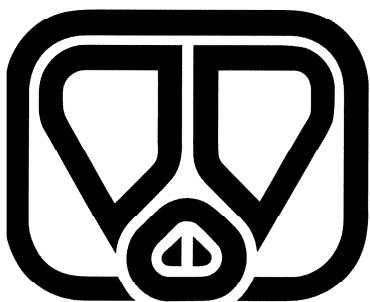


ing. P.F.M.M. Roelofs
ing. G.P. Binnendijk
ing. H.J. Romein
ing. A.L.P. van de Sande-
Schellekens

Arbeid en arbeidsomstandig- heden in diepstrooisel- systemen voor vleesvarkens

*Labour requirements and
conditions in deep litter
systems for fattening pigs*



Proefstation voor de Varkenshouderij

Proefstation voor de
Varkenshouderij
Postbus 83
5240 AB Rosmalen
Tel.: 04192-86555

Proefverslag nummer P 1.96
augustus 1993

INHOUDSOPGAVE

	SAMENVATTING	3
	SUMMARY	4
1	INLEIDING <i>INTRODUCTION</i>	5 5
2	LITERATUUROVERZICHT <i>LITERATURE REVIEW</i>	6 6
2.1	Benodigde arbeid voor strooiselbewerking	6
2.2	Arbeidsomstandigheden	9
2.3	Veiligheidsvoorschriften additieven	14
3	MATERIAAL EN METHODEN <i>MATERIAL AND METHODS</i>	15 15
3.1	Proeflocaties en werkmethode Proefstation	15
3.2	Proeflocatie en werkmethode praktijkbedrijf	16
3.3	Waarnemingen	17
3.4	Verwerking van de gegevens	20
4	RESULTATEN <i>RESULTS</i>	22 22
4.1	Arbeidstijden voor het wekelijks bewerken van de strooiselbedden	22
4.1.1	Diepstrooiselsystemen op het Proefstation	22
4.1.2	Diepstrooiselsysteem op het praktijkbedrijf	23
4.1.3	Periodiek onderhoud van de diepstrooiselbedden	25
4.2	Arbeidsomstandigheden	25
4.2.1	Stof in de stallucht	26
4.2.2	Concentraties schadelijke gassen	28
4.2.3	Geluidsbelasting tijdens strooiselbewerking met minikraan vanaf de werkgang	32
5	DISCUSSIE <i>DISCUSSION</i>	34 34
5.1	Arbeidsbehoefte voor het wekelijks bewerken van het strooisel	34
5.2	Vergelijking van arbeidsbehoefte met andere huisvestingssystemen	36
5.3	Arbeidsomstandigheden	38
6	CONCLUSIES <i>CONCLUSIONS</i>	41 41
	REFERENTIES <i>REFERENCES</i>	43 43
	BIJLAGEN <i>APPENDICES</i>	45 45
	REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN <i>PUBLISHED RESEARCH REPORTS</i>	60 60

SAMENVATTING

Van 1990 tot 1992 is er op het Proefstation voor de Varkenshouderij onderzoek verricht naar het houden van vleesvarkens in diepstrooiselsystemen. Hiertoe zijn twee bestaande vleesvarkensafdelingen verbouwd tot diepstrooiselafdelingen voor het Ecopor-systeem en het Finnfeeds-systeem. Aanvankelijk werden de strooisel bedden handmatig met behulp van een riek bewerkt. In 1991 is overgegaan op bewerking met een minikraan vanaf het strooiselbed, dat wil zeggen dat de kraan in het hok op het strooiselbed staat. In 1993 zijn waarnemingen verricht in een speciaal voor het Finnfeeds-systeem nieuw gebouwde diepstrooiselafdeling die in het kader van PROPRO (PRaktijk Onderzoek PROject Noord-Brabant) op een praktijkbedrijf is gebouwd. Hier werd het strooisel bewerkt met een minikraan vanaf de (brede) werkgang.

Het onderzoek op het Proefstation en op het praktijkbedrijf is gericht op de benodigde hoeveelheid arbeid en op de arbeidsomstandigheden in huisvestingssystemen met diepstrooisel.

Handmatige bewerking van het strooiselbed is, met uitzondering van de eerste weken na het vervangen van het strooisel, fysiek zeer zwaar werk en hierdoor op bedrijven met een beperkte hoeveelheid beschikbare arbeid praktisch onmogelijk. Op het Proefstation is hiermee desondanks ervaring opgedaan. De benodigde tijd voor de wekelijkse strooiselbewerking zonder mechanisatie bedraagt 22 uur (Finnfeeds) tot 27 uur (Ecopor) per week per 1080 vleesvarkensplaatsen.

Bewerking van het strooisel met een minikraan vanaf het strooiselbed maakt het werk veel lichter, maar nauwelijks sneller. Wanneer de varkens bij handmatige bewerking in het hok kunnen blijven en bij mechanische bewerking verplaatst moeten worden, duurt mechanische bewerking zelfs langer. Op het Proefstation, waar met een minikraan in de hokken op het strooisel werd gereden bedragen de werktijden 27 uur (Ecopor) tot 29 uur (Finnfeeds) per 1080 varkensplaatsen per week. Wanneer de strooiselbedden vanaf de werkgang bewerkt worden, zoals op het praktijkbedrijf, neemt de arbeidsbehoefte voor de wekelijkse bewerking in het Finnfeeds-systeem af tot 22 uur per 1080 varkensplaatsen per week. Dit komt vooral

doordat de varkens dan niet meer verplaatst hoeven te worden.

Inclusief het periodiek aanvullen en vervangen van het strooisel bedraagt de extra arbeidsbehoefte bij mechanische bewerking 26 tot 34 uur per 1080 vleesvarkensplaatsen per week. Dit komt overeen met 1,2 tot 1,6 uur per varkensplaats per jaar, een toename van ongeveer 75% tot 100% ten opzichte van de totale hoeveelheid arbeid voor het houden van varkens in huisvestingssystemen met een halfroostervloer. Doorgaans ruikt de lucht in afdelingen met diepstrooiselsystemen beter dan in afdelingen met mengmestsystemen. Ook is er relatief weinig inspirabel stof (overdag ongeveer $1,1 \text{ mg/m}^3$, 's nachts $0,8 \text{ mg/m}^3$) en respirabel stof (over het etmaal ongeveer $0,2 \text{ mg/m}^3$) in de lucht aanwezig.

Tijdens het bewerken van het strooiselbed komen echter veel hogere stofgehalten voor ($3,1 \text{ mg}$ inspirabel stof en $0,5 \text{ mg}$ respirabel stof per m^3). Hierdoor, en door de aanwezigheid van thermofiele Actinomyceten is gebruik van ademhalingsbeschermingsmiddelen met P2-filters gewenst.

Tijdens het bewerken van het strooisel neemt ook de NH_3 -concentratie sterk toe. De concentratie stijgt zowel boven het strooisel als boven de werkgang tot ver boven de MAC. Ook de concentraties N_2O , CO_2 , NO_x en H_2S zijn gemeten. In het algemeen blijven ze onder de MAC, maar doordat in stallen een mengsel van vele gassen aanwezig is, zijn interacties tussen deze gassen mogelijk. In dat geval kunnen lagere concentraties van mengsels van gassen toch al de gezondheid van de varkenshouder schaden. Hierdoor en vanwege de hoge ammoniakconcentraties wordt aan bevolen de ademhalingsbeschermingsmiddelen te voorzien van ammoniakfilters.

Gezien de resultaten kan worden geconcludeerd dat grootschalige toepassing van diepstrooiselsystemen in de praktijk met de huidige werkmethoden onwaarschijnlijk is. Pas wanneer werkmethoden worden ontwikkeld waarmee de arbeidsbehoefte sterk wordt gereduceerd en de arbeidsomstandigheden verbeteren, kunnen de perspectieven voor diepstrooiselsystemen in Nederland gunstiger worden.

SUMMARY

From 1990 to 1992, two deep litter systems for fattening pigs (Ecopor and Finnfeeds) were examined at the Research Institute for Pig Husbandry in Rosmalen. At first, litter was treated using manual labour, but since 1991 a mini-digger, operating from the litter, was used.

In addition to the study at the Institute, a commercial deep litter system was examined in 1993. At the commercial farm, litter was treated using a mini-digger that operated from the working path.

The purpose of the study was to assess the labour requirements and labour conditions for each of the deep litter systems.

Treating the litter manually was a very strenuous job, except the first few weeks after replacing the litter. When computed for a fattening unit of 1080 pigs, labour requirements were about 22 and 27 hours per week for the Ecopor-system and the Finnfeeds-system, respectively.

Treating the litter with a mini-digger is less strenuous compared with manual labour, but the labour requirement is not always reduced. This is due to the necessity of moving pigs from pen to pen, when treating the litter using a mini-digger that operates from the litter. Labour requirements were about 27 and 30 hours per week for the Ecopor-system and Finnfeeds-system, respectively.

On the commercial farm, litter was treated using a mini-digger that operated from the working-path. As a result, pigs did not have to be moved from pen to pen, which reduced the labour requirement to 23 hours per week in a fattening unit for 1080 pigs.

Including periodic labour to add or replace litter, the total labour required for treating litter using a mini-digger was about 26 to 34 hours per week in a fattening unit for 1080 pigs. This is 1.2 to 1.6 hours per year per pig-place. Thus, deep litter systems require 75 to 100% more labour than conventional systems equipped with partially slatted floors.

The air quality in deep litter systems is generally better than in conventional systems. The air contains less odorous com-

pounds and less inspirable dust (by day 1.1 mg/m³, at night 0.8 mg/m³) and respirable dust (0.2 mg/m³ over 24 hours).

During litter treatment, however, dust concentrations are much higher (3.1 mg inspirable and 0.5 mg respirable dust per m³). When treating the litter, therefore, it is advised to wear face masks for protection against dust and thermophilic Actinomyces.

Of the noxious gases measured (NH₃, N₂O, CO₂, NO, and H₂S) only NH₃-concentrations were above the Dutch "Maximum Accepted Concentration" (MAC, 25 ppm), when measured both above litter or working-path. Thus, for health safety it is advisable to wear face masks equipped with ammonia filters.

In conclusion, labour requirements and conditions in deep litter systems are so that no big expanse of deep litter systems is expected in the Netherlands. Before those systems will be acceptable for Dutch pig feeders further mechanization has to be developed.

All tables are in English in appendix 4.

1 INLEIDING

INTRODUCTION

Door diverse instituten binnen en buiten Nederland wordt onderzoek verricht naar diepstrooiselsystemen. Het is niet altijd mogelijk om buitenlandse onderzoeksresultaten direct te vertalen naar de Nederlandse situatie. Daarvoor is onderzoek naar het functioneren van diepstrooiselsystemen onder Nederlandse omstandigheden noodzakelijk. De belangrijkste reden voor het Nederlandse onderzoek is de verwachting dat de milieuproblematiek met behulp van diepstrooiselsystemen kan worden verlicht, bijvoorbeeld door minder ammoniakemissie en minder mestvolume per varkensplaats dan bij andere huisvestingssystemen.

Naast de technische aspecten, met name het functioneren van het diepstrooisel bed en de technische resultaten die ermee worden behaald, is ook de arbeid in de diepstrooiselsystemen van belang. Zowel de hoeveelheid arbeid als de arbeidsomstandigheden zijn belangrijke criteria bij de ontwikkeling en beoordeling van huisvestingssystemen. In een aantal eerdere onderzoeken zijn alleen de technische aspecten onderzocht. Andere onderzoekers hebben ook enkele aspecten met betrekking tot de arbeid meegenomen,

Het Praktijkonderzoek voor de Nederlandse varkenshouderij heeft onderzoek verricht naar het Ecopor-systeem en naar het Finnfeeds-systeem. Bij het Ecopor-systeem wordt de mest wekelijks in het strooisel ingegraven. De plaats waarop de mest wordt ingegraven schuift telkens op, en na een periode van zes weken wordt weer vooraan begonnen. Na het ingraven van de mest wordt de bovenlaag van het strooisel omgewerkt. In het Finnfeeds-systeem wordt de mest vanaf de mestplaats verspreid over het hele strooiselbed en vervolgens ondergewerkt. Totdat de varkens 40 kg wegen gebeurt dit eenmaal per week. Wanneer ze zwaarder zijn wordt in het Finnfeeds-systeem geadviseerd dit tweemaal per week te doen. In beide systemen wordt wekelijks een mengsel (additief) toegevoegd om de omzettingprocessen op gang te houden. Op het Proefstation in Rosmalen is voor het Ecopor-systeem en voor het Finnfeeds-sys-

teem nagegaan wat de arbeidsbehoefte is voor het bewerken van de diepstrooiselbedden. Er zijn werktijden gemeten van het handmatig omzetten met een riek en van het mechanisch omzetten met behulp van een minikraan. De werktijden gelden voor stallen waarin het strooisel niet vanaf de werkgang kan worden bewerkt. Dit zal het geval zijn in de meeste bestaande stallen met een mengmestsysteem, die worden verbouwd tot diepstrooiselstallen. Tevens zijn gegevens verzameld met betrekking tot de arbeidsomstandigheden, zoals de concentraties van enkele gassen en van stof. Op een praktijkbedrijf, dat in het kader van PROPRO (PRaktijk Onderzoek PROject Noord-Brabant) twee afdelingen met diepstrooisel heeft gebouwd, zijn in één afdeling soortgelijke waarnemingen verricht. De resultaten van het onderzoek op dit praktijkbedrijf geven een betere indruk van de arbeidssituatie op bedrijven die speciaal zijn gebouwd voor huisvesting van vleesvarkens in diepstrooiselsystemen.

2 LITERATUUROVERZICHT *LITERATURE REVIEW*

2.1 Benodigde arbeid voor strooiselbewerking

Het principe van het houden van varkens op diepstrooiselbedden, waarin onder invloed van een additief mest wordt gecomponeerd, is afkomstig uit Japan. Ook in Hong Kong wordt onderzoek verricht naar een diepstrooiselsysteem. Lo (1992) geeft aan dat in Hong Kong stallen worden gebruikt met half dichte vloer en half diepstrooisel en met 20 tot 30 varkens per hok. Vanwege het warme weer wordt de dichte vloer als ligruimte gebruikt. Volgens Lo moet de mest dagelijks worden verspreid. Inclusief gezondheidscontrole duurt dit 5 tot 10 minuten per hok. Dit komt overeen met 140 tot 280 minuten per 100 varkens per week. De te verplaatsen hoeveelheid mest kan worden beperkt door de mesthoek te verplaatsen. Dit kan worden bereikt door hokafscheidingsen, drinknippels en voerbakken regelmatig te verplaatsen. Daarnaast wordt wekelijks of tweewekelijks het strooiselbed losgemaakt met een mini-cultivator. Lo (1992) heeft voorkeur voor het verwijderen van de biggen uit het hok tijdens het omzetten, hoewel zij aangeeft dat de varkens in Japan op het strooiselbed blijven. Verder wordt na elke ronde de afdeling leeggemaakt, gereinigd, ontsmet en het strooisel vervangen. Van deze bewerkingen zijn geen arbeidstijden bekend.

In Frankrijk is het diepstrooiselsysteem op een tiental praktijkbedrijven onderzocht door Hervo en Theobald (1992). Daar wordt elke 18 maanden een derde deel van het strooisel vervangen, en eenmaal per 5 jaar al het strooisel. Dit komt overeen met de gebruiksaanwijzing van Ecopor. Volgens Le Denmat (1993) worden de strooiselbedden handmatig omgezet en gaan er 20 tot 30 biggen ($0,5$ tot $0,64 \text{ m}^2/\text{big}$) of 20 tot 25 vleesvarkens ($1,2 \text{ m}^2/\text{varken}$) in een hok. Hervo en Theobald (1992) geven aan dat de arbeidsbehoefte voor het bewerken van de strooiselbedden sterk varieert. Voor biggen geven ze een gemiddelde arbeidsbehoefte van ongeveer 10 minuten per big per ronde van 7 weken, voor vleesvarkens 20 tot 30 minuten per varken per ronde van 13

weken. Dit komt overeen met 154 tot 231 minuten per 100 varkens per week. Dit is minder dan de arbeidsbehoefte volgens Lo, want de tijden die zij aangeeft, gelden alleen voor het dagelijks verspreiden van de mest. Het wekelijkse losmaken en elke ronde verversen van het strooisel komen daar nog bij.

Van de Sande-Schellekens et al. (1992) geven de benodigde werktijd voor het omzetten van Finnfeeds-diepstrooisel bedden in een afdeling met 108 varkens in zes hokken. De tijd die nodig is voor het bewerken met een minikraan is afgeleid van het aantal draaiuren van de minikraan. Hier is gewerkt vanaf de werkgang, zonder de varkens te verplaatsen. Er is een schatting gemaakt van de werktijden voor de overige bewerkingen, zoals vervangen van het strooisel, en de geschatte werktijd die nodig is voor het reinigen van een conventionele afdeling is in mindering gebracht. Er is geen rekening gehouden met het reinigen van de stal na het verwijderen van het gehele strooisel bed.

Het strooiselbed is bewerkt volgens de voorschriften van de leverancier van het additief, met uitzondering van de bewerkingsfrequentie en de "controle van het bed". Ook nadat de varkens 40 kg wogen, is het strooiselbed slechts éénmaal per week bewerkt. Bij de controle is wekelijks de temperatuur van het strooisel gemeten en is de bepaling van het drogestofpercentage achterwege gelaten. Volgens Melhorn (1992) is de strooiseltemperatuur een belangrijke indicator voor het functioneren van het strooisel. Hij adviseert zelfs om de temperatuur dagelijks te meten.

Tabel 1 geeft een overzicht van werktijden die zijn gebaseerd op de gegevens van Van de Sande-Schellekens et al. (1992). De tijden zijn uitgedrukt in minuten en centiminuten (een centiminuut is $1/100$ minuut). In tabel 1 is uitgegaan van zaagsel vervangen na elke drie ronden.

Volgens Van de Sande-Schellekens et al. (1992) is er in een speciaal voor diepstrooisel gebouwde stal, waarin het strooisel wordt bewerkt met een minikraan, ongeveer

1,75 uur extra arbeid per 100 varkensplaat-
sen per week nodig wanneer het strooisel-
bed drie ronden meegaat en er na elke
ronde (behalve de derde) 10% strooisel
wordt aangevuld. Hierbij is nog geen reke-
ning gehouden met toeslagen voor storing,
rust en persoonlijke verzorging en met bijko-
mende handelingen. Wanneer hiervoor in
totaal 25% van de netto arbeidstijd wordt
genomen is de totale arbeidstijd nog
steeds duidelijk minder dan het gemiddelde
van de werktijden die Hervo en Theobald
hebben gevonden voor handmatig omzetten.

Vermeulen et al. (1992) hebben berekend
hoeveel arbeid er voor het wekelijks omzet-
ten van de diepstrooiselbedden nodig zou
zijn wanneer dit nog verder wordt geauto-
matiseerd. Ze denken hierbij aan een bewe-
gende vloer, waarbij het strooisel wordt
gemengd en losgemaakt terwijl de varkens
in het hok blijven. Ze vergelijken de werktijd
voor dit systeem met die voor het omzetten
met een minikraan of met een speciaal
daarvoor uitgeruste trekker. Bij deze drie
laatste systemen gaan ze er van uit dat de
varkens moeten worden verplaatst tijdens
het bewerken van de strooiselbedden.
In hun eerste berekeningen worden de var-
kens (16 varkens per hok, 10 hokken achter
elkaar) in één helft van het hok opgesloten,

zodat de vrijgekomen helft van de hokken
kan worden gespit. Daarna worden de var-
kens omgehokt en wordt de andere helft
van de hokken gespit. Het verplaatsen van
de varkens duurt in deze opzet 6 seconden
per varken per week. Het spitten met een
minikraan duurt 50 seconden per varken
per week. Vermeulen et al. (1992) hebben in
hun berekening ook een andere bedrijfsop-
zet meegenomen. Hierin zijn de varkens
gehuisvest in twee rijen hokken zonder
gang daartussen. Door een speciale con-
structie van de hokafscheidingen kunnen de
varkens uit de twee rijen in één rij onderge-
bracht worden, zonder dat ze bij elkaar
komen. De strooiselbedden in een hele rij
kunnen dan in één keer bewerkt worden. De
tijd voor het verplaatsen verdubbelt dan,
maar er kan veel gemakkelijker gewerkt
worden. Vermeulen et al. (1992) verwachten
echter niet dat de strooiselbewerking er veel
sneller door zal gaan. Daarom hebben ze
speciale werktuigen ontworpen, die achter
een trekker worden gekoppeld. Het werk-
tuig voor de Ecopor-bedden begraaft de
mest in een sleuf, de Finnfeeds-machine is
gebaseerd op een spitmachine. Een vierde
werkmethode is sterk geautomatiseerd en
berust op een "bewegende vloer". Hierbij
ligt het strooisel op een band die langzaam
wordt afgedraaid naar een plaats waar het

Tabel 1: Arbeidsbehoefte (in minuten en centiminuten) voor het met een minikraan vanaf de
werkgang bewerken van Finnfeeds-diepstrooiselbedden (Naar: Van de Sande-
Schellekens et al., 1992)

Table 1: Labour-requirement (in minutes and cmin; 1 cmin = 0,01 min) for Finnfeeds litter-
treatment with mini-digger using the working-path (Source: Van de Sande-
Schellekens et al., 1992)

bewerking	frequentie	tijd per 108 dieren per keer	tijd per 100 dierplaatsen per week
mest verspreiden en bed omzetten	1 keer/week	75	69,4
controle van het bed	1 keer/week	10	9,3
additief toevoegen	1 keer/week	15	13,9
10% zaagsel bijvullen	0,66 keer/ronde	120	4,6
inbrengen strooisel	0,33 keer/ronde	600	11,4
uithalen strooisel bed	0,33 keer/ronde	960	18,2
subtotaal			126,8
- niet reinigen van de stal	1 keer/ronde	380	- 21,7
TOTAAL			105,1

automatisch wordt bewerkt. Na de bewerking wordt het via een transportband weer teruggebracht naar het begin van de band waar het diepstrooiselbed op ligt. Tabel 2 geeft de door Vermeulen et al. (1992) berekende werktijden voor het bewerken van diepstrooiselbedden volgens vier verschillende werkmethoden.

