriendelijkere) houderijomstandigheden.

Diepstrooiselsystemen kunnen als diervriendelijkere houderijsystemen aangemerkt worden. Staart- en oorbijtproblemen zijn nagenoeg afwezig. Er worden minder ernstige verwondingen aan de voor- en de achterhand aangetroffen. Er wordt meer en langer gestaan/gelopen en er is een betere mogelijkheid tot het uitvoeren van wroetgedrag.

Extra verwarmen van de stal of aanleggen van een geperforeerde putvloer om vocht uit het strooisel af te voeren is erg kostbaar en verlengt de gebruiksduur van een strooiselbed nauwelijks.

Opvoeren van de dierdichtheid met 10 tot 20% verkort de gebruiksduur van het systeem met een ronde (33%) zodat in totaal minder dieren afgemest kunnen worden per strooisel bed.

Van een slecht composterend strooiselbed moet minimaal 60% van het strooisel vervangen worden om het bed daarna weer hetzelfde aantal ronden mee te laten gaan.

Gedeeltelijk vervangen van het strooiselbed (<25%) tijdens een mestronde is kostbaar en wordt niet zinvol geacht.

Van een normaal belast Ecoporsysteem met natuurlijke of mechanische ventilatie gaat het strooisel bed drie mestronden mee.

- Van een Envistimsysteem met natuurlijke ventilatie gaat het strooiselbed twee tot drie ronden mee.

De mestvolumereductie bij een Ecoporsysteem is 30% tot 40% en bij het Envistimsysteem maximaal 54%.

Nagenoeg alle fosfor en in iets mindere mate kalium die met de mest en de urine is uitgescheiden, is teruggevonden in het strooisel. Ongeveer 70% van de totale hoeveelheid stikstof die in het strooiselbed is terechtgekomen is geëmitteerd. Per afgeleverd dier is 3 kg tot 3,6 kg N verdwenen.

De ammoniakemissie van het Ecoporsysteem (2,90 kg/dierplaats/jaar) is vergelijkbaar met de emissiefactor voor traditionele houderijsystemen. De lachgasemissie van het Ecoporsysteem bedraagt 1,31 kg/dierplaats/jaar. De vochtmissie van het Ecoporsysteem bedraagt 1502 kg/dierplaats/jaar.

De totale emissie van schadelijke N-verbindingen uit diepstrooiselsystemen is hoger dan bij traditionele huisvestingsystemen.

De kostprijs per afgeleverd vleesvarken bij diepstrooiselsystemen ten opzichte van traditionele houderijsystemen neemt toe met f 41,- tot f 48,- door de extra kosten voor arbeid, additief en strooisel.

- Mestkosten (bestaande uit arbeids- en mechanisatiekosten en eventuele afvoeren opslagkosten) van strooisel zijn vergelijkbaar met mestkosten van drijfmest onder de huidige omstandigheden.

Ten opzichte van traditionele huisvestingsystemen is bij diepstrooiselsystemen 75% tot 100% meer arbeid per varken nodig.

Periodieke arbeid voor het inbrengen, onderhouden en uithalen van een diepstrooiselsysteem verhoogt de totale tijd per afgeleverd varken naast de wekelijkse bewerkingen met 20-25%.

Mechanisatie voor diepstrooiselsystemen

lijkt technisch uitvoerbaar maar vergt een grote investering. De grote hoeveelheid extra arbeid per varkensplaats, de slechtere arbeidsomstandigheden en de geringe economische en milieutechnische perspectieven zijn voor de varkenshouders belangrijke argumenten om niet over te schakelen op diepstrooiselsystemen.