De totaaltijden komen overeen met respectievelijk 100, 49, 50 en 21 minuten per 100 varkens per week. Van de 100 minuten werktijd met een minikraan zijn 10 minuten nodig voor het verplaatsen en 7 minuten voor het toevoegen van het additief. De resterende arbeidsbehoefte voor bewerking van het strooiselbed (84 minuten per 100 varkens per week) is langer dan de 69 minuten die Van de Sande-Schellekens et al. (1992) vonden voor het werken met een minikraan. De werkmethoden volgens de drie andere systemen zijn aanzienlijk sneller, maar deze zijn nog niet op praktijk-schaal uitgetoetst. De bewegende band wordt in een andere vorm gebruikt bij de productie van champignonmest, maar is niet gebruikt in een diepstrooiselstal. De werktijden zijn gebaseerd op theoretische

berekeningen.

Huysman en Greutink (1993) hebben een inventarisatie gemaakt van bedrijfsservaringen met het Ecopor-systeem op 20 praktijk-bedrijven, waarvan 18 met vleesvarkens. Van deze 18 bedrijven met vleesvarkens werd op 9 bedrijven het strooisel handmatig ingegraven en losgemaakt. Op 6 bedrijven werd een kleine zelfrijdende minikraan gebruikt. Verder kwamen voor: een minikraan voor aanbouw op een trekker, een cultivator achter een trekker, een aangepaste schuif met lier (waarmee gewoonlijk de grond van een voordroogkuil of maïskuil wordt gehaald), een tuinbouwfrees en een spitmachine achter een trekker. Door middel van arbeidsregistratie zijn de werktijden voor het verplaatsen van de varkens, het bewerken van het strooiselbed en het toevoegen van additief vastgelegd. Het resultaat is weergegeven in tabel 3. Hierbij is ook aangegeven of er in de hokinrichting draaihekken werden gebruikt en wat de gemiddelde bedrijfsgrootte was.

De door Huysman en Greutink (1993) gevonden arbeidsbehoefte voor handmatige bewerking ligt binnen de range die

Tabel 2: Arbeidsbehoefte (uur per jaar) voor de wekelijkse bewerking van het strooisel in een stal met 1224 varkensplaatsen (Vermeulen et al., 1992)

Table 2: Labour requirement (hours per year) for weekly litter-treatment in a unit for 1224 pigs (Vermeulen et al., 1992)

	minikraan	Ecopor-trekker	Finnfeeds-trekker	bewegende vloer
varkens verplaatsen	105	210	210	0
additief toevoegen	70	70	70	70
strooisel bewerken	887	240	250	156
TOTAAL	1062	520	530	226

Tabel 3: Arbeidsbehoefte (minuten per 100 varkensplaatsen per week) voor het bewerken van Ecopor-bedden met vleesvarkens (naar: Huysman en Greutink, 1993)

Table 3: Labour requirement on deep litter farms (minutes per 100 pigs per week) with and without mechanisation and with and without turnable gates (Huysman and Greutink, 1993)

werkmethode	draaihekken	aantal bedrijven	aantal varkens/bedrijf	arbeids-behoefte
handmatig		7	106	191
mechanisch	+	9	223	106
mechanisch		2	838	98

Hervo en Theobald (1992) aangeven. De arbeidsbehoefte voor mechanisch omzetten komt vrijwel overeen met de door Van de Sande-Schellekens et al. (1992) gevonden werktijd.

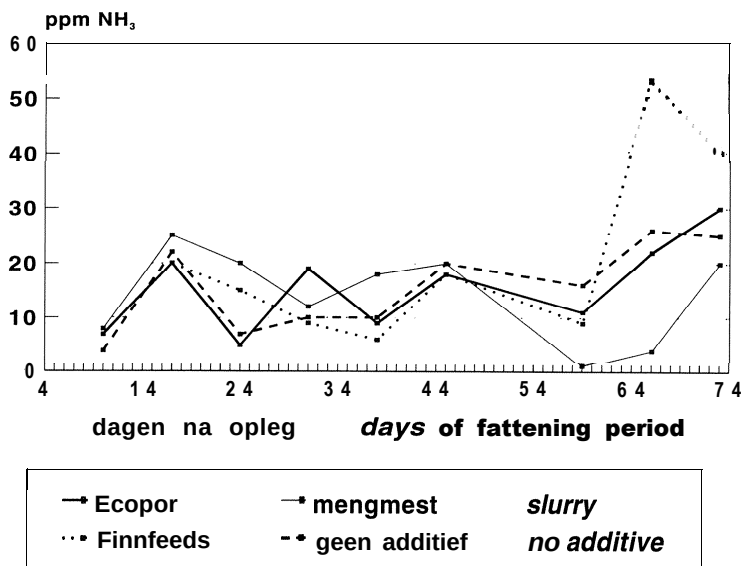
Volgens tabel 3 kost het bewerken van de strooiselbedden op de bedrijven met mechanisatie veel minder tijd dan op de bedrijven waar dit handmatig gebeurt. Omdat het verschillende bedrijven betreft, is een goede vergelijking echter niet mogelijk. Hetzelfde geldt voor het gebruik van draaihekken. Op de bedrijven met draaihekken duurt het bewerken van de strooiselbedden iets langer dan op de andere bedrijven, maar het is niet bekend wat daarvan de oorzaak is. Mogelijk is dit het gevolg van een andere bedrijfsgrootte, maar het is ook mogelijk dat er op een andere manier is gemechaniseerd of dat de varkens op de andere bedrijven tijdens het bewerken van de strooiselbedden in de hokken blijven. Verder merken Huysman en Greutink (1993) op dat het werk op 12 van de 20 bedrijven meestal door twee personen is uitgevoerd. Op veel gezinsbedrijven zal dit niet mogelijk

zijn. Het is mogelijk dat de arbeidsbehoefte bij een eenmansmethode, vooral bij handmatige strooiselbewerking, wat hoger is dan bij een tweemansmethode.

Op de 20 praktijkbedrijven wordt behalve het wekelijks bewerken van de diepstrooiselbedden ook het jaarlijks vervangen van een deel van het strooisel als zwaar en tijdrovend werk ervaren. Dit gebeurt in het algemeen met dezelfde hulpmiddelen als het bewerken van de strooiselbedden. De arbeidsbehoefte hiervoor bedraagt 6,6 minuten per vleesvarkensplaats per keer. Bij éénmaal per drie ronden vervangen van een deel van het strooisel komt dit overeen met 13,8 minuten per 100 varkens per week.

2.2 Arbeidsomstandigheden

Tijdens het bewerken van diepstrooisel bedden kunnen stof en gassen vrijkomen. Volgens Groenestein en Reitsma (1992) komt stikstof in een goed werkend diepstrooiselbed uitsluitend vrij in de vorm van N_2 . Ze hebben echter ook emissies vastgesteld van NH_3 , N_2O en, in mindere mate, NO . De



Figuur 1: Concentratie ammoniak (ppm) in een mengmeststelsysteem en in drie diepstrooisel-systemen (Naar: Kay, 1993)

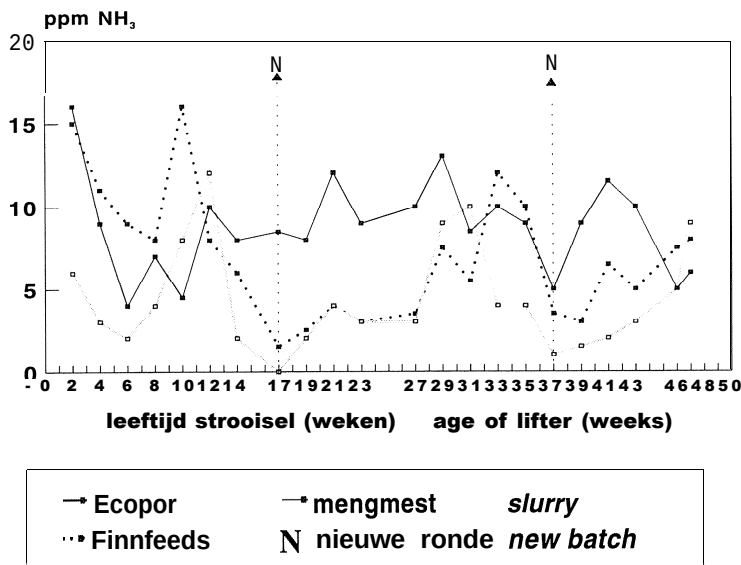
Figure 1: Ammonia (ppm) in a slurry-system and in three deep litter systems (Source: Kay, 1993)

emissie in de vorm van NO bleek gedurende een mestronde vrij constant te zijn. Met name de emissie van NH_3 nam toe met het zwaarder worden van de varkens. Van de drie gasen was er een piek in de emissie tijdens het omzetten van het strooiselbed. Groenestein en Reitsma (1992) geven geen concentraties, maar hebben uit de concentraties in de ventilatiekoker en het ventilatie-debiet de emissie berekend. De hoge emissie tijdens het omzetten wijst op hoge concentraties tijdens het werk.

Kay (1993) heeft de ammoniakconcentratie gemeten in een afdeling met volledig rooster-vloeren en drie afdelingen met elk een ander diepstrooiselsysteem. Hij onderzocht het Ecopor-systeem, het Finnfeeds-systeem en een diepstrooiselsysteem zonder additief. In de hokken (3,35 m bij 2,59 m) zaten aanvankelijk 14 varkens per hok van 25 tot 50 kg. Bij een gewicht van 50 kg werd het aantal varkens in de diepstrooiselsystemen teruggebracht tot 10 varkens per hok. De varkens werden afgeleverd bij een levend gewicht van 85 kg. In figuur 1 wordt een overzicht

gegeven van de gemeten ammoniakconcentraties. Deze waarnemingen zijn verricht tijdens de eerste ronde. Aanvankelijk waren de ammoniakconcentraties ongeveer gelijk, maar op dag 60 was de concentratie in het mengmestsysteem aanzienlijk lager dan in de andere systemen. Kay (1993) geeft hiervoor geen verklaring. Hij geeft wel aan dat het ventilatieniveau in deze afdeling zelfs lager was dan in de andere afdelingen. Het was echter winter (dag 60 valt in de eerste week van januari) en mogelijk heeft de temperatuur, die in deze afdeling vanaf begin januari enkele graden lager was dan in de diepstrooisel-afdelingen, een rol gespeeld. Ook voor de piek in de ammoniakconcentratie bij het Finnfeeds-systeem op dag 66 geeft Kay (1993) geen verklaring. Gemiddeld was de NH_3 -concentratie in de afdeling met mengmest het laagst.

Thelosen en Van Cuyck (1993) hebben elke twee weken met Drager-gasdetectiebuisjes de ammoniakconcentratie gemeten in vlees-varkensafdelingen met halfroostervloer en met de diepstrooiselsystemen van Finn-



Figuur 2: Concentratie ammoniak (ppm) in een mengmestsysteem en in twee diepstrooisel-systemen (Thelosen en Van Cuyck, 1993)

Figure 2: Ammonia (ppm) in a slurry-system and in two deep litter systems (Thelosen and Van Cuyck, 1993)

feeds en van Ecopor. De metingen zijn boven de strooiselbedden en verspreid over de afdeling verricht. Figuur 2 geeft een overzicht van de resultaten.

Uit figuur 2 blijkt dat de ammoniakconcentratie in diepstrooiselsystemen afhankelijk is van de ronde en van de dag binnen een ronde. Tijdens de eerste ronde was het strooisel aanvankelijk in beide systemen te droog. De compostering verliep toen nog niet optimaal, waardoor relatief veel ammoniak vrij kwam. Daarom is er water aan de diepstrooisel bedden toegevoegd. Het Ecopor-systeem werkte in week 6 goed, het Finnfeeds-systeem kwam pas goed op gang nadat na week 10 nogmaals water aan de bedden was toegevoegd. Aan het begin van de tweede ronde (week 17) neemt de NH_3 -concentratie in de diepstrooiselsystemen sterk af, bij het mengmest-systeem blijft deze vrijwel gelijk. Tijdens vrijwel de gehele tweede ronde is de concentratie NH_3 in beide diepstrooiselsystemen lager dan in het mengmestsysteem, maar aan het einde van de ronde komt hij erboven. Aan het begin van de derde ronde (week 37) is de concentratie boven de diepstrooiselsystemen weer gering, en tijdens de ronde neemt deze weer toe. De toename gaat dan sneller dan tijdens de tweede ronde. De ammoniakconcentratie die Thelosen en Van Cuyck (1993) gemeten hebben is lager dan die volgens Kay (1993). Waarschijnlijk

speelt het verschil in hokbezetting een rol. Kay heeft bij opleg 1,6 varken/ m^2 , Thelosen en Van Cuyck (1993) hebben dan 1,0 varken/ m^3 . Later is de bezetting niet goed vergelijkbaar, omdat Kay (1993) enerzijds de bezetting verlaagt en anderzijds veel eerder aflevert dan Thelosen en Van Cuyck (1993). Een andere mogelijke verklaring is dat verschillende meetmethoden zijn gebruikt: Thelosen en Van Cuyck (1993) gebruikten Drager-gasdetectiebuisjes, Kay (1993) gebruikte elektronische meetapparatuur.

Om te beoordelen of gasconcentraties schadelijk zijn voor de gezondheid kunnen ze worden getoetst aan zogenaamde MAC (Maximaal Aanvaarde Concentraties). Aangenomen wordt dat blootstelling gedurende normale werkweken (40 uur) aan concentraties die lager zijn dan deze grenswaarden op de lange termijn geen schadelijke gevolgen hebben voor de gezondheid van werknemers. Tabel 4 geeft een overzicht van in Nederland (Arbeidsinspectie, 1989), Duitsland en de USA (Drägerwerk AG, 1990) geldende grenswaarden voor blootstelling aan enkele gassen die uit het diepstrooisel kunnen vrijkomen. Uit het feit dat de geaccepteerde concentraties per land verschillen, kan worden afgeleid dat er geen absolute zekerheid bestaat over de risico's van blootstelling en over de mogelijkheden om de risico's te beperken. Bovendien is het niet bekend wat de gevolgen zijn van blootstel-

Tabel 4: Overzicht van in Nederland, Duitsland en USA geldende "Maximaal aanvaarde concentraties" van enkele gassen die tijdens het omzetten van diepstrooiselbedden kunnen vrijkomen

Table 4: Review of Maximum Accepted Concentrations of some gases in The Netherlands, Germany and USA

gas	MAC (NL, 1989)		MAK-Wert (BRD, 1990) ppm	TLV (USA, 1990) ppm
	mg/m^3	ppm		
NH_3	18	25	50	25
CO_2	9000	5000	5000	5000
CO	29	25		
CO (max. 15 min.)	174	150		
CO (max. 30 min.)	139	120		
CO (max. 60 min.)	70	60		
NO	30	25		
NO_2	4	2	5	3
N_2O	46	25		
H_2S	15	10	10	10

ling aan mengsels van deze gasen, zoals die in stallen voorkomen. Ook is onbekend wat het effect is op de MAC van het niet hebben van vrije weekeinden. Voor blootstelling aan koolmonoxyde (CO) zijn ook grenzen aangegeven voor blootstelling gedurende kortere perioden,

Methaan en ethaan zijn niet schadelijk, tenzij er zoveel zuurstof verdrongen wordt dat er minder dan 18 volume-procenten O₂ resteert (Arbeidsinspectie, 1989). Bij ruime concentraties van deze gasen moet rekening gehouden worden met ontplofingsgevaar.

Zonder direct schadelijk te zijn, kunnen gasen ook hinderlijk zijn door de geur die ze veroorzaken. Met name de gangbare huisvestingssystemen voor varkens veroorzaken veel stankoverlast.

Kay en Smith (1992a) hebben de geuremissie bij huisvestingssystemen met mengmest en met de drie eerder genoemde diepstrooiselsystemen met elkaar vergeleken. Geurpanelen hebben voor en tijdens het bewerken van het strooiselbed de luchtkwaliteit beoordeeld aan het einde van de tweede en de derde ronde. Tussen de opeenvolgende ronden werd het strooisel niet vervangen, zonodig wel aangevuld. Tabel 5 geeft een overzicht van de resultaten.

Uit tabel 5 blijkt dat er in het algemeen veel minder geur emitteert van de diepstrooiselbedden dan van een afdeling met mengmest. Het systeem wordt om deze reden toegepast in Duitsland en Frankrijk, in de nabijheid van steden. Tijdens het omzetten ontstaat er echter een piek, dus juist wanneer de varkenshouder in de afdeling werkt is er veel stank. Er zijn te weinig waarnemin-

gen om conclusies te kunnen trekken met betrekking tot verschillen tussen de diepstrooiselsystemen.

Volgens Van Faassen (1993) ontstaan de stankgasen die vrijkomen door rotting, bij afwezigheid van voldoende zuurstof of nitraat. Door het meten van de strooiseltemperatuur en eventueel het drogestofgehalte kan het functioneren van het strooisel worden beoordeeld: temperaturen lager dan 25°C of drogestofgehalten beneden 40% duiden volgens hem op ongunstige omstandigheden in het strooiselbed.

Tijdens de eerste ronde heeft Kay (1993) tevens de stofgehalten in de afdelingen gemeten. Figuur 3 geeft een overzicht van zijn resultaten.

Vanaf drie weken na opleg is het stofgehalte van de lucht in de diepstrooiselsystemen duidelijk lager dan in het mengmeststelsel. Gemiddeld was het stofgehalte in de diepstrooiselsystemen van Ecopor, Finnfeeds en het diepstrooisel zonder additief gereduceerd tot respectievelijk 40%, 28% en 42% ten opzichte van de afdeling met roostervloer. De reductie was het grootst bij de Finnfeeds strooisel bedden. Deze bedden hadden het laagste drogestofgehalte. Het stof dat vrijkomt van de huid van de varkens en van het voer wordt waarschijnlijk vastgehouden door het vochtige strooisel. In Hong Kong wordt bij opleg van de biggen (in vers strooisel) het strooiselbed zelfs vochtig gemaakt om stofproductie door de vechtende biggen te beperken (Lo, 1992).