# LITERATUUR REFERENCES

- Anonymus, 1989. *Bestrijdingsplan verzuring 2000*. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag. VROM 90213/8-89. 109 pp.
- Aarnink, A.J.A. en E.N.J. van Ouwkerk, 1990. *Model voor de berekening van het volume en de samenstelling van vleesvarkensmest*. Rapport 229, IMAG, Wageningen, 58 pp.
- Bertoldi de, M, G. Vallini en A. Pera, 1987. *Technological aspects of composting including modelling and microbiology*. In: Compost: production, quality and use. Londen. 853 pp.
- Bosch van den, 1992. *Persoonlijke mededeling*. CCL, Veghel.
- Buré, RG, 1980. *Animal well-being and housing systems for piglets*. EEG, Brussel. Nummer 25, 26/11/1980.
- COLA Themagroep "Composteren", 1987. *Het composteren van dierlijke mest*. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren. 24 pp.
- Coppoolse, I., A.M. van Vuuren, J. Huisman, W.M.M.A. Janssen, A.W. Jongbloed, N.P. Lenis en P.C.M. Simons, 1990. *De uitscheiding van stikstof, fosfor en kalium door landbouwhuisdieren, nu en morgen*. Instituut voor Veevoedingsonderzoek, Lelystad. 131 pp.
- Cuyck, van J.H.M., 1991. *Onbeperkte voeding van vleesvarkens via een brijbak of via een droogvoerbak met drinkbakje*. Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Sterksel. Rapport P 1.71, 44 pp.
- Faassen, van H.G. , 1992. *Microbial processes of the nitrogen cycle in deep litter systems for pig housing*. In: Proceedings workshop deep litter systems for pig farming. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. p 157 -165
- Goossensen, F.R. en P.C. Meeuwissen, 1990. *Bijdrage van de Nederlandse land- en tuinbouw aan het broeikas-effect*. Informatie en Kennis Centrum, Ede. Publikatie nr. 9, 32 pp.
- Groenestein, C.M. en H. Montsma, 1992. *Praktijkonderzoek naar de ammoniak-emissie van stallen: vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem*. Dienst Land bouwkundig Onderzoek, Wageningen. Rapport 92-1004, 20 pp\*
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma, 1992. *Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen: vleesvarkensstal met dikstrooiselsysteem*. Dienst Land bouwkundig Onderzoek, Wageningen. Rapport 92-1003, 18 pp\*
- Hamelaars, H.V.M., 1992. *Compostering van mest*. Symposium: "Mestverwerking, ontwikkelingen in onderzoek en praktijk", Veenendaal. In: Informatie Centrum Mestverwerking, Rapport 1, p85-p96.
- Hansen, R.C., H.M. Keener en H.A.J. Hoi-tink, 1989. *Poultry manure composting: an exploratory study*. Transactions of the ASAE, Vol 32(6). p2151-2159.
- Hoofs, A.I.J. en A.M.A. van Rooy, 1993. *Jaarverslag 1992*. Varkensproefbedrijf "Zuid- en West-Nederland", Sterksel. Rapport P 2.24, 60 pp.
- Huysman, C.N., G.J. Greutink, J.J.M. Schellekens, J.C.A.M. Pompe en H.W. Vos, 1993. *Onderzoek aan een diepstrooiselsysteem op praktijkbedrijven*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. Rapport P 1.91 en P1.91a, 92 pp en 56 pp.
- Klooster, van 't CE., B.P. Heitlager en J.P.B.F. van Gastel, 1992. *Measurement systems for emissions of ammonia and other gases at the Research Institute for Pig Husbandry*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. Rapport, P3.92. 22 pp.

- Klooster, van 't CE. en G.J. Greutink, 1992. *Waterdamp in varkensstallen met diepstrooisel*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. Rapport P 1.85. 20 pp.
- Koning, de F., 1993. *Persoonlijke mededeling*. Ecopor B.V., Schijndel.
- Kuiper, H.A., 1991. *Residuen in varkensvlees, een risico voor de consument*. In: PHLO-cursus "Kwaliteitszorg in de Varkenshouderij- van voer tot vlees". Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwproducten, Wageningen. 10 pp.
- Lande Cremer, de la L.C.N., 1984. *Toevoegmiddelen aan mest en compost*. Landbouwmecanisatie 35, 8 augustus.
- Lo, K.V., A.K. Lau en P.H. Liao, 1993. *Composting of separated solid swine wastes*. Silsoe. Journal of Agricultural Engineering Research, 54. p307-317.
- Maljaars, J.M. en M.C. Sprong, 1992. *Mengende werking van werktuigen voor diepstrooiselsystemen*. Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen-DLO, Wageningen Interne nota 92-35, 23 pp.
- Moen, A.R. en J.M. van Leeuwen, 1993. *Dierpathogenen in mest; een overzicht*. Centraal Diergeneeskundig Instituut-DLO, Lelystad. 56 pp.
- Olde Olthuis, G.J. en E.J. Ros, 1989. *Compostering van varkensmest*. Doctoraalverslag vakgroep Agrotechniek en -fysica, Landbouw Universiteit Wageningen. 52 pp.
- Poincelot, R.P., 1975. *The biochemistry and methodology of composting*. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven. Bulletin 754. 19 p.
- Putten, van G, 1967. *Staartbijten bij varkens*. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, Utrecht. Nummer 92, p 705-712.
- Roelofs P.F.M.M, G.P. Binnendijk, H.J. Romein en A.L.P. van de Sande-Schellekens, 1993. *Arbeid en arbeidsomstandigheden in dieps trooiselsys temen voor vleesvarkens*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. Rapport P 1.96, 60 pp.
- Sande-Schellekens, van de A.L.P., J.J.M. Schellekens en G.B.C. Backus, 1993a. *Economische aspecten van diepstrooisel bij vleesvarkens*. In: Inleidingen studiemiddag diepstrooiselsystemen. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. p 85-95.
- Sande-Schellekens, van de A.L.P., G.B.C. Backus en Sj. Bokma, 1993b. *Ervaringen met diepstrooisel op een vleesvarkensbedrijf in PROPRO*. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. Rapport P 1.102, 40 pp\*
- Schajjk, van B, 1992. *Gebruiksaanwijzing Envistim*. Finnfeeds International Ltd, Boxmeer. Notitie BVS 1022/hn-7.
- Singley, M., M.Decker en S.J. Toth, 1975. *Composting of swine wastes*. In: Managing livestock wastes; Proceedings of the 3rd international symposium on livestock wastes, Illinois.
- Vermeulen, G.D., J.M. Maljaars en M.C. Sprong, 1993. *Haalbaarheid van gemechaniseerde bewerking van diepstrooiselbedden*. In: Inleidingen studiemiddag diepstrooiselsystemen. Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen. p 62-76.
- Wal, van der P.G., J.H. Huiskes, G. Mateman en A.H. Bolink, 1989. *Karkassamenstelling en vleeskwiteit van scharrelvarkens vergeleken met die van genetisch gelijkwaardige dieren gehouden in een intensief systeem*. Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek, Zeist. IVO-rapport, B-322.

# BIJLAGEN

## APPENDICES

Bijlage 1: Klimaatinstellingen van de natuurlijk geventileerde afdelingen in de vleesvarkensstal in Rosmalen

*Appendix 1: Climate settings in natural ventilated finishing rooms at Rosmalen*

Instelling van klimaatcomputer REFERENTIE	eerste week	tweede week	week 3 tot afleveren
minimale lucht in- en uitlaatopening	5%	5%->10%	10%
maximale lucht in- en uitlaatopening	100%	100%	100%
ruimteverwarming aan, beneden °C	27->22	22-> 19	19->11
gewenste afdelingstemperatuur °C	28->23	23->20	20-> 12
ingestelde bandbreedte ventilatie °C	5	5	5
vloerverwarming °C	32->30	30->25	25->20

Instelling van klimaatcomputer ECOPOR	eerste week	tweede week	week 3 tot afleveren
minimale lucht in- en uitlaatopening	5%->10%	10%	10->20%
maximale lucht in- en uitlaatopening	100%	100%	100%
ruimteverwarming aan, beneden °C	23->20	20->15	15->10
gewenste afdelingstemperatuur °C	24->21	21->16	16->12
ingestelde bandbreedte ventilatie °C	5	5	5

Instelling van klimaatcomputer ENVISTIM	eerste week	tweede week	week 3 tot afleveren
minimale lucht in- en uitlaatopening	5%->10%	10%	10->20%
maximale lucht in- en uitlaatopening	100%	100%	100%
ruimteverwarming aan, beneden °C	23->19	19->17	17->14
gewenste afdelingstemperatuur °C	24->20	20-> 18	18->15
ingestelde bandbreedte ventilatie °C	5	5	5

Bijlage 2A: Overzicht van data van de verschillende rondes in Rosmalen  
*Appendix 2A: Overview of data of the different finishing batches at Rosmalen*

	Referentie	Ecopor	Envistim
Ronde1	13/02/'91 - 11/06/'91	06/02/'91 - 28/05/'91	06/02/'91 - 11/06/'91
Ronde2	18/06/'91- 22/10/'91	05/06/'91 - 22/10/'91	12/06/'91- 22/10/'91
Ronde3	23/10/'91 - 11/02/'92	23/10/'91 - 11/02/'92	29/10/'91 - 25/02/'92
Ronde4	12/02/'92 - 23/06/'92	18/02/'92 - 09/06/'92	Niet meer

Bijlage 2B: Aantal dieren per ronde die voor dit onderzoek opgelegd zijn in de referentie-afdeling in Rosmalen  
*Appendix 2B: Number of animals per batch that were used in the control room at Rosmalen*

	Ronde1	Ronde2	Ronde3	Ronde4
Aantal dieren	90	72	108	90

Bijlage 3: Technische resultaten over verschillende groeitrajecten in Rosmalen  
*Appendix 3: Performance of different fattening phases for the two deep litter systems and con trol*