Kay en Smith (1992a) hebben ook onderzocht welke soorten bacteriën zich in het

Tabel 5: Geuremissie (geureenheden/m³) voor en tijdens het bewerken (handmatig spitten) van het strooisel (Kay en Smith, 1992a)

Table 5: Odour emission (odour-units/m³) from rooms before and during litter treatment in compost beds (Kay and Smith, 1992a)

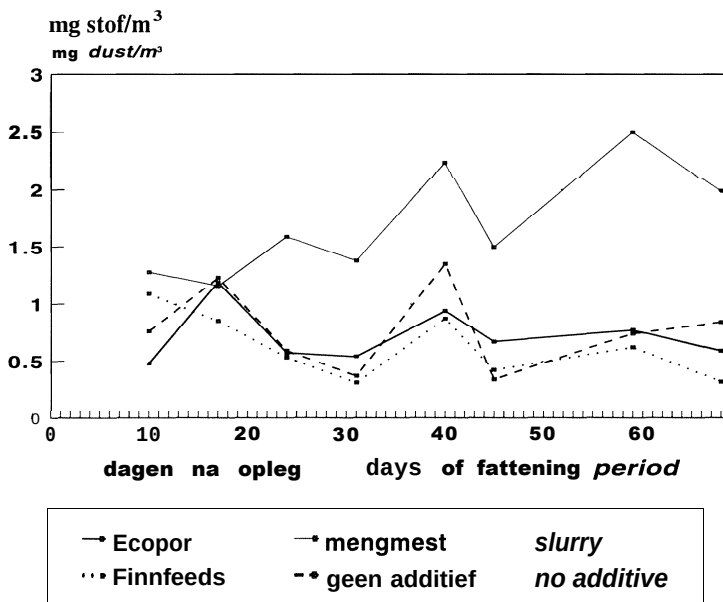
	meng- mest	Ecopor		Finnfeeds		Geen additief	
		voor spitten	tijdens spitten	voor spitten	tijdens spitten	voor spitten	tijdens spitten
ronde 2	1365		18846	400	22163	276	4843
ronde 3	1824	1801	27168	610	33066	368	29411
gem.	1595	1801	23007	505	27615	322	17127

strooisel ontwikkelen. Ze hebben onder andere het aantal thermofiele Actinomyceten in het strooisel geteld. Hiertoe werden met een boor per waarneming drie strooiselmonsters genomen. Thermofiele Actinomyceten worden vaak gezien als één van de veroorzakers van de "boerenlong". Heederik en Smid (1988) geven aan dat de boerenlong, een extrinsieke allergische alveolitis, kan worden veroorzaakt door de *Thermoactinomyces vulgaris*, die onder andere voorkomt in champignon-compost en in hooi. Acute aanvallen gaan gepaard met griepachtige koortsaanvallen en piepen op de borst en malaise. De aanvallen doen zich vanaf 4 tot 6 uur na de blootstelling voor. Daarnaast zijn er chronische verschijnselen van de boerenlong, die Heederik en Smid (1988) echter niet omschrijven. Kay en Smith (1992a) hebben tijdens de eerste ronde elke veertien dagen tellingen uitgevoerd van het aantal bacteriën. Tijdens de volgende ronden zijn deze bepalingen vlak voor het afleveren van de varkens uitgevoerd. Tabel 6 geeft de resultaten weer. De resultaten van de eerste ronde zijn

gegeven voor de hokken afzonderlijk (1a en 1b geven aan in welke van de twee hokken per systeem er is gemeten), van de overige ronden zijn alleen de gemiddelde concentraties voor het afleveren van de varkens weergegeven.

De thermofiele Actinomyceten bevinden zich vooral in de bovenste laag van het strooisel en hun aantal blijkt in de tijd toe te nemen. Volgens Kay (1992a) zijn de gemeten concentraties zo hoog dat geadviseerd moet worden ademhalingsbeschermingsmiddelen te gebruiken tijdens het werk in deze afdelingen.

Behalve de luchtkwaliteit waarin de varkenshouder werkt, is ook het overzicht over de varkens van belang bij het beoordelen van de arbeidsomstandigheden. Van de Sande-Schellekens et al. (1992) geven aan dat de varkenshouder op het bedrijf waar ze hun onderzoek hebben verricht, van mening is dat de controle van de varkens moeilijker is. De dieren liggen op een warm strooiselbed waardoor ze vaak een hoge ademhalings-



Figuur 3: Stofgehalten boven hokken met roostervloer en met diepstrooisel met additief van Ecopor of Finnfeeds of zonder additief (naar: Kay, 1993)

Figure 3: Dust levels above pens with slurry, Ecopor-system, Finnfeeds-system or deep litter system without additive (Source: Kay, 1993)

frequentie hebben. Het is dan moeilijk vast te stellen of de dieren longproblemen (buikslag) hebben. Ook het schatten van het gewicht van de dieren is volgens hem moeilijker. In vers strooisel zakken ze een stukje omlaag en als het zaagsel sterk inklinkt staan ze lager dan normaal. Waarschijnlijk zullen de problemen met betrekking tot het overzicht over de varkens kleiner worden wanneer het diepstrooiselsysteem in het hele bedrijf wordt toegepast, omdat dan gewinning optreedt bij de varkenshouder.

2.3 Veiligheidsvoorschriften additieven

In beide onderzochte diepstrooiselsystemen, die van Ecopor en die van Finnfeeds, is het volgens de voorschriften noodzakelijk om wekelijks een additief over het strooisel te verdelen. Aangezien de samenstelling van de produkten onbekend is, is het aan te bevelen voorzichtig met de additieven om te gaan.

Envistim, het handelsmerk van het additief bij het Finnfeeds-systeem, is poedervormig en verpakt in dozen, waarin vier zakken Envistim zitten. Bij de verpakking zijn de volgende veiligheidsvoorschriften ingesloten (Finnfeeds, z.j.):

- Produkt:
Enzymhoudende toevoeging voor diepstrooiselsysteem varkens.
- Gezondheidsregels:
Inademing van de stof kan irritatie van de luchtwegen veroorzaken bij mensen met gevoelige luchtwegen.
- Gebruik:
Vermijd inademing van de stof. Zorg voor goede ventilatie.
- Beschermende kleding:
Stofmasker, ondoorlaatbare handschoenen, veiligheidsbril of oogscherm.
- EHBO:
Bij aanraking met de huid: met ruim water afspoelen. Bij aanraking met de ogen: met overvloedig water afspoelen gedurende tenminste 15 minuten.
Nadere informatie over veiligheid is te bevragen bij de fabrikant.

SEF-C, het handelsmerk van het additief bij het Ecopor-systeem, is vloeibaar en verpakt in blikjes met een lipsluiting en een plastic deksel voor hersluiting. Bij de verpakking op het Proefstation zaten geen veiligheidsvoorschriften ingesloten.

Tabel 6: Aantal thermofiele Actinomyceten ($\times 10^3$ CFU/g) in het strooisel (naar: Kay en Smith, 1992a)

Table 6: Number of thermophilic Actinomicetes ($\times 10^3$ CFU/g) in the litter (Kay and Smith, 1992a)

ronde	dagen	Ecopor		Finnfeeds		Geen additief	
		0-40 cm	40-80 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-40 cm	40-80 cm
Ia	3	1,12	1,75	0,69	0,95	0,69	1,35
Ia	17	2,14	1,36	3,07	2,51	7,33	12,73
Ia	31	1,80	1,15	4,53	2,18	2,15	1,08
Ia	45	3,43	0,82	4,58	2,80	2,46	0,60
Ia	66	11,55	1,52	8,52	6,35	7,31	1,06
Ib	12	6,50	4,32	5,65	2,55	3,70	10,09
Ib	26	10,65	5,41	1,12	0,70	4,31	1,86
Ib	40	10,94	5,20	2,85	1,58	1,67	4,87
Ib	61	10,39	10,26	4,28	4,95	6,81	5,50
1	1	2,09		0,82		1,20	
1	63	7,463		5,82		4,74	
2	63	9,48		30,73		17,39	
3	63	12,30		17,39		15,29	

3 MATERIAAL EN METHODEN *MATERIAL AND METHODS*

Het onderzoek naar diepstrooiselsystemen is uitgevoerd in drie vleesvarkensafdelingen op het Proefstation voor de Varkenshouderij in Rosmalen en in een diepstrooiselafdeling van een praktijkbedrijf, dat deelnam aan het PROPRO-project.

3.1 Proeflocaties en werkmethoden Proefstation

In het onderzoek op het proefbedrijf in Rosmalen zijn twee afdelingen met diepstrooisel (één met het Ecopor-systeem en één met het Finnfeeds-systeem) vergeleken met een afdeling met halfroostervloer. In beide afdelingen met diepstrooisel waren 80 varkens, verdeeld over 4 hokken gehuisvest (20 varkens per hok). Voor zover er gebruik is gemaakt van een referentie-afdeling (onder andere bij het stofonderzoek) was dit een afdeling met 96 varkensplaatsen (12 hokken voor 8 varkens) met halfroostervloer (dichte gedeelte met bolle vloer) en natuurlijke ventilatie via de werkgang. Thelosen en Van Cuyck (1993) geven meer technische gegevens over de diepstrooiselsystemen en over de uitvoering van de afdelingen. Voordat de arbeidswaarnemingen op het Proefstation zijn verricht, is er gedurende één ronde ervaring opgedaan met de beide systemen. Na deze ronde is het strooisel in beide afdelingen vervangen. Gedurende de drie daarop volgende proefronden zijn waarnemingen verricht. Na de derde proefronde was het strooisel in beide systemen aan vervanging toe.

Verplaatsen van de varkens

Bij het handmatig omzetten van de strooiselbedden worden alleen de varkens in het Ecopor-systeem voor het omzetten verplaatst. Tijdens het omzetten zijn er dan geen varkens in het hok. Bij het omzetten met een minikraan worden op het Proefstation de varkens in beide systemen verplaatst, zodat de minikraan vanaf het strooiselbed kan werken. De wijze van verplaatsen is zichtbaar gemaakt in figuur 4.

Bij het verplaatsen worden de varkens aan één kant van de werkgang opgesloten in de

helft van hun hokken (B). Dit gebeurt door één persoon. De varkens uit de hokken aan de andere kant van de werkgang worden opgesloten in de vrijgekomen ruimten, zodat de helft van de afdeling leeg komt. De hokafscheidingen tussen de hokken in de leeggekomen helft van de afdeling worden vervolgens tegen een zijkant van de afdeling gedraaid (C). Nu wordt het strooiselbed in die helft van de afdeling bewerkt. Vervolgens worden alle varkens opgesloten in de helft van de afdeling die klaar is (D-E), zodat de tweede helft kan worden bewerkt. Tenslotte gaan de varkens uit de helft van de hokken weer terug naar de overkant (F) en krijgen alle groepen varkens weer een heel hok tot hun beschikking (G+H). Om alle strooiselbedden in een afdeling te kunnen bewerken worden er dus drie keer varkens verplaatst.

Behandeling van de diepstrooiselbedden
Het Ecopor-bed is 80 cm diep. De mest in de mesthoek wordt éénmaal per week op steeds een andere plaats in het hok ingegraven. Na het ingraven van de mest wordt het additief SEF-C (vloeistof) in een gieter verdund en vervolgens verdeeld. Daarna wordt de bovenste 30 cm van het strooiselbed omgezet. Het ingraven en omzetten gebeurt handmatig met een riek of mechanisch met een minikraan. Het met een riek bewerken van het strooisel wordt uitgevoerd door twee personen. De minikraan, uitgerust met rupsbanden, rijdt door een deur in de buitenmuur direct het strooiselbed op en werkt dus vanaf het strooiselbed. Ook bij het omzetten met de minikraan zijn twee personen aanwezig, maar de tijden zijn zodanig bewerkt dat het resultaat overeenkomt met een situatie waarbij het werk is uitgevoerd door één (ervaren) kraanmachinist.

Het Finnfeeds-bed is 45 cm diep. De mest in de mesthoek wordt eenmaal per week verdeeld over het hele hok. Vervolgens wordt het additief Envistim (poeder) afgewogen en verdeeld. Daarna wordt (aanvankelijk eenmaal en na vijf weken tweemaal per week) de bovenste 25 tot 30 cm van het strooiselbed omgezet.

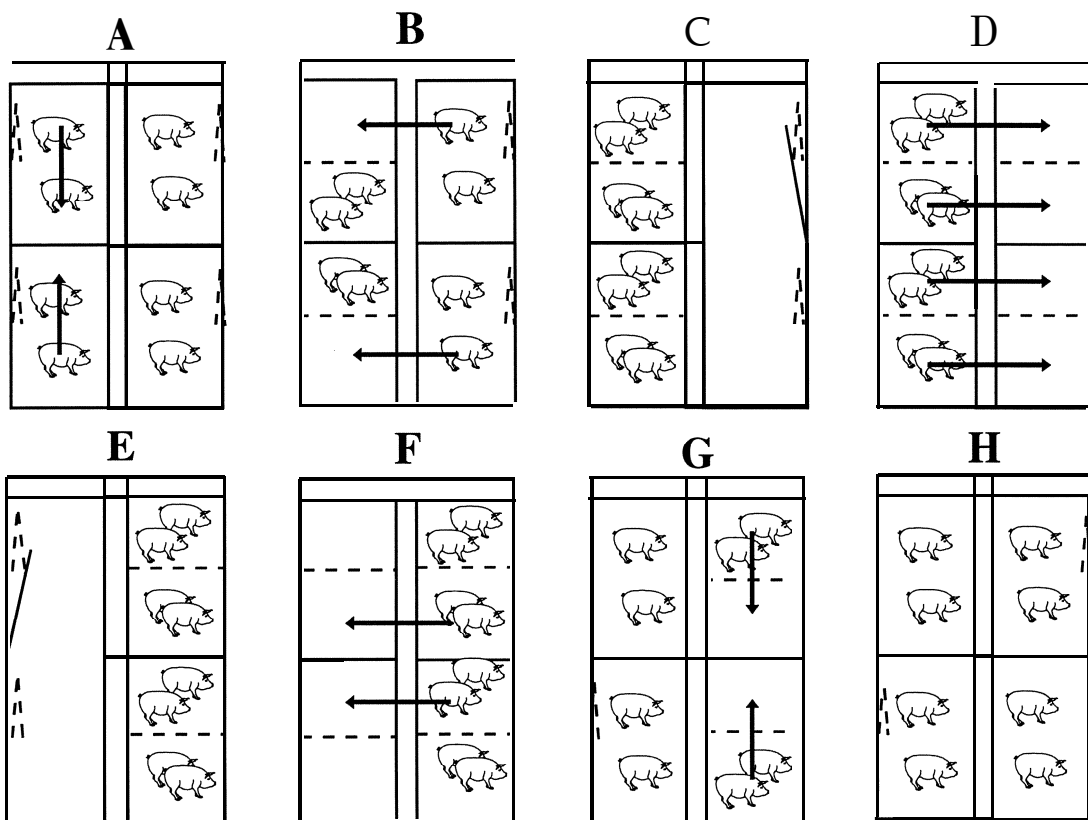
Het verspreiden van de mest en het omzet-

ten gebeurt ook hier handmatig of met een minikraan. Het handmatig werken is uitgevoerd door twee personen. Op het proefbedrijf zijn de varkens bij het handmatig omzetten niet verplaatst, bij het omzetten met het kraantje wel. De minikraan werkt, evenals bij het Ecopor-systeem, vanaf het strooiselbed. Ook bij het omzetten met de minikraan waren twee personen aanwezig, maar zijn de tijden zodanig bewerkt dat het resultaat overeenkomt met een situatie waarbij het resultaat werk is uitgevoerd door één (ervaren) kraanmachinist.

3.2 Proeflocatie en werkmethode praktijk-bedrijf

Op het praktijkbedrijf zijn volgens de richtlijnen van Finnfeeds twee nieuwe afdelingen

voor huisvesting van varkens op diepstrooisel gebouwd. Een afdeling bestaat uit zes hokken met elk 18 varkens en wordt mechanisch geventileerd met voergangventilatie via een twee meter brede werkgang. In de werkgang is vloerverwarming aangebracht en er is naverwarming met buizen. De werkgang is breed uitgevoerd, zodat de strooiselbedden met een minikraan vanaf de gang kunnen worden bewerkt. De varkens blijven hierbij in het hok. Op ongeveer 10 cm van de hokafscheiding is een betonnen rand aangebracht, die ervoor zorgt dat de minikraan tijdens het spitten niet tegen de hokafscheiding aan kan schuiven. Om de manoeuvreerruimte voor de minikraan niet teveel te beperken, zijn leidingen voor verwarming, voer, water en elektriciteit langs de hokafscheiding bevestigd (zie foto 1).



Figuur 4: Het verplaatsen van de varkens tijdens handmatige strooiselbewerking in het Ecopor-systeem en tijdens mechanische strooiselbewerking met een minikraan die over het strooisel rijdt

Figure 4: Moving pigs for manual litter treatment in the Ecopor-system and for mechanised litter treatment using a mini-digger on the litter

De afdeling, die bij het stofonderzoek als referentie is gebruikt, is voorzien van een bolle vloer, brijbakken, verwarming op de centrale gang en klepventilatie. De afdeling bevat 36 varkensplaatsen. Van de Sande-Schellekens et al. (1992) beschrijven de technische uitvoering van deze afdelingen.

3.3 Waarnemingen

Er zijn waarnemingen gedaan met betrekking tot:

- de arbeidsbehoefte voor het handmatig omzetten van beide typen diepstrooiselbedden;
- de arbeidsbehoefte voor het mechanisch omzetten van de diepstrooisel bedden met een minikraan die werkt vanaf het strooiselbed;
- de arbeidsbehoefte voor het mechanisch omzetten van Finnfeeds-diepstrooisel bedden met een minikraan die werkt vanaf de werkgang;

- stofgehalten (totaal stof en respirabel stof) in de afdeling (24-uurs gemiddelden en het verloop van het stofgehalte over de dag); concentraties NH_3 , CO_2 , CH_4 , H_2S , NO , N_2O en NO_x in de afdeling tijdens het bewerken van het strooisel bed;
- geluidsbelasting tijdens het machinaal omzetten van de strooisel bedden vanaf de werkgang.

Arbeidsbehoefte

De arbeidsbehoefte voor strooiselbewerking is gemeten op het Proefstation en op het praktijkbedrijf. Op het Proefstation zijn arbeidstijden gemeten van handmatige strooiselbewerking met een riek en van mechanische strooiselbewerking met een minikraan, waarbij de minikraan op het strooisel staat. Op het praktijkbedrijf zijn werktijden gemeten voor mechanische strooisel bewerking met een minikraan die werkt vanaf de werkgang.



Foto 1: Een betonnen rand langs de hokafscheidingen houdt de minikraan op het midden van de werkgang. De leidingen zijn zodanig aangebracht dat ze het werken met de minikraan weinig hinderen.

Photo 1: A concrete border along the partition of the pens keeps the mini digger on the working-path. Conduit-pipes have been assembled so that they do not disturb the work with the mini-digger

Van het handmatig omzetten van de Ecopor-bedden zijn gedurende de eerste proefronde arbeidsmetingen verricht op dag 44, 60, 65, 72 en 79 na opleg. In het Finnfeeds-systeem is de arbeidsbehoefte gemeten op dag 49, 58, 62, 69, 76, 82, 90 en 97 na opleg. De afdelingen werden telkens door twee personen gespit. De medewerkers bewerkten dan ieder twee hokken. De werktijden van één van de personen zijn gemeten, zodat de waargenomen werktijden overeenkomen met die voor een eenmansmethode.

Van het omzetten met een minikraan die werkt vanaf het strooiselbed zijn op het Proefstation tijdens de derde proefronde waarnemingen verricht op dag 25, 32 en 74 na opleg (Ecopor) en op dag 32, 71 en 85 na opleg (Finnfeeds). De machinist had ervaring met het werk.

Op het praktijkbedrijf zijn op dag 69, 76, 83 en 90 van de derde ronde arbeidstijden gemeten van mechanische strooisel bewerking, waarbij de minikraan op de werkgang stond. De varkenshouder had toen ruim vier ronden ervaring met het werken met de minikraan.

Bij de arbeidsstudies zijn de volgende handelingen onderscheiden:

- Aanloop:
Handmatig: riek ophalen, naar afdeling lopen en eventueel warme kleding uitdoen in verband met fysieke arbeid.
Met kraan: naar de minikraan lopen, indien nodig tanken en smeren, starten, naar afdeling rijden en naar binnen rijden.
Ecopor: blikjes SEF-C uit de koelkast halen, gieter en thermometer ophalen.
Finnfeeds: zakje Envistim en thermometer ophalen.
- Varkens verplaatsen:
Alleen op het Proefstation bij omzetten met minikraan en bij handmatig bewerken van Ecopor-bedden, zie paragraaf 3.1 (proeflocaties en werkmethoden Proefstation).
- Meten temperatuur van het strooiselbed:
In elk hok op drie plaatsen de temperatuur van het strooisel meten.
- Gat graven (Ecopor):
Op de juiste plaats (dit is volgens een schema elke keer een andere plaats) een gat graven met de riek of met de minikraan. Het oppervlak van het gat is, afhankelijk van de grootte van de mest-

plaats ongeveer 1m², de diepte 70 cm.