Opleg tot eerste weging	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD
aantal opgelegd	360	320	240	
begingewicht (kg)	24,1	23,8	23,6	
beginleeftijd (dgn)	75	74	74	
gewicht bij 1e weging (kg)	42,8	45,0	42,8	
leeftijd bij 1e weging (dgn)	105	104	103	
groeisnelheid (gr/dag)	648	696	669	80
voeropname (kg/dag)	1,36	1,47	1,44	0,12
voederconversie	2,10	2,12	2,15	0,10

Eerste tot tweede weging	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD
aantal opgelegd	360	320	240	
gewicht bij 1e weging (kg)	42,8	45,0	42,8	
leeftijd bij 1e weging (dgn)	105	104	103	
gewicht bij 2e weging (kg)	79,7	85,2	78,7	
leeftijd bij 2e weging (dgn)	156	153	152	
groeisnelheid (gr/dag)	765	819	754	130
voeropname (kg/dag)	2,15	2,32	2,08	0,38
voederconversie	2,81	2,84	2,80	0,11

Tweede weging tot afleveren	Referentie	Ecopor	Envistim	LSD
aantal opgelegd	360	320	240	
gewicht bij 2e weging (kg)	79,7	85,2	78,7	
leeftijd bij 2e weging (dgn)	156	153	152	
eindgewicht (kg)	104,1	106,4	106,8	
eindleeftijd (dgn)	189	182	188	
groeisnelheid (gr/dag)	713	731	760	50
voeropname (kg/dag)	2,58	2,86	2,79	0,30
voederconversie	3,64	3,93	3,71	0,41



Bijlage 4: Chemische samenstelling van strooisel dat gebruikt is voor bijvullen in Rosmalen

Appendix 4: *Chemical composition of wood shavings added to the deep litter bed during the fattening period*

	Ecopor	Envistim
NH <sub>4</sub> -N (g/kg)	0,01	0,02
N <sub>totaal</sub> (g/kg)	0,51	0,38
P <sub>totaal</sub> (g/kg)	0,51	0,36
K <sup>+</sup> (g/kg)	0,25	1,25
pH	6,8	4,3
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	∅	∅
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	∅	∅
droge-stofgehalte (%)	50,5	87,4
anorganische stof (% in ds)	0,8	∅,9

**Bijlage 5A:** Analyseresultaten van het Envistimsysteem in Rosmalen (hok 2)  
**Appendix 5A:** Concentrations of different chemical variables measured for the Envistim deep litter system (pen 2)

Datum	NH <sub>4</sub> -N g/kg	N- <sub>totaal</sub> g/kg	P g/kg	K g/kg	pH	NO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	DS %	AS % ds
04 - 02 - '91	0	0,75	0,04	0,25	6,0	0	0	47,1	0,8
04 - 03 - '91	1,82	6,86	2,01	5,23	9	0	25	72,8	3,9
02 - 04 - '91	2,41	8,6	3,03	9	8,6	>80	>500	60,9	7,8
01 - 05 - '91	1,74	7,8	3,6	10,9	8,4	>80	>500	48,1	11,8
31 - 05 - '91	0,78	7,27	4'	11,8	7,9	>80	>500	49,4	12,9
17 - 06 - '91	1,21	8,56	4,45	13,6	8,4	20	100	57,5	11,9
15 - 07 - '91	1,33	8,7	4,82	14	7,8	0	50	52,4	13,8
12 - 08 - '91	1,33	7,4	4,42	13,8	8,3	1	500	44,6	16,1
09 - 09 - '91	0,82	6,78	4,27	14,5	8,5	1	100	39,8	18,2
07 - 10 - '91	1,99	8,05	4,36	14,8	8,7	0	0	37,2	19,8
21 - 10 - '91	1,42	7,55	4,62	13,8	8,7	>50	>500	38,9	19,8
04 - 11 - '91	1,06	7,8	4,74	15,9	8,6	0	250	42,5	20
02 - 12 - '91	0,88	8,46	3,58	13,4	8,6	0	250	44,0	15,2
19 - 12 - '91*	1,25	8,16	4,72	17,9	8,7	0	0	39,4	22,1
19 - 12 - '91	0,81	8,02	5,15	18,6	0	0	0	45,7	19,6
31 - 12 - '91	0,87	8,98	5,41	19,2	8,9	10	250	45,4	21,1
27 - 01 - '92	2,16	9,04	5,65	20,9	8,4	0	0	44,6	22,8
25 - 02 - '92	2,2	8	4,29	15,3	8,5	0	0	36,5	22,4

**Bijlage 5B:** Analyseresultaten van het Envistimsysteem in Rosmalen (hok 3)  
**Appendix 5B:** Concentrations of different chemical variables measured for the Envistim deep litter system at Rosmalen (pen 3)

Datum	NH <sub>4</sub> -N g/kg	N- <sub>totaal</sub> g/kg	P g/kg	K g/kg	pH	NO <sub>2</sub> mg/l	NO <sub>3</sub> mg/l	DS %	AS % ds
04 - 02 - '91	0	0,75	0,04	0,25	6,0	0	0	47,1	0,8
04 - 03 - '91	1,48	5,80	1,78	4,42	8,6	>80	>500	71,7	4,0
02 - 04 - '91	2,54	8,30	3,27	9,39	8,7	20	250	63,7	8,3
01 - 05 - '91	2,66	8,00	3,25	10,5	8,3	>80	>500	46,0	12,0
31 - 05 - '91	0,83	6,92	4,02	11,3	8,0	>80	>500	49,5	13,0
17 - 06 - '91	1,28	7,82	4,28	12,6	8,2	>80	>500	54,0	12,5
15 - 07 - '91	1,54	8,2	4,48	13,2	8,2	10	250	50,0	14,1
12 - 08 - '91	1,6	8,3	4,82	15,0	8,3	0	500	49,2	16,3
09 - 09 - '91	1,38	8,14	4,62	15,7	8,6	5	100	43,3	18,7
07 - 10 - '91	1,54	8,90	4,57	15,7	8,8	0	0	40,0	20,3
21 - 10 - '91	1,55	7,99	4,86	15,9	8,5	40	500	40,6	21,0
04 - 11 - '91	1,28	8,11	5,15	17,0	8,7	0	500	42,6	20,7
02 - 12 - '91	1,57	8,04	4,94	17,9	8,8	0	0	41,3	21,6
19 - 12 - '91*	1,19	7,85	4,77	16,7	8,6	0	0	38,6	23,3
19 - 12 - '91	0,99	7,80	5,03	17,2	0	0	10	43,2	20,0
31 - 12 - '91	0,80	8,98	5,58	18,6	8,8	5	100	45,3	21,3
27 - 01 - '92	1,98	9,72	5,96	21,5	8,5	0	0	44,2	23,5
25 - 02 - '92	2,35	8,59	4,98	18,4	8,7	0	0	39	23,7

\* Afgevoerd materiaal

Bijlage 5C: Analyseresultaten van het Ecoporsysteem in Rosmalen (hok 2)  
 Appendix 5C: Concentrations of different chemical variables measured for the Ecopor deep litter system at Rosmalen (pen 2)