- Mest ingraven (Ecopor):
De mest vanaf de mestplaats(-en) in het gat scheppen. Bij het werken met de minikraan is er onvoldoende ruimte om te manoeuvreren, daarom worden “mest ingraven” en “egaliseren” dan gelijktijdig uitgevoerd.
- Egaliseren (Ecopor):
Het strooisel uit het gat op de mestplaats brengen.
- Mest verspreiden (Finnfeeds):
De mest vanaf de mestplaats over het strooiseloppervlak verspreiden. Op het praktijkbedrijf werd de mest soms ingegraven wanneer het strooiselbed te nat was.
- Volgend hok:
Met de minikraan naar het volgende hok rijden.
- Minikraan keren:
De minikraan op het praktijkbedrijf moet buiten keren, omdat hij slechts aan één zijde van de werkgang kan werken.
- Additief aanmaken:
Ecopor: een gieter vullen met 8 liter water en met een injectiespuit SEF-C in de gieter doseren.
Finnfeeds: Envistim afwegen in een emmer.
- Additief verdelen:
Het additief over het strooisel verdelen.
- Spitten:
Ecopor: met een riek of met de minikraan het nog niet verplaatste strooisel omspitten. Met de riek gebeurt dit tot een diepte van 25 cm, met de minikraan tot 35 cm.
Finnfeeds: het hele hok met de riek 20 tot 25 cm diep omspitten of met de minikraan tot 35 cm diep omspitten.
- Afloop:
Opruimen van materiaal en deuren afsluiten. Indien van toepassing de minikraan naar buiten rijden en wegzetten.

Behalve het wekelijkse bewerken van de diepstrooiselbedden vergen de bedden nog meer onderhoud. Na elke ronde moet er strooisel worden aangevuld om de gevolgen van inklinking en afbraak van het strooisel te compenseren. Om de strooiselbedden gedurende langere tijd in goede conditie te houden, moet daarnaast periodiek het strooisel gedeeltelijk of geheel worden vervangen. De werktijden hiervoor zijn op het praktijkbedrijf bijgehouden door de varkens-

houder en op het Proefstation overgenomen van de rekeningen van de loonwerker die dit werk heeft uitgevoerd. Van de werktijden van de loonwerker is een half uur per werkdag of deel van een werkdag afgetrokken om reistijden te compenseren. Zowel de varkenshouder als de loonwerker hebben het werk uitgevoerd met behulp van een minikraan en een bobcat. Daarna waren nog enkele uren nodig om het werk handmatig af te ronden. Bij de gedeeltelijke vervanging van het Ecopor-strooisel op het Proefstation is 33% vervangen in plaats van 20%, omdat het strooiselbed vrij nat was.

Stofgehalte van de lucht

In het onderzoek zijn enerzijds 24-uurs gemiddelde stofgehalten bepaald en daarnaast continue stofgehalten gemeten. De 24-uurs gemiddelden zijn gebruikt om de stofproductie in verschillende systemen te vergelijken. De continu gemeten stofgehalten geven de stofbelasting van de varkenshouder beter weer.

De 24-uurs gemiddelde stofgehalten zijn bepaald door middel van de filtratiemethode. In Van 't Klooster et al. (1991) wordt aangegeven met welke apparatuur de metingen zijn uitgevoerd. Boven het diepstrooiselbed of (in de afdeling met halfroostervloer) de ligruimte zijn op een hoogte van 1,25 m filterhouders opgehangen. Door verschillende filterhouders te gebruiken zijn zowel de concentraties inspirabel stof (stofdeeltjes die kleiner zijn dan 10 μm en daardoor ingeademd kunnen worden) als de concentraties respirabel stof (stofdeeltjes die kleiner zijn dan 5 μm en tot diep in de longen kunnen doordringen) gemeten. Met behulp van Casella luchtpompjes wordt lucht door de filters in de filterhouders gezogen, met een aanzuigsnelheid van 1,25 m/sec. Als er voldoende stof op de filters is verzameld, worden de filters vervangen. De frequentie waarmee de filters worden vervangen, is afhankelijk van de hoeveelheid stof. Meestal worden de filters voor inspirabel stof dagelijks vervangen en die voor respirabel stof twee of drie keer per week. Het verschil tussen de gewichten van de filters na en voor gebruik is de hoeveelheid stof. Vervolgens zijn de filters gedurende 24 uur gedroogd bij 105°C en daarna opnieuw gewogen om de hoeveelheid

droog stof te bepalen. Uit de gewogen hoeveelheid stof, de lengte van de meetperiode en het debiet is de hoeveelheid stof per m^3 lucht berekend.

Op het Proefstation zijn tijdens de eerste en de derde proefronde in beide diepstrooiselsystemen en in de afdeling met halfroostervloer stofmetingen verricht volgens de filtratiemethode. Tijdens de eerste ronde is alleen de concentratie inspirabel stof gemeten, tijdens de derde ronde zowel inspirabel als respirabel stof. Om de stofgehalten goed te kunnen vergelijken zijn de varkens in de drie afdelingen gelijktijdig opgelegd. Op het praktijkbedrijf is volgens de filtratiemethode de stofconcentratie in de afdeling met Finnfeeds-diepstrooisel vergeleken met bolle vloer. De concentraties inspirabel stof zijn gemeten gedurende de eerste twee ronden en dag 67 tot 90 van de derde ronde. De concentraties respirabel stof zijn gemeten tijdens de eerste ronde en dag 67 tot 90 van de derde ronde.

Om de variatie in stofgehalten over het etmaal en het stofgehalte van de lucht tijdens het omzetten te kunnen meten, zijn continue stofmetingen verricht door middel van de lichtreflectiemethode. Hierbij is gebruik gemaakt van de Casella AMS 950 lichtreflectiemeter. Tijdens metingen in varkensstallen raakt de probe van de stofmeter geleidelijk bevuild met stofdeeltjes. De probe is eenmaal per week gereinigd, waarna de stofmeter opnieuw werd gecallibreerd. Met een datalogger is elke vijf minuten de gemiddelde uitleeswaarde van de meter vastgelegd. Deze uitleeswaarde is een verhoudingsgetal. Daarom zijn de metingen gecombineerd met de absolute resultaten die zijn verkregen met de filtratiemethode.

De continue stofmetingen zijn uitgevoerd op het praktijkbedrijf. De continue metingen over het gehele etmaal zijn op dezelfde plaats uitgevoerd als de metingen volgens de filtratiemethode.

Om na te gaan of het stofgehalte van de lucht tijdens het bewerken van het strooiselbed afwijkt van de gemiddelden en of het stofgehalte van de lucht boven de werkgang anders is dan boven het strooisel, zijn er afzonderlijke stofgehalten gemeten tijdens het bewerken van het strooisel. Dit is gedaan op het praktijkbedrijf, tijdens het

machinaal omzetten van het strooisel vanaf de werkgang. De metingen zijn uitgevoerd tijdens de derde ronde. Er zijn kortdurende medium volume metingen verricht met een TCR Tecora sampler (type Bravo M). Met deze pomp is 20 l lucht per minuut aangezogen. Met deze pomp worden binnen een korte meetperiode (gedurende de strooiselbewerking) meetbare hoeveelheden totaal of respirabel stof verzameld. De meter is uitgerust met een filterhouder voor inspirabel stof of met een Lippmann cycloon, voor het meten van respirabel stof. De monsters zijn genomen op de minikraan, ter hoogte van de varkenshouder. De hoeveelheid inspirabel stof is eenmaal gemeten en de hoeveelheid respirabel stof is tweemaal gemeten.

Schadelijke gassen

De concentraties van schadelijke gassen zijn zowel op het Proefstation als op het praktijkbedrijf gemeten.

Met behulp van Dräger-gasdetectiebuisjes zijn concentraties NH₃ (nr. 67 33231; ammonia 2/a, meetbereik 2 - 30 ppm), CO (nr. CH 30801; carbon dioxide 0,01%/a, meetbereik 0,01-0,3 vol-%), CH₄ (nr. CH 20001; natural gases, meetresultaat meer of minder dan 0,5 vol-% methaan of 0,05 vol-% ethaan/propaan), NO (nr. CH 29401; nitrous fumes 0,5/a, meetbereik 0,5-10 ppm) en H₂S (nr. 67 28041; hydrogen sulphide 0,5/a, meetbereik 0,5 - 15 ppm) gemeten. Deze metingen zijn zowel voor als tijdens het bewerken van de diepstrooiselbedden uitgevoerd. Voor het meten van NH₃-concentraties zijn naast de Dräger-gasdetectiebuisjes ook Kitagawa-gasdetectiebuisjes gebruikt (nr. 105SC; meetbereik 5 - 260 ppm). Met behulp van diffusiebuisjes is tijdens de machinale strooiselbewerking vanaf de werkgang de blootstelling van de varkenshouder aan NH₃ (nr. 81 01 301; ammonia 20/a-d; meetbereik 1500 ppm) en H₂S (nr. 67 33 091; hydrogen sulphide 10/a-d; meetbereik 300 ppm) bepaald.

Op het praktijkbedrijf zijn op dag 76, 83 en 90 van de derde ronde de concentraties van bovengenoemde gassen gemeten met behulp van de gasdetectiebuisjes. Er is gemeten voor en tijdens het omzetten van de strooiselbedden op 1,50 m hoogte boven de werkgang en op twee plaatsen boven het strooisel in telkens dezelfde meethokken. De metingen boven de strooiselbedden zijn uitgevoerd met de emmer-

methode. Deze houdt in dat er een emmer omgekeerd op het strooisel wordt gezet. Door een gat in de bodem wordt een monster genomen. Temperatuur en relatieve luchtvochtigheid lagen binnen de toegestane waarden voor het gebruik van de gasdetectiebuisjes, correcties voor luchtdruk zijn achterwege gelaten.

Daarnaast zijn op het praktijkbedrijf en op het Proefstation eenmalig met een Brüel & Kjær multi-gas monitor (type 1302) continue metingen verricht. Deze monitor meet op basis van foto-akoestische infrarood spectroscopie.

Op het Proefstation zijn op dag 41 van de eerste proefronde tussen 8.00 uur en 16.30 uur in de afdeling met het Finnfeeds-systeem de concentraties NH₃, N₂O en CO₂ gemeten. Op deze dag is s ochtends het strooisel bed handmatig bewerkt. Het meetpunt lag op 2 m hoogte aan de zijkant van de afdeling, boven de mesthoek. Het strooisel was tijdens de monsternamen nog vrij droog. De afdeling werd mechanisch geventileerd en tijdens het spitten werd een buitendeur opengezet.

Op het praktijkbedrijf, waar het strooisel met een minikraan vanaf de werkgang werd bewerkt, is gemeten tijdens het omzetten vanaf de werkgang, op 1,50 m hoogte en kort achter de minikraan. De metingen zijn verricht op dag 90 van de derde ronde, tegen het einde van de gebruiksperiode van het strooisel.

Geluid

Op dag 76, 83 en 90 na opleg in de derde ronde zijn met behulp van een Brüel & Kjær geluidsdosimeter (type 4436) het geluidsniveau en de geluidsbelasting van de varkenshouder vastgesteld tijdens strooiselbewerking met de minikraan vanaf de werkgang. Het meetpunt van de geluidsmeter was zo dicht mogelijk bij het oor van de varkenshouder, op de kraag van de overall.

3.4 Verwerking van de gegevens

Aan de hand van de gemeten werktijden is berekend hoeveel tijd er nodig is voor het handmatig en voor het met een minikraan omzetten van de verschillende diepstrooiselbedden op het Proefstation. Omdat aan- en aflooptijden afhankelijk zijn van de bedrijfsomvang, is een vergelijking van de verschil-

lende methoden gemaakt voor een fictief bedrijf met 1080 vleesvarkensplaatsen in 9 afdelingen met elk 6 hokken voor 20 varkens. Het mesttraject duurt 16 weken, waarna de diepstrooiselbedden een week leeg staan. Gedurende deze week wordt het strooiselbed niet bewerkt.

De werktijden voor het wekelijks bewerken van de strooiselbedden zijn op het praktijkbedrijf onder andere omstandigheden gemeten dan op het Proefstation. In beide gevallen zijn de werktijden omgerekend naar het fictieve standaardbedrijf. Hierdoor is voor het Finnfeeds-systeem een vergelijking mogelijk van de werktijden op een bedrijf dat is verbouwd (gegevens van het Proefstation) en op een bedrijf dat volgens de adviezen van Finnfeeds speciaal is gebouwd voor diepstrooisel (gegevens van het praktijkbedrijf). Het Ecopor-systeem was alleen aanwezig op het Proefstation ("verbouwsituatie"), maar hier kon ook in de verbouwsituatie volgens de richtlijnen van de leverancier worden gewerkt.

Om de totale hoeveelheid extra werk te bepalen ten opzichte van het houden van varkens in andere huisvestingssystemen zijn ook de tijden voor het gedeeltelijk of geheel vervangen van het strooisel nodig. Ook hiervoor zijn gegevens van beide bedrijven gebruikt.

De op het Proefstation gemeten stofgehalten (gemiddelden over 24 uur) in de twee afdelingen met diepstrooisel en in de afdeling met halfroostervloer zijn met elkaar vergeleken, evenals de stofgehalten in de diepstrooiselafdeling en de gangbare afdeling op het praktijkbedrijf. De stofgehalten zijn vergeleken op weekbasis. Met behulp van het statistische pakket SAS (SAS, 1989) is, rekening houdend met de perioden binnen de ronden waarin metingen zijn verricht, geanalyseerd of gemeten verschillen significant zijn.

Bij de analyse van de resultaten van de continue stofmetingen op het praktijkbedrijf is een correctie nodig om de geleidelijke bevulling van de meetprobe te compenseren. Hiertoe zijn de waarnemingen van dezelfde tijdstippen (bijvoorbeeld van 12.00 uur tot 12.05 uur) op alle dagen naast elkaar gezet. Vervolgens is de gemiddelde meetwaarde voor elke 5 minuten van het

etmaal berekend. De meetwaarde om 0.00 uur moet gelijk zijn aan die op 24.00 uur. Een eventueel verschil is veroorzaakt door bevulling. Door dit verschil geleidelijk over het etmaal te verdelen, zijn de meetwaarden aan het begin van de dag gelijk aan die aan het einde van de dag. Tenslotte zijn de meetcijfers gecombineerd met de resultaten van metingen volgens de filtratiemethode. Dit gebeurt door de gemiddelde waarde van de meetcijfers volgens de continue meetmethode gelijk te stellen aan de gemiddelde hoeveelheid stof die is gemeten op de filters. Het verloop van de meetcijfers van de continue metingen geeft dan het verloop van het stofgehalte over de meetperiode weer.

Uit de gasconcentraties die zijn gemeten voor en tijdens het omzetten zijn gemiddelden berekend en is gecontroleerd of er op de werkplek concentraties voorkomen die hoger zijn dan de MAC. Aan de hand van de continue B&K-metingen tijdens het bewerken van het strooisel is nagegaan wat het verloop is van de concentraties in de tijd.

De geluidswaarnemingen zijn geanalyseerd met behulp van het Brüel & Kjær software pakket BZ7028. Hiermee is ook het gemiddelde berekend van de meetresultaten. Er is nagegaan of er in de bedrijfssituatie van het praktijkbedrijf kans is op gehoorbeschadiging bij het bewerken van de daar aanwezige diepstrooiselbedden en bij het bewerken van het aantal strooiselbedden op het fictieve bedrijf met 1080 vleesvarkensplaatsen.

4 RESULTATEN RESULTS

4.1 Arbeidstijden voor het wekelijks bewerken van de strooiselbedden

Op het Proefstation zijn arbeidstijden gemeten voor het éénmaal of tweemaal per week bewerken van respectievelijk de Ecopor en de Finnfeeds diepstrooiselbedden. Op het praktijkbedrijf zijn in één van de twee afdelingen met het Finnfeeds-systeem arbeidstijden gemeten.

4.1.1 Diepstrooiselsystemen op het Proefstation

Handmatig bewerken

De normaaltijden voor handmatig met een riek bewerken van de diepstrooisel bedden zijn weergegeven in tabel 7. De naam "normaaltijd" geeft aan dat er nog geen rekening gehouden is met bijkomende handelingen die nodig kunnen zijn, met storingen en met pauzes of rustperiodes. De tijden zijn

uitgedrukt in minuten en centiminuten (cmin); een cmin is 1/100 minuut.

Invloed van ingraafplek op werktijd voor handmatig bewerken

In het Ecopor-systeem moet de mest volgens een vast patroon worden ingegraven op afwisselende plaatsen. Als de ingraafplek ver van de mestplaats ligt moet er met de riek worden gelopen. Tabel 8 geeft een overzicht van de invloed van deze afstand op de werktijd.

De werktijd voor het ingraven van de mest neemt toe wanneer de afstand tussen mestplaats en ingraafplek groter is. Het is waarschijnlijk dat in grote hokken, met veel varkens per hok, de werktijd voor het handmatig ingraven langer is dan in kleinere hokken, omdat de gemiddelde afstand groter is.

Bewerken met minikraan op het strooiselbed
Op het Proefstation staat de minikraan op

Tabel 7: Normaaltijden voor het handmatig bewerken van diepstrooiselbedden (tijden in min en cmin per hok, aan- en afloop per keer)

Table 7: Labour requirement for manual deep litter treatments (times in min and cmin/pen (1 cmin = 0.01 min), start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handeling	n	Ecopor		n	Finnfeeds	
		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ
Aanloop	2	3,633	0,14	7	4,48	1,09
Varkens verplaatsen	14	4,12	? ¹		n.v.t. ³	-
Metten temperatuur bed	5	2,77	? ¹	10	2,24	? ¹
Gat graven	7	4,99	0,88		n.v.t. ³	-
Mest ingraven	9	5,71	2,40		n.v.t. ³	-
Mest verspreiden		n.v.t. ³	-	16	2,58	0,70,
Egaliseren	9	1,71	0,56		n.v.t. ³	-
Additief aanmaken	15	1,03	0,48	3	0,56	0,20
Additief verdelen	14	0,639	0,12	3	0,77	0,09
Spitten	10	5,55	1,73	15	7,95	1,54
Afloop	3	1,72	0,99	6	2,34	1,06,
NORMAALTIJD, excl. ²		23,80		11,87		
NORMAALTIJD, incl. ²		27,91		15,81		

¹ Kan niet worden berekend uit de waarnemingen.

² Aanloop, afloop en meten temperatuur bed. Aan- en aflooptijden moeten worden gedeeld door 4 (4 hokken per afdeling).

³ Deze handeling wordt niet uitgevoerd in dit systeem.

het strooisel bij het mechanisch omzetten van het strooisel. Hiervoor worden de varkens uit de hokken gehaald en hokafscheidingen naar de zijwand van de afdeling gedraaid, zodat het hele strooiselbed zonder onderbreking met de minikraan kan worden bewerkt. In tabel 9 zijn de werktijden per handeling weergegeven.

4.1.2 Diepstrooiselsysteem op het praktijkbedrijf

Op het praktijkbedrijf zijn arbeidstijden gemeten van strooisel bewerking met een minikraan, waarbij de minikraan op de werkgang stond. In tegenstelling tot de gebruiksaanwijzing van Finnfeeds werden de strooiselbedden ook bij het zwaarder worden van de varkens éénmaal per week bewerkt. De mest kleefde zodanig dat verspreiden niet meer goed mogelijk was, daarom is de mest min of meer ingegraven.

Omdat de drogestofgehalten van het strooisel aan het einde van de derde ronde vrij

Tabel 8: Invloed van de afstand (m) tussen mestplaats en de ingraafplek op de benodigde tijd voor het handmatig ingraven van de mest in het Ecopor-systeem (tijd in min en cmin per hok)

Table 8: Influence of distance (m) between dunging area and manure-burrying area on labour requirement for manual manure-burrying in the Ecopor system (time in min and cmin/pen)

Afstand	werktijd
2	3,67
3	4,06
5	6,40
6	5,22
8	9,58

Tabel 9: Normaal tijden voor het met een minikraan vanaf het diepstrooiselbed bewerken van de bedden (tijden in min en cmin per hok, aan- en afloop per keer)

Table 9: Labour requirement for deep litter treatment with mini-digger on the litter (times in min and cmin/pen, start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handeling	n	Ecopor		n	Finnfeeds	
		$\bar{X}$	σ		$\bar{X}$	σ
Aanloop	2	10,00	8,48	3	7,33	4,16
Varkens verplaatsen	3	4,67	? ¹	0	4,67 ³	-
Metten temperatuur bed	4	3,25	? ¹	4	3,75	? ¹
Gat graven	11	6,91	1,70		n.v.t. ⁴	-
Mest ingraven	10	6,630	2,67		n.v.t. ⁴	-
Mest verspreiden		n.v.t. ⁴		12	3,42	? ¹
Additief aanmaken en verdelen	10	1,80	? ¹	4	2,50	? ¹
Spitten	10	5,00	0,94	82	6,83	? ¹
Afloop		7,00 ³			7,00 ³	-
NORMAALTijd, excl. ²		24,98			17,42	
NORMAALTijd, incl. ²		32,48			24,75	

¹ Kan niet worden berekend uit de waarnemingen.