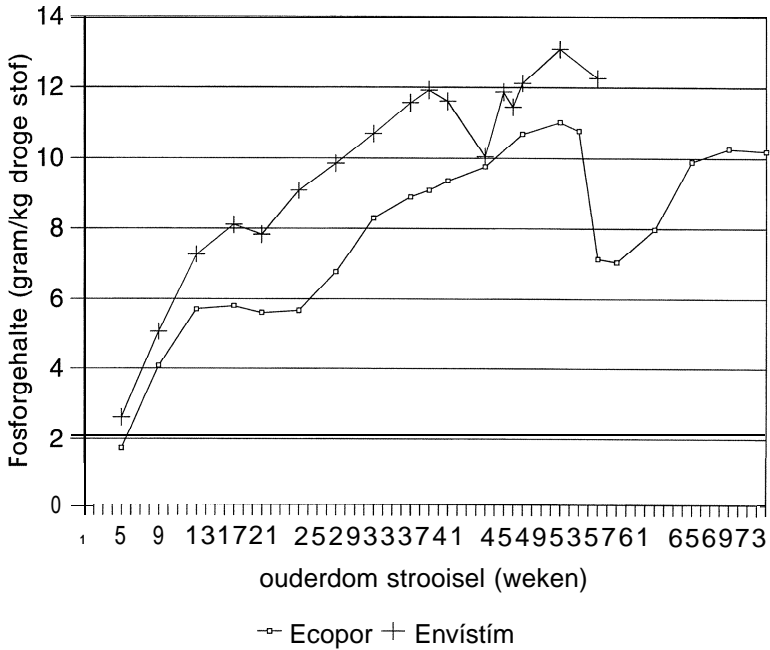
Datum	NH4-N g/kg	N- <sup>traal</sup> g/kg	P g/kg	K g/kg	PH mg/l	N02 mg/l	N03 %	DS % d s	AS
04 - 02 - '91	0	0,75	0,04	0,25	6,0	0	0	47,1	0,8
02 - 04 - '91	1,61	6,17	2,15	5,74	8,2	>80	>500	53,7	5,8
01 - 05 - '91	2,58	7,42	2,66	7,9	8,3	1	100	46,1	9,4
31 - 05 '91	1,59	6,03	2,74	7,94	8,9	40	100	46,2	9,6
17 - 06 - '91	1,70	7,40	2,48	7,50	8,2	5	250	45,6	8,8
15 - 07 - '91	2,20	8,1	2,15	9,00	8,4	10	250	43,7	11,5
12 - 08 - '91	1,96	7,50	3,13	9,46	8,7	5	500	48,1	13,1
09 - 09 - '91	2,06	8,74	3,83	12,3	8,4	80	250	45,7	15,0
07 - 10 - '91	1,76	7,635	3,56	11,6	8,8	0	100	39,8	16,4
21 - 10 - '91	1,70	7,53	3,76	11,7	8,4	0	250	39,9	17,0
04 - 11 - '91	1,4	7,98	4,00	13,7	8,3	20	500	43,4	17,5
02 - 12 - '91	1,16	7,59	4,00	13,5	8,3	0	250	41,8	17,3
31 - 12 - '91	0,80	7,33	4,02	13,7	8,4	40	250	37,3	18,9
27 - 01 - '92	2,22	7,36	3,94	13,1	8,2	0	0	35,1	19,7
11 - 02 - '92	2,2	7,34	3,72	13,9	8,2	0	0	34,8	19,9
25 - 02 - '92	1,06	5,1	2,49	9,00	8,6	1	25	42,8	12,1
06 - 04 - '92	1,71	7,04	3,4	11,7	8,7	>80	250	42,2	16,0
04 - 05 - '92	1,6	7,26	3,76	12,6	8,7	1	10	38,9	18,8
01 - 06 - '92	1,50	6,24	3,63	12,11	8,8	0	50	38,3	21,3
01 - 07 - '92	2,20	6,65	3,50	12,6	8,9	0	25	35,5	19,7

Bijlage 5D: Analyseresultaten van het Ecoporsysteem in Rosmalen (hok 3)  
 Appendix 5D: Concentrations of different chemical variables measured for the Ecopor deep litter system at Rosmalen (pen 3)

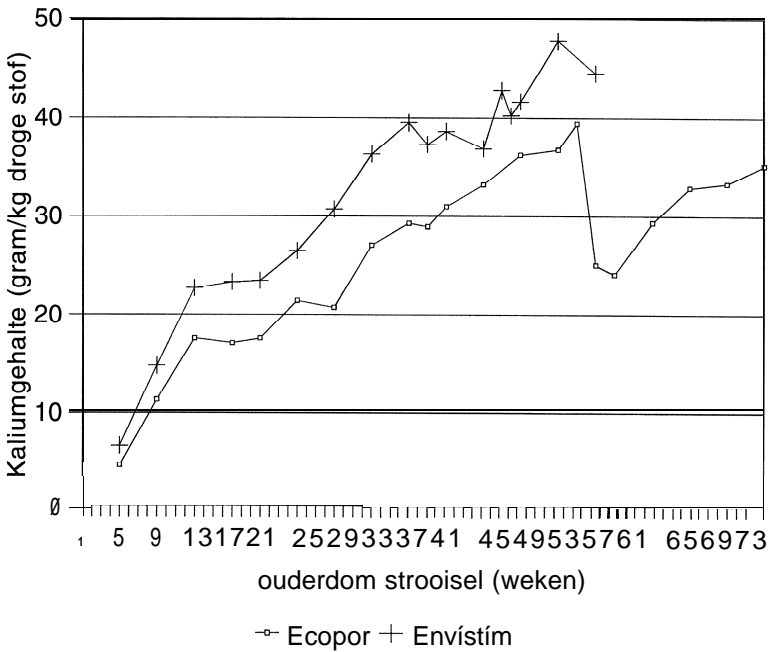
Datum	NH4-N g/kg	N- <sup>traal</sup> g/kg	P g/kg	K g/kg	PH mg/l	N02 mg/l	N03 %	DS % d s	AS
04 - 02 - '91	0	0,75	0,04	0,25	6,0	0	0	47,1	0,8
02 - 04 - '91	1,85	6,50	2,20	6,32	8,2	10	250	53,1	6,3
01 - 05 - '91	2,40	7,35	2,70	8,63	8,4	1	100	47,9	9,2
31 - 05 - '91	1,06	5,88	2,75	8,25	8,4	5	250	48,5	9,7
17 - 06 - '91	2,02	8,08	2,72	8,82	8,2	>80	>500	47,2	9,4
15 - 07 - '91	2,15	7,9	2,87	10,0	8,5	0	50	44,8	11,9
12 - 08 - '91	2,12	6,94	3,03	9,39	8,8	1	250	43,0	12,1
09 - 09 - '91	2,08	8,44	3,42	11,4	8,4	5	240	41,7	14,2
07 - 10 - '91	1,64	7,65	3,56	11,85	8,6	0	250	40,2	15,9
21 - 10 - '91	1,31	7,50	3,46	11,3	8,3	0	250	39,5	15,8
04 - 11 - '91	1,1	8,28	4,03	12,9	8,0	0	250	42,4	16,4
02 - 12 - '91	1,04	7,60	3,90	13,4	8,2	40	500	39,2	17,1
31 - 12 - '91	0,82	6,77	3,91	13,2	8,5	40	250	36,9	18,5
27 - 01 - '92	2,16	7,61	4,063	13,60	8,4	0	0	37,5	18,8
11 - 02 - '92	2,38	7,33	3,63	13,0	8,2	0	0	33,4	20,9
25 - 02 - '92	2,32	6,5	3,20	11,0	8,5	0	0	37,7	16,2
06 - 04 - '92	2,63	7,16	3,16	12,4	8,6	>80	250	40,0	16,6
04 - 05 - '92	2,68	7,59	3,64	12,0	8,6	0	0	35,9	19,2
01 - 06 - '92	2,43	6,9	3,97	12,6	8,8	0	0	35,9	20,2
30 - 06 - '92	2,77	7,01	3,69	12,2	9	10	25	35	19,3

\* afgevoerd materiaal

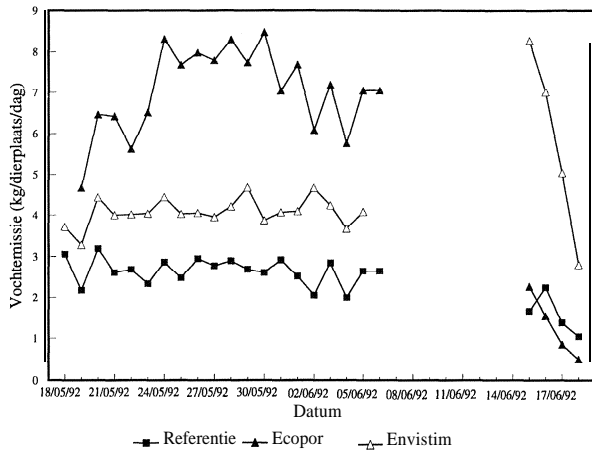
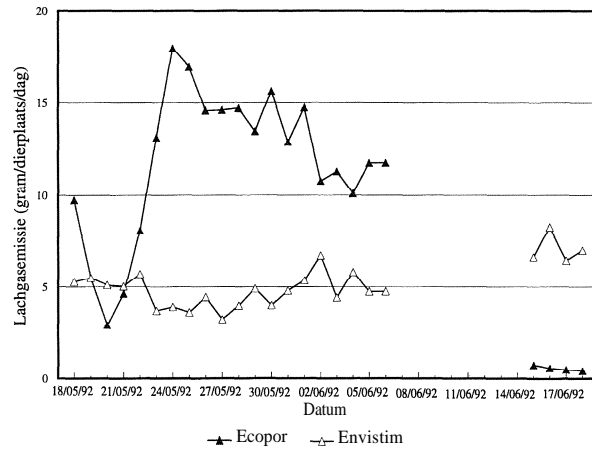
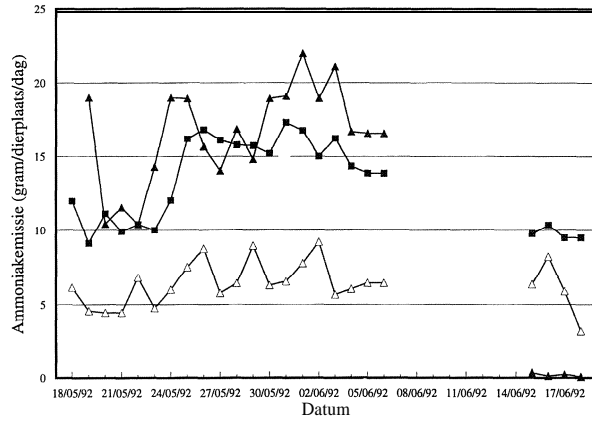
Fosforgehalte in de droge stof  
*Phosphors content in dry matter*