² Aanloop, afloop en meten temperatuur bed. (Aan- en aflooptijden moeten worden gedeeld door 4 (4 hokken per afdeling).

³ Schatting; deze tijd is niet gemeten.

⁴ Deze handeling wordt in dit systeem niet uitgevoerd.

laag waren (gemiddeld 435%) duurden “mest ingraven” en “spitten” wat langer dan normaal. De gemiddelde werktijden over alle hokken (24 waarnemingen) zijn 3,87

minuten ($\sigma = 1,39$) en 7,86 minuten ($\sigma = 1,52$) per hok. In tabel 10 zijn alleen de werktijden weergegeven die zijn gemeten bij het bewerken van de twee droogste hok-

Tabel 10: Normaal tijden voor het met een minikraan vanaf de werkgang bewerken van een Finnfeeds-strooiselbed (tijden in min en cmin/hok, aan- en afloop per keer)

Table 10: Labour requirement for Finnfeeds litter treatment with mini-digger from working-path (times in min and cmin/pen, start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handeling	n	$\bar{x}$	σ
Aanloop	4	1,11	0,56
Minikraan keren	3	2,16 ²	0,80
Minikraan naar volgend hok	20	0,37 ³	0,28
Mest ingraven	8	2,81	1,01
Spitten	8	7,93	1,32
Additief halen	10	0,34	? ¹
Additief verdelen	15	0,80	? ¹
Afloop	1	3,14	
NORMAALTIJD, excl. ⁴		12,49	
NORMAALTIJD, incl. ⁴		13,20	

¹ Kan niet worden berekend uit de waarnemingen.

² De minikraan wordt éénmaal per afdeling gekeerd (6 hokken, dus delen door 6).

³ Per afdeling (6 hokken) wordt er vier keer naar een ander hok gereden, dus delen door 1,5.

⁴ Aan- en afloop. Deze tijden moeten worden gedeeld door 6 (6 hokken per afdeling).

Tabel 11: Werktijden (minuten per keer) voor periodiek onderhoud van de diepstrooiselbedden met gebruik van minikraan en bobcat

Table 11: Labour requirement (minutes) for periodic treatment of deep litter beds

Bewerking	tijd/ afdeling	aantal varkens	tijd/120 varkens
Ecopor			
10% strooisel bijvullen	?	?	?
20% strooisel vervangen*	655 ³	80	764 ³
100% strooisel verwijderen*	2370	80	3825
100% nieuw strooisel erin ²	390	80	585
Finnfeeds:			
10% strooisel bijvullen ¹	120	108	133
100% strooisel verwijderen'	960	108	1067
100% strooisel verwijderen'	930	108	1033
100% strooisel verwijderen*	1125	80	1688
100% nieuw strooisel erin ¹	600	108	667
100% nieuw strooisel erin ²	270	80	405
100% nieuw strooisel erin ²	285	80	428

¹ Gebaseerd op gegevens van varkenshouder; praktijkbedrijf.

² Gebaseerd op rekening loonwerker; Proefstation.

³ In 1080 minuten was 33% van het strooisel vervangen. Omdat de fabrikant vervanging van 20% van het strooisel voorschrijft is de werktijd benaderd met $20/33 \cdot 1080$ minuten.

ken (met 47,2 en 48,3% ds).

De totaaltijden in tabel 10 kunnen niet direct worden vergeleken met die in tabel 9, omdat het aantal hokken per afdeling verschillend is en omdat in tabel 10 de tijden voor het meten van de strooiseltemperatuur niet zijn meegenomen. Bij de vergelijking van de werktijden in paragraaf 5.1 wordt hiermee rekening gehouden.

4.1.3 Periodiek onderhoud van de diepstrooisel bedden

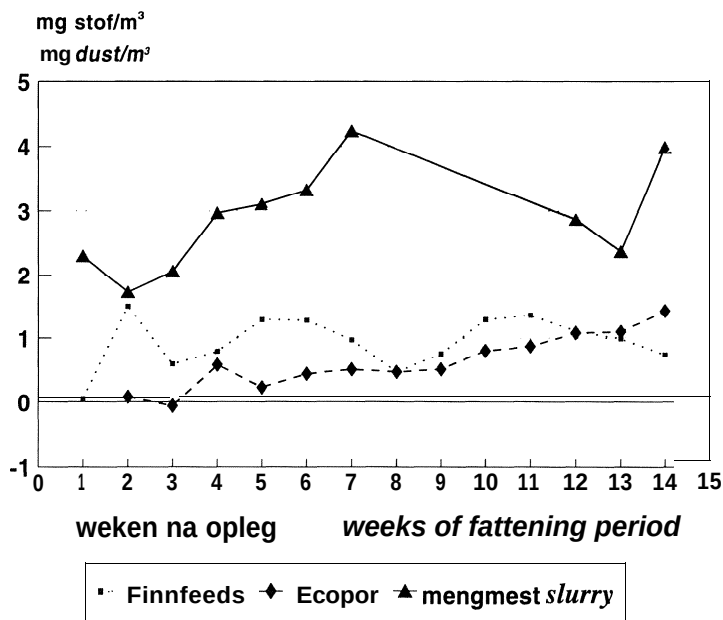
Na elke ronde moet er strooisel worden bijgevoerd en periodiek moet het strooisel gedeeltelijk of geheel worden vervangen. De benodigde werktijden voor het vervangen van het strooisel met gebruik van een minikraan en een bobcat staan in tabel 11.

Het vervangen (100% strooisel verwijderen en 100% nieuw strooisel) van het Finnfeeds-strooisel gaat op het Proefstation sneller dan vervangen van het Ecopor-strooisel. Dit komt doordat de strooisellaag bij het Finnfeeds-systeem veel minder dik is.

Daarnaast is er verschil tussen de arbeidsbehoefte voor het vervangen van het Finnfeeds-strooisel op het Proefstation en op het praktijkbedrijf. Op het praktijkbedrijf duurt het inbrengen van het strooisel wat langer dan op het Proefstation, maar deze extra tijd wordt ruimschoots "ingehaald" met het uithalen van het strooisel. En verklaring voor deze verschillen is niet voorhanden, maar het is wel aannemelijk dat de totaaltijd voor het vervangen van het strooisel op een bedrijf dat speciaal is gebouwd voor diepstrooisel (zoals dit praktijkbedrijf) korter is dan op een gerenoveerd bedrijf (zoals het Proefstation). Dit komt doordat er op het nieuwe bedrijf een efficiëntere werkmethode toegepast kan worden.

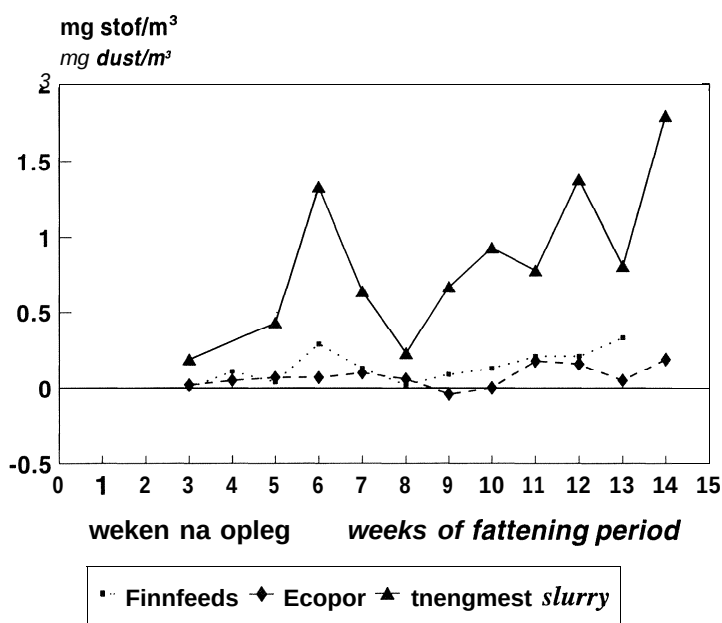
4.2 Arbeidsomstandigheden

Bij het onderzoek naar arbeidsomstandigheden zijn metingen verricht naar de hoeveelheid stof en de concentraties van enkele gasen die schadelijk kunnen zijn.



Figuur 5: Concentraties inspirabel stof van de stallucht in drie huisvestingssystemen op het Proefstation

Figure 5: Concentrations of inspirable dust for three housing systems at the Research Institute



Figuur 6: Concentraties respirabel stof in de stallucht in drie huisvestingssystemen op het Proefstation

Figure 6: Concentrations of respirable dust for three housing systems at the Research Institute

4.2.1 Stof in de stallucht

Stofgehalten gedurende het etmaal
De resultaten van de stofmetingen volgens de filtratiemethode op het Proefstation zijn weergegeven in twee figuren. Figuur 5 geeft de concentraties inspirabel stof weer (deeltjes kleiner dan $10\ \mu\text{m}$) en figuur 6 de concentraties respirabel stof (deeltjes kleiner dan $5\ \mu\text{m}$).

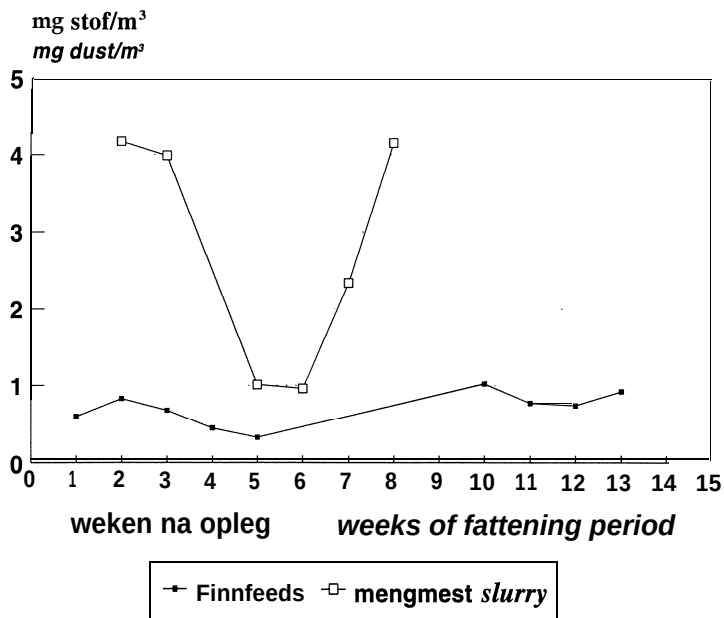
De concentraties inspirabel stof in beide diepstrooiselafdelingen zijn veel lager dan in de mengmest-afdeling met halfroostervloer. De over 24 uur gemeten concentraties inspirabel stof bedragen gemiddeld $1,09\text{ mg/m}^3$ (Finnfeeds), $0,61\text{ mg/m}^3$ (Ecopor) en $3,01\text{ mg/m}^3$ (mengmest). De verschillen tussen de drie systemen zijn allemaal significant ($p < 0,0001$). In de afdeling met het Finnfeeds-systeem is een hogere stofconcentratie gemeten dan in het Ecopor-systeem. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt doordat het strooiselbed bij het Finnfeeds-systeem gedurende de eerste weken van de eerste proefronde te droog was.

Nadat het strooiselbed enkele keren was bevochtigd is het stofgehalte van de lucht ook hier gedaald.

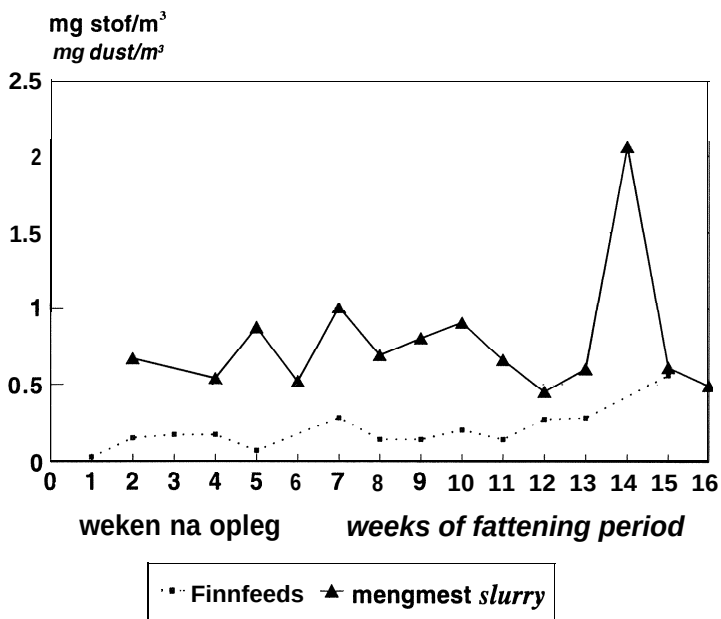
De gemiddelde 24-uurs concentraties respirabel stof bedragen $0,16\text{ mg/m}^3$ (Finnfeeds), $0,07\text{ mg/m}^3$ (Ecopor) en $1,09\text{ mg/m}^3$ (mengmest). Het verschil tussen de gehalten respirabel stof in de diepstrooiselsystemen enerzijds en in het halfroostersysteem anderzijds is significant ($p < 0,0001$). Tussen de twee diepstrooiselsystemen is geen significant verschil in gehalten respirabel stof gevonden ($p = 0,6$).

De resultaten van de metingen naar stofconcentraties volgens de filtratiemethode op het praktijkbedrijf zijn weergegeven in de figuren 7 en 8.

Het gemiddelde stofgehalte in de diepstrooiselafdeling is $0,74\text{ mg/m}^3$, in de afdeling met halfroostervloer $2,51\text{ mg/m}^3$. Het stofgehalte in de diepstrooiselafdeling (Finnfeeds) komt ongeveer overeen met dat op het Proefstation. Doordat er veel steringen waren met de meetapparatuur zijn er erg weinig waarne-



Figuur 7: Concentraties inspirabel stof van de stallucht in de huisvestingssystemen op het praktijkbedrijf
 Figure 7: Concentrations of inspirable dust for the housing systems at the commercial farm



Figuur 8: Concentraties respirabel stof in de stallucht in de huisvestingssystemen op het praktijkbedrijf
 Figure 8: Concentrations respirable dust in the housing systems at the commercial farm

mingen in de afdeling met halfroostervloer (mengmest) verricht. Opvallend zijn daar de lage stofgehalten in week 5 en 6, die niet kunnen worden verklaard. Als gevolg van deze lage meetwaarden is het gemiddelde stofgehalte in de afdeling met halfroostervloer lager dan in de afdeling met halfroostervloer op het Proefstation.

De gemiddelde concentraties respirabel stof in de diepstrooiselafdeling en de afdeling met halfroostervloer, respectievelijk $0,22 \text{ mg/m}^3$ en $0,90 \text{ mg/m}^3$, liggen in de buurt van de meetresultaten op het Proefstation. Het verschil tussen de concentraties in figuur 8 is significant ($p = 0,0003$).

Het stofgehalte van stallucht is gedurende het etmaal niet constant. Figuur 9 geeft het verloop van het gehalte inspirabel stof over het etmaal weer. De figuur is gebaseerd op continue waarnemingen gedurende 21 dagen, tijdens de derde ronde.

Uit figuur 9 blijkt dat in diepstrooiselstallen het stofgehalte overdag aanzienlijk hoger is dan 's nachts. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat er 's nachts veel meer rust is in de afdeling.

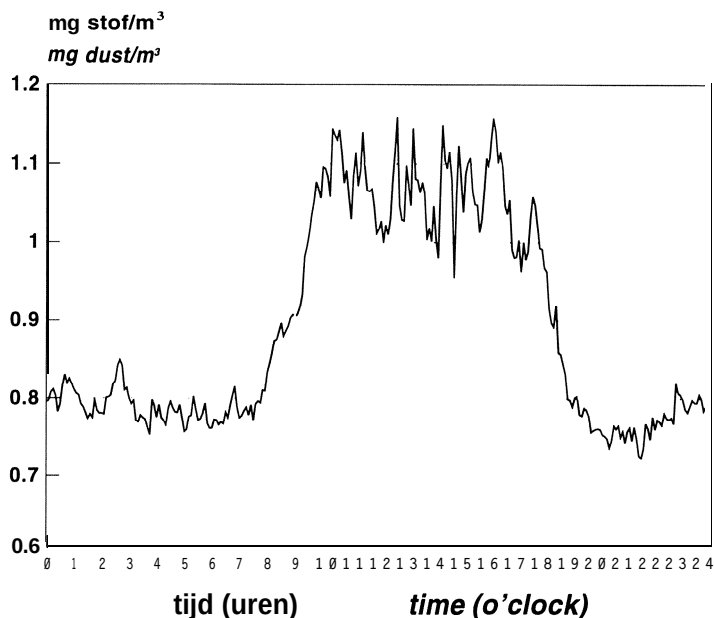
Stofgehalte tijdens strooiselbewerking
Figuur 10 geeft de resultaten weer van de metingen naar de stofgehalten tijdens het met een minikraan vanaf de werkgang bewerken van het strooisel.

Tijdens het omzetten van de strooiselbedden bedroegen de gemiddelde concentraties inspirabel en respirabel stof $3,1$ respectievelijk $0,5 \text{ mg/m}^3$. Tijdens het omzetten is er dus aanzienlijk meer stof boven de werkgang dan gemiddeld overdag boven het strooisel. Het is opmerkelijk dat het stofgehalte tijdens het omzetten vrijwel constant is.

4.2.2 Concentraties schadelijke gassen

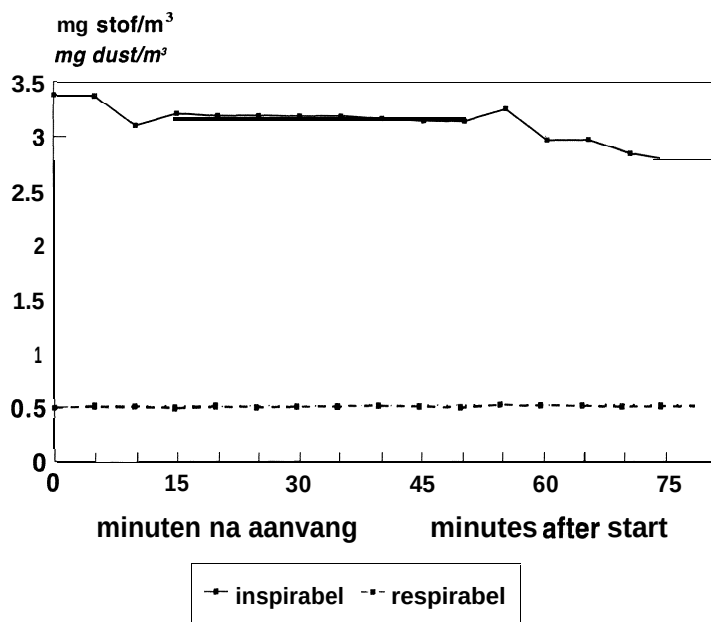
In tabel 12 (blz. 30) worden de gemiddelden weergegeven van de concentraties van de gassen die zijn gemeten met gasdetectiebuisjes. De resultaten van de afzonderlijke metingen staan in bijlage 1. Omdat ruimtetemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, strooiseltemperatuur, drogestofpercentage en ventilatieniveau invloed kunnen hebben op de concentraties zijn deze in de bijlage opgenomen,

De concentraties van de gassen zijn geme-



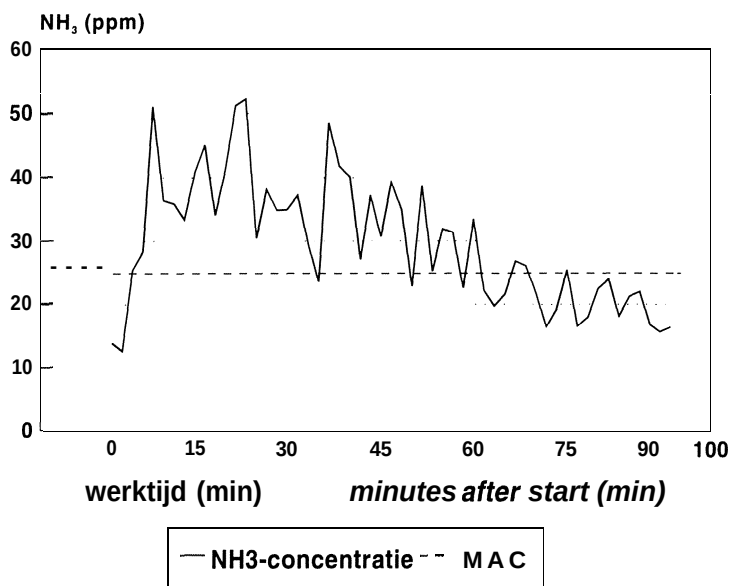
Figuur 9: Concentraties inspirabel stof van de stallucht in het Finnfeeds-systeem op het praktijkbedrijf

Figure 9: Concentrations inspirable dust during in the Finnfeeds-system at the commercial farm



Figuur 10: Concentraties inspirabel en respirabel stof van de lucht op de werkplek tijdens bewerken van het Finnfeeds-strooisel op het praktijkbedrijf met een minikraan vanaf de werkgang

Figure 10: Concentrations of inspirable and respirable dust during treatment of the Finnfeeds-litter at the commercial farm, using the mini-digger



Figuur 11: Concentratie ammoniak (ppm) in de lucht boven het strooiselbed tijdens handmatig bewerken van het strooisel (eerste ronde)

Figure 11: Concentration of ammonia (ppm) above the litter during manual litter treatment (first batch)

Tabel 12: Gasconcentraties op het praktijkbedrijf vóór en tijdens strooiselbewerking met een minikraan vanaf de werkgang

Table 12: Concentrations of several gases at the commercial farm before and during litter treatment, using a mini-digger (Finnfeeds-litter)

Waarneming	voor strooiselbewerking		tijdens strooiselbewerking			
	$\bar{x}$	σ	meting 1		meting 2	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Werkgang						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	36	8,5	20	0	32	10
CO ₂ (%)	0,07	0,04	0,15	0,05	0,11	0,06
CH ₄ (ja/nee) ¹	nee	-	nee	-	nee	-
NO + NO ₂ (ppm)	01,	0,2	17,	05,	17,	1,1
H ₂ S (ppm)	06,	0,1	28,	1,3	13,	1,6
Ligruimte in meethok						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	34	28			83	21
CO ₂ (%)	0,39	0,19			0,70	0,20
CH ₄ (ja/nee) ¹	nee	-			nee	-
NO + NO ₂ (ppm)	05,				3,2	1,0
H ₂ S (ppm)	0,0				0,8	1,8
Mesthoek in meethok						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	103	21				
CO ₂ (%)	0,27	0,08				
CH ₄ (ja/nee) ¹	nee	-				
NO + NO ₂ (ppm)	02					
H ₂ S (ppm)	13,5					
Diffusie-gasdetectiebuisjes						
H ₂ S (ppm)					3,7	2,6
NH ₃ (ppm)					14,0	1,7

- Meting niet uitgevoerd.