Kaliumgehalte in de droge stof  
*Potassium content in dry matter*



Bijlage 7:  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ - en  $\text{H}_2\text{O}$ -emissies uit de proefafdelingen in Rosmalen  
 Appendix 7:  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ - en  $\text{H}_2\text{O}$ -emission from experimental rooms at Rosmalen



Bijlage 8: Klimaatinstellingen diepstrooiselstal Sterksel  
*Appendix 8: Climate settings for deep litter systems at Sterksel*

streefwaarde temperatuur	17°C
band breedte	3°C
minimale ventilatie	20%
maximale ventilatie	100%
R.V. streefwaarde	80%
invloed RV op ventilatie per RV%	2%
maximale invloed RV op ventilatie	10%
tweede ventilator uit	40%

Bijlage 9: Analyseresultaten van diepstrooisel Sterksel  
*Appendix 9: Concentrations of different chemical variables for the deep litter system at Sterksel*

Chemische analyses van afgevoerd strooisel en doorgesijpeld vocht bij een diepstrooisel-systeem

	strooisel bed 1	strooisel bed 2	Vocht
NH <sub>4</sub> -N (g/kg)	1,25	1,30	0,07
N <sub>totaal</sub> (g/kg)	5,75	8,68	1,01
P <sub>totaal</sub> (g/kg)	3,33	4,77	
K <sup>+</sup> (g/kg)	11,60	17,60	
pH	8,5	82,	9,3
NO <sub>2</sub> -N (mg/l)	10		
NO <sub>3</sub> -N (mg/l)	25	>500	
droge-stofgehalte (%)	37,0	43,4	62
anorganische stof (% in ds)	23,8	27,7	65,4
niet opgeloste deeltjes (g/kg)			0,45
chloor (g/l)			7,76

# REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN *PUBLISHED RESEARCH REPORTS*

Proefverslag P 1.89

“KASVA Knelpunten analyse systeem varkenshouderij”

Proefverslag P 1.90

“Het effect van microbiel fytase in het voer op de opfokresultaten van gespeende biggen”

Proefverslag P 1.91

“Onderzoek aan een diepstrooiselsysteem op praktijkbedrijven”

Proefverslag P 1.92

“Rioleringssysteem voor de afvoer van mest”

Proefverslag P 1.93

“Ervaringen met biowassers op vleesvarkensbedrijven in PROPRO”

Proefverslag P 1.94

“Mestpannen in kraamstallen”

Proefverslag P 1.95

“Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelvloeistof”

Proefverslag P 1.96

“Arbeid en arbeidsomstandigheden in diepstrooiselsystemen voor vleesvarkens”

Proefverslag P 1.97

“Wel of niet bedrijfsmatig bijvoeren van zogende biggen met vast voer”

Proefverslag P 1.98

“Extra waterverstreking aan lacterende zeugen”

Proefverslag P 1.99

“Ervaringen met biobedden op vleesvarkensbedrijven in PROPRO”

Proefverslag P 1.100

“Poliklinische kraamafdelingen in combinatie met zoogafdelingen voor zeugen”

Proefverslag P 1.101

“Bedrijfsinpasbaarheid van vrijdragende afdekkingen op mestilo's; een enquête onder veehouders”

Proefverslag P 1.102

“Ervaringen met diepstrooisel op een varkensbedrijf in PROPRO”

Proefverslag P 1.103

“De invloed van inweekmethode, waterdruk, waterdebiet en nozzle op het waterverbruik en de werktijd voor het reinigen van varkensstallen”

Proefverslag P 1.104

“Ultrasone meting van spekdikte bij groeiende vleesvarkens en latere classificatieresultaten”

Proefverslag P 1.105

“Temperatuurbehoefte van lacterende zeugen in relatie tot voeropname, productie en energieverbruik”

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door *f* 18,50 per verslag 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 *f* 20,-- per P 1-verslag (dit is inclusief verzendkosten) én *f* 15,-- overschrijvingskosten per bestelling. U kunt zich ook abonneren op het periodiek PRAKTIJKONDERZOEK VARKENSHOUDERIJ. U ontvangt dan 6 keer per jaar een periodiek met daarin de resultaten van het onderzoek. Bovendien ontvangt u het jaarverslag gratis, U kunt zich hierop abonneren door *f* 45,-- over te maken op Postbanknummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van POV, Nieuw abonnement. Als u in het buitenland woonachtig bent, betaalt u *f* 75,-- voor een abonnement.