¹ Kwalitatieve meting: ja = aanwezig,
nee = niet aanwezig.

ten met Dräger- en met Kitagawa-gasdetectiebuisjes. De meetresultaten van de ammoniakmetingen die verricht zijn met Dräger-gasdetectiebuisjes waren allemaal veel lager dan de meetresultaten met Kitagawa-gasdetectiebuisjes (bijlage 1). Het verschil bedraagt een factor 1,5 tot 4. Römer (1993) concludeert uit een vergelijking van deze twee merken gasdetectiebuisjes met behulp van ijkassen dat de meetresultaten van de Drägerbuisjes bij bepaalde concentraties erg onnauwkeurig zijn. Deze concentraties komen overeen met de concentraties die zijn gemeten in het diepstrooiselonderzoek. Römer (1993) vond bij ammoniakmetingen met Dräger-gasdetectiebuisjes afwijkingen die vergelijkbaar zijn met de afwijkingen in

dit diepstrooisel-onderzoek. De resultaten van de ammoniakmetingen met behulp van Dräger-gasdetectiebuisjes zijn daarom in tabel 12 achterwege gelaten.

Van de metingen die zijn verricht tijdens het omzetten, is meting 1 uitgevoerd tijdens het bewerken van het derde hok van de afdeling en meting 2 tijdens het bewerken van het vijfde (voorlaatste) hok.

Verloop van ammoniakconcentratie boven diepstrooiselbed tijdens bewerking
Figuur 11 geeft het verloop weer van de ammoniak-concentratie in de lucht boven het strooiselbed tijdens handmatige strooiselbewerking. Ook de MAC is in de figuur aangegeven. Tijdens het spitten werd een

buitendeur opengezet.

De concentratie NH_3 neemt tijdens het bewerken van het strooisel direct toe tot bijna 50 ppm, het dubbele van de MAC. Vervolgens neemt de concentratie geleidelijk af, maar de gemiddeld gemeten concentratie NH_3 bedraagt 29,6 ppm. Deze concentratie is gemeten op een vaste plaats boven de mesthoek. Juist hier komt volgens tabel 12 de meeste ammoniak vrij. Toch is het mogelijk dat de personen die het strooisel bewerken aan nog hogere concentraties worden blootgesteld, omdat zij voortdurend aanwezig zijn boven het strooisel dat wordt losgemaakt.

De gemiddelde concentraties van de overige gassen die tijdens het bewerken zijn gemeten, bedragen 1,3 ppm N_2O , 1108 ppm CO, en $10,5 \text{ g/m}^3 \text{H}_2\text{O}$. Deze concentraties zijn niet schadelijk.

Figuur 12 laat het verloop zien van de ammoniakconcentratie gedurende een periode van ongeveer 30 uur. Tussen 10.30 en 12.00 uur is er gespit, dat is bij de eerste hoge piek in figuur 12. Ook gedurende deze periode zijn de concentraties N_2O , CO, en H_2O gemeten, het verloop van de concentraties is weergegeven in bijlage 2.

Uit figuur 12 kan worden afgeleid dat de

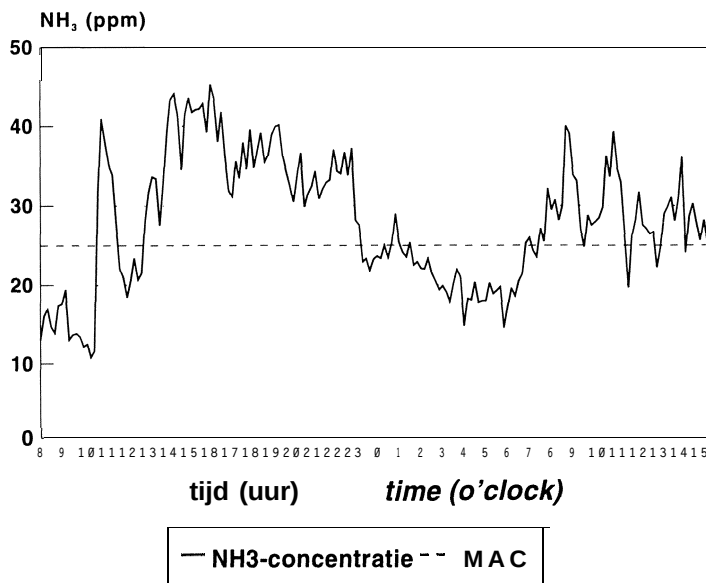
concentratie NH_3 's middags, dus een ruime tijd na het spitten, nogmaals stijgt. De piek rond 14.00 uur ligt zelfs nog hoger dan die tijdens het spitten. Er komt dus na het losmaken van het strooisel nog gedurende langere tijd veel NH_3 vrij. Verder blijkt uit figuur 12 dat de concentratie NH_3 's nachts daalt en 's morgens weer stijgt, ook wanneer er niet in het strooisel wordt gewerkt. Ook dan stijgt de concentratie NH_3 tot boven de MAC. De stijging is echter wat geringer dan nadat het strooiselbed werd bewerkt. Uit bijlage 2 blijkt dat dit dag- en nachtpatroon ook voor de concentraties N_2O , CO, en H_2O geldt, maar dat de concentraties van die gassen tijdens het bewerken van het strooisel nauwelijks toe lijken te nemen.

Verloop van ammoniakconcentratie boven werkgang tijdens bewerking.

Figuur 13 geeft het verloop weer van de ammoniakconcentratie op de werkgang tijdens strooiselbewerking met een minikraan vanaf de werkgang.

De gemiddelde blootstelling aan NH_3 is 18,8 ppm. Dit is iets meer dan de 14 ppm die met de Dräger diffusiebuisjes is gemeten (tabel 12).

Tijdens het bewerken van het strooisel staan



Figuur 12: Concentratie ammoniak (ppm) in de lucht boven het strooiselbed (eerste ronde)
Figure 12: Concentration of ammonia (ppm) above the litter (first batch)

aanvankelijk de buitendeuren van de afdeling open, omdat de minikraan anders het eerste hok niet kan bewerken. De NH_3 -concentratie is dan laag. Vervolgens gaan de deuren dicht. Naarmate er langer in de afdeling wordt gewerkt, nadert de NH_3 -concentratie 25 ppm, de MAC voor NH_3 . De toename aan het einde van de bewerking (na circa 80 minuten) is gemeten tijdens het verdelen van het additief. De varkenshouder loopt dan over het strooisel, waaruit op dat moment erg veel NH_3 emitteert. De gemeten concentratie is dan, evenals bij de metingen boven het strooiselbed op het Proefstation (figuur 11), ongeveer 50 ppm. De toename van de concentraties NH_3 tijdens bewerking van het strooiselbed komt overeen met de gegevens in tabel 12 en de bijlagen 1 en 2.

De concentraties van de overige gassen die tijdens het bewerken zijn gemeten, bedragen gemiddeld 1,3 ppm N_2O , 74,4 ppm CH_4 , 1732 ppm CO , en $11,2 \text{ g/m}^3 \text{H}_2\text{O}$.

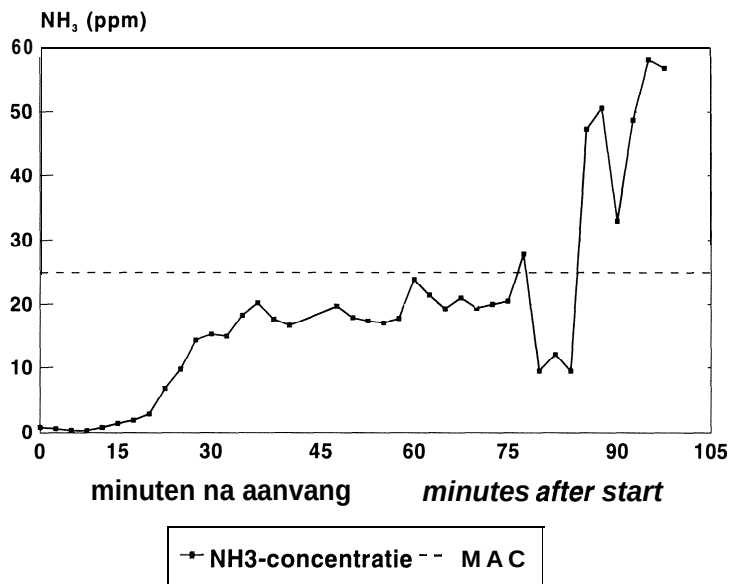
Deze gemiddelden liggen onder de MAC. Het verloop van de concentraties is weergegeven in bijlage 3.

4.2.3 Geluidsbelasting tijdens strooiselbewerking met minikraan vanaf de werkgang

Figuur 14 geeft de geluidsbelasting van de varkenshouder weer tijdens het bewerken van het strooisel op dag 83 na opleg. Het strooisel is bewerkt met de minikraan vanaf de werkgang.

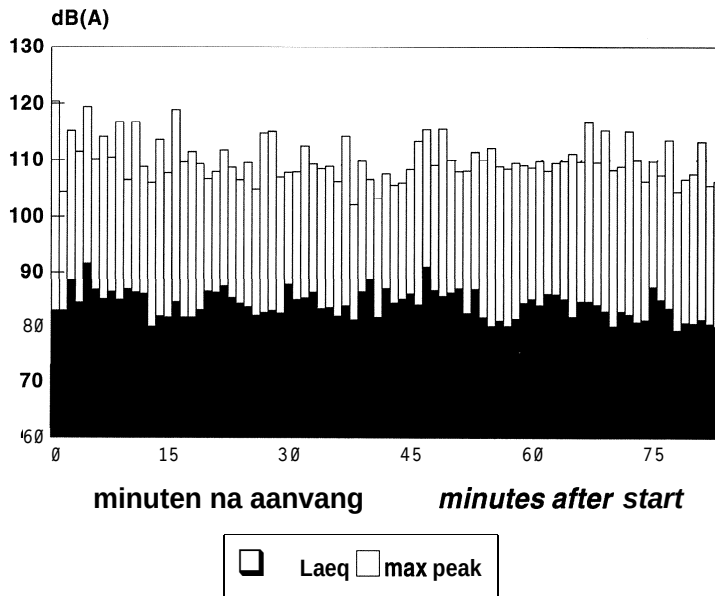
De L_{Aeq} is het constante geluidsniveau gedurende een minuut dat overeenkomt met het tijdens die minuut gemeten (variërende) geluidsniveau. Max peak geeft de absolute geluidspiek binnen die minuut.

Het gemiddelde geluidsniveau over deze hele periode bedroeg 84,7 dB(A). Hierdoor is de varkenshouder in 80 minuten blootgesteld aan 51% van de totale hoeveelheid



Figuur 13 Concentratie ammoniak waaraan varkenshouder is blootgesteld tijdens het vanaf de gang bewerken van het strooisel met een minikraan en het verdelen van additief (derde ronde)

Figure 13: Concentration of ammonia to which farmer was exposed during litter treatment using a mini-digger on the working-path and during addition of the additive (third batch)



Figuur 14: Verloop van het geluidsniveau tijdens het spitten van één afdeling met een mini-kraan vanaf de werkgang.

Figure 14: Noise levels during litter treatment in one deep litter room, using a mini-digger on the working-path

geluid waaraan werknemers volgens de Arbo-wet tijdens een gehele dag mogen worden blootgesteld (80 dB(A) gedurende 8 uur). Wanneer dit werk 8 uur per dag werd uitgevoerd zou de geluidsdosis 293% zijn, bijna drie keer de geaccepteerde maximale hoeveelheid geluid. De kans is groot dat hierdoor op langere termijn blijvende gehoorschade zou optreden.

De gemiddelde geluidsniveaus L_{Aeq} tijdens de andere weken dat geluidsmetingen zijn verricht bedroegen 81,8 dB(A) (dag 76) en 83,7 dB(A) (dag 90). Het gemiddelde van de drie metingen bedraagt 82,3 dB(A), bijna tweemaal het aanvaarde maximum gedurende hele werkweken.

5 DISCUSSIE DISCUSSION

5.1 Arbeidsbehoefte voor het wekelijks bewerken van het strooisel

De gemeten werktijden voor het wekelijks bewerken van het strooisel worden beïnvloed door een aantal factoren. De belangrijkste hiervan zijn:

- Verplaatsen van de varkens
Het hek waarmee de hokken op het Proefstation in tweeën worden gedeeld, is moeilijk te sluiten. Ook het openen en sluiten van de deuren om de varkens te verplaatsen naar het andere hok gaat moeizaam.
Daarnaast is het gemakkelijker wanneer de werkgang wordt afgesloten door de twee tegenover elkaar hangende deuren naar de hokken te openen. Er zijn dan geen extra drijfschotjes nodig.
- Dikte van het strooiselbed
Bij een te hoog strooiselbed kan het middenhek tussen twee hokken niet worden weggedraaid. De ervoor liggende mest moet worden verwijderd.
- Ouderdom van het strooisel
Als het strooisel nog vrij nieuw is, kan het sneller bewerkt worden dan wanneer het ouder en vaster wordt. Gedurende de eerste ronde wordt het strooisel steeds vaster. Ook volgens de varkenshouder op het praktijkbedrijf wordt de werktijd beïnvloed door het ouder en daardoor natter worden van het strooisel bed.
De waarnemingen voor handmatige bewerking zijn verricht tijdens de tweede helft van de eerste proefronde op het Proefstation. Alle waarnemingen voor mechanische bewerking zijn uitgevoerd tijdens de derde en laatste proefronde. Omdat het strooisel al tijdens de eerste weken na het verversen veel vaster wordt, is de invloed van de ouderdom van het strooisel op de vergelijking van werktijden waarschijnlijk niet groot. Wel is het mogelijk dat het strooisel tijdens de derde ronde meer kleeft.
- Leeftijd varkens (Ecopor)
Er is geen relatie aangetoond tussen de leeftijd van de varkens (en de daarmee gepaard gaande mestproductie) en de benodigde werktijd voor het ingraven van de mest. Mogelijk komt dit doordat het werk door verschillende personen is uit-

gevoerd. De varkenshouder vindt het mechanisch omzetten bij jonge varkens gemakkelijker dan bij oudere, omdat er dan meer ruimte is voor het manoeuvreren met de bak van de minikraan.

- Plaats van de minikraan
De minikraan werkt op het Proefstation vanaf het strooisel bed. Finnfeeds adviseert, om de zware druk van de minikraan op het strooiselbed te voorkomen, mechanisch omzetten vanaf de werkgang. Op het praktijkbedrijf gebeurt dit. De varkens worden dan niet verplaatst.
- De inrichting van de afdeling
Op het Proefstation hangen de draaihekken in weggedraaide toestand boven het strooisel bed, evenals de verwarmingsbuizen en de pijpen naar de voerbakken. Bovendien zijn de afmetingen van de hokken vrij klein in verhouding tot de draaicirkel van de minikraan. Hierdoor wordt de ruimte voor het manoeuvreren met de minikraan beperkt.

Vergelijking van de werktijden voor de systemen

Bij de vergelijking van de werktijden zijn de onderzoeksresultaten omgerekend naar een bedrijf met 1080 vleesvarkensplaatsen in 9 afdelingen. In elke afdeling worden 120 varkens gehuisvest in 6 hokken met 20 varkens. Het mesttraject duurt 16 weken, waarna de diepstrooiselbedden een week leegstaan voor herstel.

Volgens de voorschriften van de fabrikanten worden de diepstrooiselbedden van Ecopor en van Finnfeeds niet even vaak bewerkt. De strooisel bedden in het Ecopor-systeem worden wekelijks omgezet. Rekening houdend met een week leegstand tussen twee ronden in worden dan jaarlijks $(52 \times 9 \times 16/17 =) 440,5$ afdelingen bewerkt.

Bij het Finnfeeds-systeem wordt voorgeschreven de strooiselbedden wekelijks om te zetten tot de varkens 40 kg wegen, en daarna twee keer per week. Volgens het Handboek voor de Varkenshouderij (Consulentschap in Algemene Dienst, 1987) bereiken de varkens dit gewicht, na opleg tussen 23 en 27 kg en bij een groei van 750 gram/dag, omstreeks week 5. Per ronde worden de strooiselbedden dan 27 keer bewerkt, zodat er jaarlijks $(52 \times 9 \times 27/17 =)$

743,3 afdelingen moeten worden bewerkt. De benodigde tijd voor het rijden met de minikraan van de ene afdeling naar de andere wordt voor alle situaties vastgesteld op 2 minuten.

Er is geen reden om aan te nemen dat het verplaatsen van de varkens, het aanmaken en verdelen van het additief en het meten van de temperaturen bij machinaal bewerken van het strooisel langer duurt dan bij handmatige bewerking op hetzelfde bedrijf. Daarom wordt voor deze handelingen op het Proefstation het gemiddelde van de tabellen 7 en 9 genomen.

In de berekening wordt verder aangenomen dat het toevoegen van het additief in beide systemen wekelijks gebeurt en dat elke week in slechts 2 van de 6 hokken per afdeling de temperatuur van het strooisel wordt gemeten.

Tabel 13 geeft een overzicht van de werktij-

den voor het bewerken van de diepstrooiselbedden op basis van deze uitgangspunten. Omgerekend in uren per week bedraagt de arbeidsbehoefte voor het handmatig omzetten van de diepstrooiselbedden in het Ecopor-systeem 27,0 uur en in het Finnfeeds-systeem 22,4 uur per week voor een bedrijf met 1080 vleesvarkensplaatsen. Voor het vanaf het strooiselbed omzetten met een minikraan bedragen deze werktijden 27,2 respectievelijk 29,5 uur per week. Wanneer er vanaf de werkgang kan worden omgezet bedraagt de werktijd voor het Finnfeeds-systeem 22,5 uur per week. Hieruit blijkt dat er veel tijd bespaard kan worden wanneer de varkens niet hoeven te worden verplaatst rond het bewerken van het strooisel. Dat de arbeidsbehoefte zelfs bij het werken met een minikraan vanaf de werkgang nog iets langer duurt dan het handmatig bewerken van het strooisel kan

Tabel 13: Arbeidsbehoefte (minuten per jaar) voor het wekelijks bewerken van diepstrooiselbedden zoals op het Proefstation en op het praktijkbedrijf, berekend voor een bedrijf met 1080 varkensplaatsen

Table 13: Labour requirement (minutes per year) for weekly treatment of deep litter beds like at the Research Institute and at the commercial farm, calculated for a farm with 1080 pigs

Handeling	Proefstation handmatig		Proefstation met minikraan		praktijkbedrijf met minikraan
	Ecopor	Finnfeeds	Ecopor	Finnfeeds	Finnfeeds
Kraan in volgende afdeling			783	1321	_3
Varkens verplaatsen	11146		11146	18807	
Temperatuur meten	2461	2461	2461	2461	_3
Gat graven	13188		18263		
Mest ingraven & egaliseren	19611		17444		
Mest verspreiden		11506		15253	12532
Spitten	14669	35455	13215	30460	35366
Naar volgend hok rijden			_1	_1	1375
Additief aanmaken & verdelen	4631	5282	4631	5282	3013
Normaaltijd	65706	54704	67943	73584	56068 ³
Toeslagen*	18398	15317	16986	18396	14017
TAAKTijd	84104	70021	84929	91980	70085

¹ De tijd voor het rijden naar het volgende hok is opgenomen in de overige handelingen.

² Voor het berekenen van taaktijden worden aan de normaaltijden toeslagen toegevoegd. Volgens de rusttoeslagtabellen van Berenschot (in: Van der Schilden, 1990) bedragen deze voor bijkomende handelingen (inclusief aan- en afloop) 5%. Voor storingen geldt 2% toeslag bij handmatig werken en 5% bij dit machinale werk. Gezien de zwaarte van het werk wordt er voor rust bij handmatige bewerking 18% en bij machinaal omzetten 12% toeslag toegevoegd. De toeslag voor persoonlijke verzorging is in beide gevallen 3%.

³ Voor handelingen waarvan op het praktijkbedrijf geen tijden zijn gemeten zijn tijden van het Proefstation overgenomen.

veroorzaakt zijn doordat het strooisel tijdens de arbeidsmetingen op het praktijkbedrijf tamelijk vochtig was. Dit werd mede veroorzaakt doordat het strooiselbed niet tweemaal per week werd omgezet. Om de gevolgen van het vochtige strooisel in de berekening te beperken zijn alleen de tijdmetingen van de twee droogste hokken gebruikt. Bovendien zijn de werktijden gemeten in hokken met 18 varkens en zijn de meetresultaten gebruikt alsof ze gelden voor hokken met 20 varkens. Bij de relatief lange werktijd voor mechanische strooiselbewerking in verhouding tot handmatige strooiselbewerking speelt waarschijnlijk tevens een rol dat de varkens niet bang zijn voor de kraan maar juist erg nieuwsgierig zijn. Ze komen telkens naar de schep van de kraan toe, zodat er voortdurend moet worden opgelet om ze niet te verdrukken. Tenslotte moet in dit verband opgemerkt worden dat de indruk bestaat dat de strooiselbedden na mechanisch omzetten beter waren losgemaakt dan na handmatig bewerken.

Om de werktijden te kunnen vergelijken met die van Lo (1992) (handmatig: 140 tot 280 min. per 100 varkens per week voor het mest verspreiden), Hervo en Theobald (1992) (handmatig: 154 tot 231 min. per 100 varkens per week) en Huysman en Greutink (1993) (handmatig 191 min., mechanisch 98 tot 106 min. per 100 varkens per week) moeten ze omgerekend worden naar minuten per 100 varkens per week. De in tabel 13 berekende taaktijden worden daarvoor gedeeld door $(52 \text{ weken} \times 10,8 =) 561,6$. Voor handmatig omzetten zijn de werktijden dan 150 en 125 minuten per 100 varkens per week, voor de drie werkmethoden met een minikraan 151, 164 respectievelijk 125 minuten per 100 varkens per week. In aanmerking genomen dat in deze werktijden het verdelen van het additief en de benodigde toeslagen al zijn opgenomen, kan worden gesteld dat de berekende werktijden vergelijkbaar zijn met de kortste werktijden die in het buitenland zijn gemeten. De werktijden die Huysman en Greutink (1993) hebben gevonden zijn aanzienlijk korter, maar exclusief de genoemde toeslagen. Wanneer deze worden toegevoegd zijn de door Huysman en Greutink (1993) gevonden werktijden voor handmatige strooiselbewerking 193 tot 289 minuten per 100 varkens per week en voor mechani-

sche strooiselbewerking 123 tot 133 minuten per 100 varkens per week. Deze werktijden voor handmatige strooiselbewerking zijn veel hoger dan die op het Proefstation. Voor een gedeelte kan dit worden verklaard doordat het strooisel op het Proefstation alleen tijdens de eerste ronde handmatig is bewerkt. De werktijden van Huysman en Greutink (1993) voor mechanische strooiselbewerking zijn vergelijkbaar met de in tabel 13 berekende werktijden.

5.2 Vergelijking van de arbeidsbehoefte met andere huisvestingssystemen

Voor vergelijking van de arbeidsbehoefte voor diepstrooiselsystemen met die voor andere huisvestingssystemen moet behalve met de hoeveelheid arbeid voor het wekelijks bewerken van de strooiselbedden ook rekening gehouden worden met het periodiek vervangen van het strooisel en het minder vaak reinigen en ontsmetten. Ook de mate waarin een nieuw systeem is uitgekristalliseerd is van invloed op de arbeidsbehoefte. Daarom zijn de arbeidswaarnemingen pas begonnen nadat er op de bedrijven ervaring was opgedaan met de systemen. Nieuwe huisvestingssystemen worden echter voortdurend verbeterd, zodat ook de arbeidsbehoefte voor het houden van varkens in diepstrooiselsystemen op langere termijn nog wat zal afnemen.

Tabel 14 geeft een overzicht van de benodigde hoeveelheid extra werk voor het houden van vleesvarkens op diepstrooisel ten opzichte van in gang bare vleesvarkensstallen met halfroostervloer. Handmatig bewerken van het strooisel is, afgezien van de eerste weken na het vervangen van het strooisel, lichamelijk zo zwaar dat dit voor grotere bedrijven geen reële optie is. Daarom zijn alleen de tijden voor het werken met een minikraan weergegeven. Bij het Ecopor-systeem wordt bewerken vanaf het strooiselbed geadviseerd. Bij Finnfeeds wordt geadviseerd te werken vanaf een (extra brede) werkgang, maar een bestaande afdeling is meestal moeilijk zodanig te verbouwen dat er met een kraan vanaf de werkgang kan worden omgezet. Daarom zijn de meetresultaten van het Proefstation, die zijn gemeten vanaf het Finnfeeds strooiselbed, geïnterpreteerd als tijden die gelden na verbouw van een

bestaande afdeling. De tijden die zijn geme- ten in de speciaal voor het Finnfeeds-sys- teem gebouwde afdeling gelden voor de situatie na nieuwbouw.

De tijd voor de wekelijkse bewerking van de strooiselbedden is gebaseerd op de bere- keningen die zijn gepresenteerd in tabel 13, voor mechanische bewerking met een mini- kraan. De tijden voor het gedeeltelijk of helemaal vervangen van het strooisel zijn afgeleid uit tabel 11. De werktijd die wordt bespaard doordat de afdeling niet na elke ronde gereinigd wordt is gebaseerd op eer- der uitgevoerde, maar nog niet gepubliceer- de arbeidsregistraties op een aantal prak- tijkbedrijven. Er is aangenomen dat er bij het volledig vervangen van het strooisel wel wordt gereinigd, maar dat de werktijd daar- voor 50% is van die voor het reinigen van een afdeling met halfrooster. De in tabel 14 vermelde tijden zijn inclusief toeslagen.

In beide systemen moet na elke ronde ongeveer 10% van de oorspronkelijke hoe- veelheid zaagsel worden toegevoegd, omdat het strooiselbed door inklinking en mogelijk door afbraak inzakt. Varkens kun- nen dan onder de hokafscheiding door krui- pen Verder wordt van het Ecopor strooisel volgens de leverancier na 1,5, 3 en 4,5 jaar

20% vervangen. Na 5 jaar wordt het hele- maal vervangen. Het Finnfeeds strooisel wordt na drie ronden vervangen. Deze voor- schriften van de fabrikanten komen in tabel 14 tot uiting in de kolommen "frequentie per ronde",

De wekelijkse bewerking veroorzaakt onge- veer 90% van de hoeveelheid extra werk ten opzichte van gangbare huisvestingssyste- men. Overigens is het onzeker of het één- maal per 15 ronden vervangen van het Eco- por-strooisel een reëel uitgangspunt is. Bin- nen het onderzoek is er namelijk geen enkel voorbeeld bekend van een stal waarin het strooisel 5 jaar gebruikt kon worden.

In tabel 15 zijn de totaaltijden uit tabel 14 naast elkaar gezet. Tevens is weergegeven wat de totaaltijden voor de drie systemen zouden zijn wanneer het strooisel in het Ecopor-systeem na elke vijf ronden vervan- gen wordt en na de overige ronden wordt aangevuld.

De meeste arbeid is nodig voor het weke- lijks bewerken van de strooiselbedden. Voor het Ecopor-systeem met een minikraan is de berekende extra hoeveelheid werk 1,41 uur per varkensplaats per jaar. Wan- neer het strooisel na vijf ronden wordt ver- vangen in plaats van na 15 ronden neemt

Tabel 14: Extra arbeidsbehoefte (minuten per afdeling met 120 varkens per ronde) voor het houden van varkens op diepstrooisel (strooiselbewerking met een minikraan) ten opzichte van gangbare varkensstallen

Table 14: *Extra labour requirement (minutes per 120 pigs per batch) for fattening pigs on deep litter systems using a mini-digger, compared to conventional systems*

Bewerking	tijd per afdeling per keer			frequentie per ronde			tijd per afdeling per ronde		
	Ecopor	Finn- feeds ver- bouw	Finn- feeds nieuw- bouw	Ecopor	Finn- feeds		Ecopor	Finn- feeds ver- bouw	Finn- feeds nieuw- bouw
wekelijkse bewerking' strooisel:	181	197	150	17	17		3085	3341	2546
- bijvullen*	133	133	133	0,73	0,66		97	88	88
- 20% vervangen	764	-	-	0,20	0		153	-	-
- alles eruit	3825	1688	1050	0,07	0,33		268	563	350
- nieuw erin	585	416	667	0,07	0,33		41	139	222
reinen afdeling	340	340	340	- 0,96	- 0,84		- 326	- 286	- 286
TOTAALTIJD							3318	3845	2920

¹ In het Ecopor-systeem éénmaal per week, in het Finnfeeds-systeem gemiddeld 1,6 keer per week.

² Alleen als er niets wordt vervangen, wordt er bijgevuuld. Bij Ecopor is dat na 11 van de 15 ronden en bij Finnfeeds na 2 van de 3 ronden.

de totale hoeveelheid extra werk met 13% toe. Voor het Finnfeeds-systeem in een verbouwde stal is de extra arbeidsbehoefte 1,63 uur per varkensplaats per jaar. In een stal waar de strooiselbedden vanaf de werkgang bewerkt kunnen worden, hoeven de varkens bij het Finnfeeds-systeem niet verplaatst te worden. De hoeveelheid arbeid neemt dan af tot 1,24 uur per varkensplaats per jaar.

Uit arbeidsregistraties, die het Proefstation op andere bedrijven op dezelfde manier heeft uitgevoerd, blijkt dat de totale arbeidsbehoefte voor een gangbaar bedrijf met 960 varkensplaatsen en handmatige voeding ongeveer 1,6 uur per varkensplaats per jaar bedraagt. De diepstrooiselsystemen vergen dan 77 tot 102% meer arbeid dan gangbare huisvestingssystemen.

5.3 Arbeidsomstandigheden

Stof

Uit de vergelijking van de stofgehalten blijkt dat het gehalte inspirabel stof bij de diepstrooiselsystemen ongeveer een derde bedraagt van het gehalte in afdelingen met halfroostervloer. De hoeveelheid respirabel stof is relatief nog lager. Dit komt overeen met de resultaten van Kay (1993), die bovendien vaststelt dat er minder stof in de afdeling is naarmate het strooisel natter is. Uit onderzoek van Van 't Klooster et al. (1991) blijkt dat de stofgehalten in varkensstallen met halfroostervloer gedurende het etmaal niet constant zijn. Overdag is er in deze varkensstallen veel meer stof in de lucht dan 's nachts. Waarschijnlijk komt dit doordat de varkens overdag veel actiever zijn dan 's nachts, waardoor er meer voeren en huiddeeltjes en eerder gesedimenteerde

stofdeeltjes in de lucht worden gebracht. Uit de continue stofmetingen (figuur 9) blijkt dat ook in diepstrooiselstallen het stofgehalte overdag ongeveer een derde hoger is dan 's nachts.

De stofgehalten tijdens het bewerken van het strooisel zijn vooral van belang, omdat juist tijdens de strooiselbewerking de varkenshouder langere tijd actief is in de afdeling. Hierdoor heeft het stofgehalte gedurende deze periode een grote invloed op de totale stofbelasting van de varkenshouder. Uit figuur 10 blijkt dat het stofgehalte op de werkgang tijdens mechanische strooiselbewerking vanaf de werkgang aanzienlijk hoger is dan het gemiddelde over de dag, dat is gemeten boven het strooiselbed (figuur 9). Het stofgehalte tijdens de strooiselbewerking is alleen bepaald tijdens strooiselbewerking met de minikraan vanaf de werkgang. Het was niet mogelijk de stofconcentratie te meten tijdens handmatige strooiselbewerking. Waarschijnlijk is deze nog hoger dan de gemeten stofgehalten op de werkgang tijdens de mechanische bewerking (3,1 mg/m³ inspirabel stof en 0,5 mg/m³ respirabel stof).

Het is niet bekend beneden welke stofgehalten er geen gezondheidsrisico's meer zijn. De Nederlandse normen voor inert stof (10 mg/m³ inspirabel stof, 5 mg/m³ respirabel stof) zijn in elk geval veel te hoog, want stof in stallen is zeker geen inert stof. Bovendien heeft de aanwezigheid van ammoniak in de lucht invloed op de snelheid waarmee bacteriën bij varkens uit de longen afgevoerd worden (Drummond et al., 1978). Het is aannemelijk dat dit ook geldt voor de afvoersnelheid van stof uit de longen van mensen. In Denemarken hanteert men als norm voor inspirabel stalstof 3 mg/m³.

Tabel 15: Extra arbeidsbehoefte (uren) voor het houden van varkens op diepstrooisel (strooiselbewerking met een minikraan) ten opzichte van gangbare houderijssystemen

Table 15: Extra labour requirement (hours) for pigs on deep litter systems using a mini-digger, compared with conventional systems

arbeid per:	Ecopor strooisel vervangen volgens fabrikant	Ecopor strooisel vervangen na vijf ronden	Finnfeeds verbouw	Finnfeeds nieuwbouw
.. afdeling per ronde	55,3	62,7	64,1	48,7
.. 1080 varkens per jaar	1522	1725	1764	1340
.. 1080 varkens per week	29,3	33,2	33,9	25,8
.. varkenplaats per jaar	1,41	1,60	1,63	1,24

Tijdens het bewerken van het strooisel dienen daarom ademhalingsbeschermingsmiddelen gebruikt te worden. Een goed passend stofkapje of -masker met P2-filters biedt voldoende bescherming tegen het stof en tegen de thermofiele Actinomyceten die Kay (1992a) in de lucht heeft gevonden. Ook hij adviseert het dragen van stofmaskers om klachten aan de luchtwegen te voorkomen.

Schadelijke gassen

Om de gasconcentraties bij strooisel bewerking vanaf de werkgang te beoordelen zijn vooral de metingen op de werkgang van belang, de arbeidsomstandigheden tijdens het handmatig bewerken van het strooisel komen meer overeen met de meetresultaten in de hokken.

Met betrekking tot het meten van concentraties gassen in stallen vallen bij de continue gasmetingen de grote fluctuaties in de tijd op. Ook bij de metingen met gasdetectiebuisjes zijn er grote verschillen tussen vergelijkbare waarnemingen. Dit geeft aan dat voorzichtig moet worden omgegaan met resultaten die zijn gebaseerd op slechts enkele momentopnames. De fluctuaties in concentraties van gassen in een stal zijn zo groot dat er waarschijnlijk over een langere periode gemeten moet worden.

De gemeten concentraties kunnen worden vergeleken met de MAC-waarden. Zoals in paragraaf 2.2 is aangegeven is de MAC een grenswaarde. De gezondheidsrisico's bij een blootstellingsduur van maximaal 40 uur per week met vrije weekeinden worden geaccepteerd. In tabel 15 is aangegeven dat de arbeidsbehoefte voor het bewerken van het strooisel bij een bedrijfsomvang van 1080 varkens 26 tot 34 uur per week bedraagt. Wanneer het overige werk hierbij wordt opgeteld (voeren, gezondheidszorg en dergelijke) is de blootstellingsduur zeker meer dan 40 uur per week. Bovendien wordt er ook gewerkt tijdens de weekeinden, zodat er geen herstelperioden zijn. Tenslotte is het van belang er rekening mee te houden dat er in stallen meerdere gassen tegelijk voorkomen, zodat het mogelijk is dat er interacties plaatsvinden. De MAC-waarden in tabel 4 moeten daarom veiligheidshalve als absolute maxima worden gehanteerd.

Tijdens het bewerken van het strooisel zijn

de concentraties veel hoger dan het 24-uurs gemiddelde en het dag-gemiddelde. Dit komt overeen met de in paragraaf 2.2 vermelde resultaten van Groenestein en Reitsma (1992).

Volgens tabel 12 en de figuren 11, 12 en 13 zijn de concentraties NH₃ op de werkplek regelmatig hoger dan de MAC (25 ppm). Uit figuur 2 kan worden afgeleid dat de metingen binnen dit onderzoek in een vrij ongunstige periode zijn verricht. Aan het einde van de derde ronde is de ammoniakconcentratie waarschijnlijk hoger dan het gemiddelde over drie ronden. De concentratie tijdens de eerste ronde hangt sterk af van het drogestofpercentage van het strooiselbed. Dat de concentratie NH₃ hoger is dan Kay (1993) heeft gemeten kan veroorzaakt zijn door verschillen in hokbezetting en mesttrajecten. Hierdoor zijn de getallen niet goed met elkaar te vergelijken.

De concentraties H₂S en CO blijven, ook tijdens de derde ronde, ruimschoots onder de MAC. Of de gemeten concentraties NO + NO₂ te hoog zijn is afhankelijk van de verhouding tussen deze twee gassen. Deze kon niet met de beschikbare apparatuur niet worden bepaald, zodat alleen de som bekend is. Wanneer de gemeten concentraties (tijdens het bewerken gemiddeld 1,7 ppm) hoofdzakelijk NO betreffen blijven ze ruim onder de MAC (2 ppm), anders komen ze er regelmatig boven. De op het praktijkbedrijf met diffusiebuisjes gemeten blootstelling aan H₂S en NH₃ blijft nog ruim onder de norm, wat mede veroorzaakt wordt doordat op dit bedrijf de buitendeuren tijdens het bewerken van het strooisel tijdelijk open blijven staan. Uit figuur 13 blijkt dat de gemiddelde concentratie, dus ook de blootstelling, hoger zou zijn geweest als er met gesloten deuren kon worden gewerkt.

In de hokken (boven de ligruimte, maar vooral boven de mestruimte) zijn de concentraties veel hoger dan boven de werkgang. Vooral de blootstelling aan NH₃, maar tijdens het bewerken van het strooisel in een aantal gevallen ook die aan H₂S, CO, en mogelijk die aan NO₂, zijn hoger dan de MAC. Hierbij moet worden opgemerkt dat de metingen in de hokken zijn verricht met de emmer-methode, dus dat de werkelijke blootstelling van de varkenshouder lager zal zijn. De continue gasmetingen met de B&K-monitor, waarvan de resultaten zijn weerge-

geven in figuur 11 en 12 en in bijlage 2, laten echter zien dat de concentraties ook op 2 m boven het strooisel erg hoog zijn. Er moet verder rekening mee worden gehouden dat de metingen met de gasdetectiebuisjes zijn verricht aan het einde van de derde ronde. De derde ronde was de laatste ronde voordat het strooisel vervangen werd. Het strooisel is dan vrij nat, zodat ongewenste anaërobe processen kunnen plaatsvinden. Waarschijnlijk zijn er in verser strooisel minder schadelijke gassen. Zo hebben Thelosen en Van Cuyck (1993) in hun onderzoek geen H_2S kunnen aantonen. Het is dus mogelijk dat de concentratie H_2S per ronde toeneemt en tijdens deze metingen maximaal was.

Gezien het voorgaande moet aangeraden om tijdens het bewerken van het strooisel bed stofmaskers met gasfilters te dragen. Maskers, voorzien van P2-stoffilters en van filterbussen die NH_3 uit de in te ademen lucht halen, bieden voldoende bescherming tegen de gevonden concentraties aan stof en gassen.

De filters houden het stof tegen, maar bemoeilijken de ademhaling. Zeker bij fysiek werk is dat hinderlijk, maar desondanks is het belangrijk de maskers tijdens het bewerken van het strooisel continu te dragen.

Lawaai

Het gemiddelde geluidsniveau over de drie metingen tijdens het spitten met een minikraan vanaf de werkgang bedraagt 82,3 dB(A); dat is bijna tweemaal het geluidsniveau waaraan werknemers gedurende een werkdag mogen worden blootgesteld. Volgens de Arbo-wet mogen werknemers aan dit geluidsniveau maximaal 4,7 uur per dag worden blootgesteld.

De varkenshouder op het praktijkbedrijf werkt veel minder met de minikraan, en hoeft daarom, tenzij hij vaker wordt blootgesteld aan hoge geluidsniveaus, geen gehoorbescherming toe te passen tijdens het spitten.

In het voorgaande is berekend dat de arbeidsbehoefte voor het bewerken van het strooisel bij een bedrijfsomvang van 1080 varkens 26 tot 34 uur per week bedraagt. Aangenomen dat strooiselbewerking niet in het weekend wordt uitgevoerd is dat 5 tot 7 uur per dag. In dat geval is goede gehoor-

bescherming nodig.

Vanzelfsprekend gelden deze resultaten alleen voor het merk en type kraan waarmee deze varkenshouder werkt (Komatsu), terwijl ook de inrichting van de afdeling invloed op het geluidsniveau kan hebben. Een groot deel van het lawaai wordt veroorzaakt door het rijden en schuiven met de rupsbanden over de betonnen vloer. Tenzij de kraan is voorzien van een goede cabine zal het geluidsniveau van de meeste kranen echter te hoog zijn om er zonder gehoorbescherming langdurig mee te werken in een afgesloten ruimte met een betonnen vloer.

Fysieke belasting

In paragraaf 5.1 is vastgesteld dat de arbeidsbehoefte voor handmatige bewerking van het strooisel niet altijd hoger is dan voor bewerken met een minikraan. In een aantal gevallen gaat handmatige bewerking zelfs sneller. Het handmatig ingraven of verspreiden van de mest en het bewerken van het strooisel zijn echter fysiek zware handelingen. De waarnemingen van het handmatig bewerken van de diepstrooisel bedden op het Proefstation zijn verricht tijdens de eerste ronde na het vervangen van het strooisel. Tijdens de eerste weken is het strooisel nog los en vrij gemakkelijk te bewerken. De waarnemingen zijn begonnen na ruim zes weken. Het strooisel is dan al veel vaster dan aan het begin, maar waarschijnlijk is handmatig bewerken van het strooisel tijdens latere ronden nog zwaarder. De werkmethode is daarom dermate inspannend dat het niet mogelijk is dit werk dagelijks langdurig uit te voeren. Op grotere bedrijven is handmatige strooisel bewerking derhalve onmogelijk.

Strooiselbewerking met een minikraan verlicht de fysieke inspanning, maar vergt erg veel concentratie. De machinist moet geconcentreerd werken om de stal en de stalinrichting niet te beschadigen. Wanneer de varkens in de hokken blijven, moet er bovendien voortdurend worden opgelet of er geen varkens verdrukt worden. De varkens zijn niet bang voor de kraan maar juist erg nieuwsgierig. Vooral wanneer er bij het ouder worden van de varkens minder manoeuvreerruimte voor de kraan over blijft is het werk zeer inspannend.

6 CONCLUSIES CONCLUSIONS

Handmatig bewerken van het strooisel bed is, afgezien van de eerste weken na vervanging van het strooisel, dermate inspannend dat het geen acceptabele werkmethode is. Wanneer het strooiselbed niet vanaf de werkgang kan worden bewerkt moeten de varkens worden verplaatst voordat met de strooiselbewerking met een minikraan kan worden begonnen. Strooiselbewerking vanaf de werkgang is vrijwel alleen bij nieuwbouw mogelijk en wordt bij het Ecopor-systeem niet aangeraden. Bij strooiselbewerking met een minikraan vanaf het strooisel is de tijdswinst ten opzichte van handmatig bewerken niet groot. Bewerken vanaf de werkgang levert wel een aanzienlijke tijdswinst op. Zoals aangetoond in tabel 3 vonden ook Huysman en Greutink (1993) voor mechanische strooiselbewerking duidelijk kortere arbeidstijden dan voor handmatige strooiselbewerking. Hier was echter de bedrijfsomvang bij gemechaniseerde strooisel bewerking aanzienlijk groter, wat ook invloed heeft op de werktijd.

Het bewerken van het strooiselbed volgens de Finnfeeds-methode kost per keer minder tijd dan de Ecopor-methode. Hoewel Finnfeeds voorschrijft dat het strooisel bed vanaf 40 kg lichaamsgewicht van de varkens tweemaal per week omgezet moet worden, is de minste arbeid nodig voor het Finnfeeds-systeem wanneer er met een minikraan vanaf de werkgang kan worden gewerkt. Bij strooisel bewerking vanaf het strooisel bed vergt het Ecopor-systeem iets minder tijd.

Voor beide systemen geldt dat de totale arbeidsbehoefte voor het houden van vleesvarkens met 1,2 tot 1,6 uur per vleesvarkensplaats per jaar (ongeveer 75 tot 100%) toeneemt ten opzichte van huisvestingssystemen voor vleesvarkens op een halfrooster-vloer. Deze arbeidsbehoefte kan niet direct vergeleken worden met die in de literatuur, omdat in de literatuur alleen de hoeveelheid arbeid voor het omzetten van het strooisel wordt gegeven. Het periodiek aanvullen en vervangen van het strooisel en het meten van de strooiseltemperatuur zijn daar buiten beschouwing gelaten. Voordat diepstrooiselsystemen ingang kunnen vinden in de praktijk moet de arbeidsbehoefte ver worden teruggedrongen. Met name het weke-

lijks of tweemaal per week bewerken van de strooiselbedden vormt een knelpunt. Wanneer deze, betrekkelijk nieuwe, huisvestingssystemen verder uitgekristalliseerd zijn kan de extra arbeidsbehoefte echter afnemen. Waarschijnlijk zijn hiervoor andere technieken dan strooiselbewerking met behulp van een minikraan noodzakelijk.

Het management op bedrijven met diepstrooiselsystemen is moeilijker. De biggen moeten gezond zijn om het strooiselbed te laten functioneren en omgekeerd. Klimaatregeling en ventilatie (om het vocht kwijt te raken) zijn zeer belangrijk. Daarnaast zijn grotere groepen varkens per hok moeilijker te controleren.

In afdelingen met diepstrooisel is gemiddeld minder stof dan in gangbare afdelingen met vleesvarkens. Tijdens het bewerken van het strooiselbed stijgt het stofgehalte echter aanzienlijk. Daarnaast kunnen thermofiele Actinomyceten voorkomen, die eveneens klachten aan de luchtwegen kunnen veroorzaken. Daarom wordt aanbevolen om tijdens strooiselbewerking ademhalingsbeschermingsmiddelen te gebruiken.

Afdelingen met diepstrooisel stinken de meeste tijd minder dan gangbare vleesvarkensafdelingen, maar tijdens het bewerken van het strooisel juist veel meer. Ook naarmate het strooisel ouder wordt, is er doorgaans meer stank.

Door de grote schommelingen in de concentraties gassen in stallucht dienen gasmetingen over langere perioden worden uitgevoerd. De monsternamen voor één waarneming zou bijvoorbeeld over 10 minuten verspreid kunnen worden. De waarde van momentopnames lijkt beperkt.

Tijdens het bewerken van het strooiselbed komen verschillende gassen vrij, waaronder NH_3 , N_2O , NO , en H_2S . In de stal waarin het onderzoek plaatsvond, met geopende staldeuren tijdens het bewerken van twee van de hokken, komt alleen de gemiddelde concentratie NH_3 ver boven de MAC. De concentraties van de overige gassen komen op de werkgang niet boven de MAC. Boven het strooiselbed, waar de varkenshouder verblijft bij handmatige strooiselbewerking en

bij mechanische bewerking volgens het Ecopor-systeem, zijn de concentraties hoger. Gezien de combinatie van gassen die voorkomt is het in beide situaties aan te bevelen het stofmasker te voorzien van een filter dat deze gassen uit de in te ademen lucht verwijdert.

Het geluidsniveau van de minikraan, die is gebruikt door de varkenshouder tijdens het bewerken van het strooisel vanaf de werkgang, was gemiddeld 82,7 dB(A). Het geluidsniveau van andere kranen zal bij gebruik in een gesloten ruimte niet veel lager zijn. Wanneer er gewerkt wordt vanaf het strooiselbed zal het geluidsniveau lager zijn, omdat er dan minder geluid komt van de rupsbanden. Bij langdurig gebruik zijn persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen of een geluidsisolerende cabine op de minikraan nodig om gehoorschade te voorkomen.

Samenvattend kan worden gesteld dat bij de huidige werkmethoden de extra arbeidsbehoefte en de arbeidsomstandigheden voor het houden van varkens op diepstrooisel, in vergelijking met houderijsystemen met roostervloeren, zodanig zijn dat grootschalige toepassing in de praktijk onwaarschijnlijk is. Diepstrooiselsystemen onder Nederlandse omstandigheden zijn echter nog relatief nieuw. Het is daarom mogelijk dat er betere werkmethoden voor strooiselbewerking ontwikkeld worden, waardoor betere perspectieven zouden kunnen ontstaan voor diepstrooiselsystemen in de Nederlandse varkenshouderij.

REFERENTIES REFERENCES

- Arbeidsinspectie 1989.
De nationale MAC-lijst 1989.
Uitgave van Directoraat-Generaal van de Arbeid, P-blad P 145, Voorburg.
- Consulentschap in Algemene Dienst voor de Varkenshouderij 1987.
Handboek voor de Varkenshouderij
5e druk, Rosmalen.
- Denmat, M. le 1993.
Persoonlijke mededeling.
Mr. Le Denmat is werkzaam op het ITP in Le Rheu, Frankrijk.
- Drägerwerk Aktiengesellschaft 1990.
Gebruiksaanwijzing Dräger-gasdetectiebuisjes
Lübeck, Duitsland.
- Drummond, J.G., S.E. Curtis, J. Simon 1978.
Effects of atmospheric ammonia on pulmonary bacterial clearance in the young pig
In: American Journal of Veterinary Research, vol. 39, no. 2, pp 211-212.
- Faassen, H.G. van 1993.
Management van composteringsprocessen in diepstrooiselbedden voor varkens
In: Sande-Schellekens, A.L.P. v.d. en J.A.M. Voermans (red.) Inleidingen studiemiddag Diepstrooiselsystemen, 2 maart 1993, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.
- Finnfeeds z.j.
Gezondheidsregels en veiligheidsvoorschriften - En vis tim
- Groenestein, C.M. en B. Reitsma 1992.
Praktijkonderzoek naar de ammoniakemissie van stallen; vleesvarkensstal met diepstrooiselsysteem.
Rapport 92-1003, DLO, Wageningen.
- Heederik, D. en T. Smid 1988.
Beroepsma tige blootstelling aan organisch stof en de daarmee samenhangende risico's voor de gezondheid.
Uitgave S 50 van Directoraat van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg.
- Hervo, N en O. Theobald 1992.
Biological deep litter for pigs in France
In: J.A.M. Voermans (ed.) Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21 and 22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen.
- Huysman, C.N. en G.J. Greutink 1993.
Onderzoek aan een diepstrooiselsysteem op praktijkbedrijven.
Proefstation voor de Varkenshouderij, rapport PI.91, Rosmalen.
- Kay, R.M. en A.T. Smith 1992a.
The effect of in situ composting on nitrogen, micro-organisms and odour emissions from sawdust beds
In: Animal Production 1992, 54(3) pp. 456.
- Kay, R.M. 1992b.
The performance and environment of pigs reared on deep sawdust beds compared with pigs reared on a conventional fully-slatted slurry system
In: J.A.M. Voermans (ed.) Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21 and 22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen.
- Kay, R.M. 1993.
Persoonlijke mededeling.
Kay is experiment leader van het project "Minimising pollution by in situ composting of animal manures" op ADAS Terrington, UK.

- Klooster, C.E. van 't, P.F.M.M. Roelofs, G.P. Binnendijk en M.J.M. Duijf 1991.
Verlagen van het stofgehalte van de lucht in varkensstallen; resultaten anno 1991.
Proefstation voor de Varkenshouderij, rapport P1.70, Rosmalen.
- Lo, C.Y.Y. 1992.
Application and practice of the Pig-On-Lifter system in Hong Kong (In-situ composting of pig manure)
In: J.A.M. Voermans (ed.) Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21 and 22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen.
- Mehlhorn, G. 1992.
Housing of fattening pigs on deep lifter with additives from the Animal Hygiene point of view
In: J.A.M. Voermans (ed.) Proceedings workshop deep litter systems for pig farming, 21 and 22 September 1992, Research Institute for Pig Husbandry, Rosmalen.
- Römer, F.G. 1993.
Persoonlijke mededeling.
Dhr. Römer is werkzaam bij Kema, Arnhem, en heeft in 1991 een vergelijking gemaakt tussen Dräger- en Kitagawa-gasdetectiebuisjes voor het meten van NH₃-concentraties.
- Sande-Schellekens, A.L. P. v.d., G.B.C. Backus, S.J. Bokma en W. Schoorlemmer 1992.
Twee ronden ervaring met dikstrooisel in Propro
Proefstation voor de Varkenshouderij, rapport P3.96, Rosmalen.
- Schaijk, B. van 1992.
Gebruiksaanwijzing Envistim.
Finnfeeds International Ltd, notitie BVS1022/hm-7.
- SAS Institute Inc. 1989.
SAS/STAT User's Guide,
Version 6, Fourth Edition, Cary, NC, USA.
- Schilden, M. van der 1990.
Ontwikkeling methode Taakanalyse
IMAG, Nota 472 (interne publicatie), Wageningen.
- Thelosen, J.G.M. en J. van Cuyck 1993.
Vergelijking diepstrooiselsystemen met een traditioneel vleesvarkenshouderijsysteem; verder ontwikkelen van een dieps trooiselsysteem
Proefstation voor de Varkenshouderij, rapport in voorbereiding, Rosmalen.
- Vermeulen, G.D., J.M. Maljaars en M.C. Sprong 1993.
Haalbaarheid van gemechaniseerde bewerking van diepstrooiselbedden
In: Sande-Schellekens, A.L.P. v.d. en J.A.M. Voermans (red.) Inleidingen studiemiddag Diepstrooiselsystemen, 2 maart 1993, Proefstation voor de Varkenshouderij, Rosmalen.

BIJLAGEN

APPENDICES

Bijlage 1: Resultaten van gasmetingen met gasdetectiebuisjes
Appendix 1: Results of measurements with gas detection tubes

In week 10, 11, 12 en 13 zijn op het praktijk-bedrijf concentraties gemeten van de gas-sen NH_3 , NO , $+\text{NO}$, CH_4 , CO_2 en H_2S . De metingen zijn uitgevoerd met Dräger² en Kitagawa gasdetectiebuisjes. De resultaten van deze metingen staan in de tabellen 1.1 en 1.2. Wanneer er in de tabellen geen naam van de gasdetectiebuisjes is genoemd zijn Dräger-buisjes gebruikt. Omdat ruimtetemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, strooiseltemperatuur in het lig-bed en in de mesthoek, drogestofgehalte en ventilatieniveau invloed kunnen hebben op de concentraties zijn deze in de tabellen opgenomen. Het ventilatieniveau is afgelezen van de klimaatregelaar. Deze geeft een percentage van de maximale ventilatie. De maximale ventilatie is bekend (ongeveer 109 m^3 per varken per uur) zodat de werkelijke ventilatie berekend kan worden. Ter controle van de relatieve-luchtvochtigheids-meter van de klimaatregeling is tweemaal tevens de relatieve luchtvochtigheid geme-ten met een Aßmann psychrometer. Hoewel de meting plaatsvond op dezelfde plaats als de voeler van de klimaatregeling gaf de Aßmann psychrometer beide keren een hogere waarde (+ 4,5 en +8,8).

ger-gasdetectiebuisjes en die met Kitaga-wa-gasdetectiebuisjes. Römer (1993) heeft bij een vergelijking van deze merken buisjes vastgesteld dat in dit meetbereik de uitlees-waarde van Dräger-gasdetectiebuisjes zeer onnauwkeurig is. Daarom zijn alleen de meetresultaten van de Kitagawa-buisjes gebruikt.

De metingen op de werkgang zijn uitge-voerd in het midden van de afdeling, op ongeveer 1.50 m hoogte. De metingen in de hokken zijn uitgevoerd volgens de emmer-methode. Hierbij wordt een emmer omge-keerd op het strooisel geplaatst, waarna door een gat in de emmer het monster wordt genomen. Op deze wijze wordt het verdunnende effect van ventilatie uitgeslo-ten

Tijdens week 10, 12 en 13 na opleg zijn de metingen boven de ligruimte en boven de mesthoek uitgevoerd in hetzelfde hok, namelijk het middelste van de drie hokken in de rij, grenzend aan een buitenmuur. Tij-dens week 11 zijn de metingen verricht in een ander hok, dat grenst aan de buiten-muur en aan de centrale gang. Er is een aanzienlijk verschil tussen de gemeten ammoniakconcentraties met Drä-

Tabel 1.1: Gasconcentraties vóór het bewerken van het strooisel op het praktijkbedrijf
 Table 1.1: Concentration of gases before litter treatment at the commercial farm

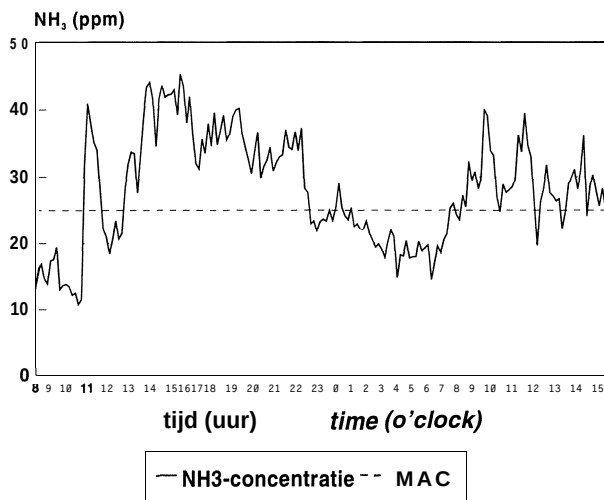
Waarneming	week 10	week 11	week 12	week 13
Gemiddeld over de hele afdeling <i>Average across the room</i>				
ruimtetemperatuur (°C)	20,5	19,6	20,8	20,5
relatieve luchtvochtigheid(%)	74,8	57,8	69,3	71,5
strooiseltemperatuur (°C)	37,0	37,1	37,0	35,8
temp. in mesthoeken (°C)	27,3	28,4	29,5	27,5
ds strooisel (%)	45,4	43,8	42,1	42,4
ventilatie (m ³ /va/uur)	55	52	61	60
Werkgang <i>Working pa th</i>				
NH ₃ (ppm)	13	12	10	35
NH ₃ (ppm, Kitagawa)			30	42
CO, (%)	0,04	0,09	0,06	0,12
CH, (ja/nee)	-	nee	nee	nee
NO + NO ₂ (ppm)	-	0,0	0,0	0,4
H ₂ S (ppm)	-		0,5	0,6
Ligruimte <i>Laying area</i>				
ds (%)	47,3	42,8	46,4	44,7
temp (°C)	36,2	36,3	39,2	35,5
NH ₃ (ppm)	12	7		
NH ₃ (ppm, Kitagawa)		5	60	38
CO, (%)	-	0,25		0,52
CH, (ja/nee)	-			nee
NO + NO ₂ (ppm)	-			0,5
H ₂ S (ppm)	-			0,0
Mesthoek <i>Dunging area</i>				
ds (%)	37,9	37,8	41,1	34,6
temp (°C)	27,0	29,0	29,3	26,1
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	80	90	120	120
CO, (%)	-	0,21		0,33
CH, (ja/nee)	nee			nee
NO + NO ₂ (ppm)	-			0,2
H ₂ S (ppm)	-			13,5

Tabel 1.2: Gasconcentraties tijdens het bewerken van het strooiselbed op het praktijkbedrijf
 Table 1.2: Concentration of gases during litter treatment at the commercial farm

Waarneming	week 10		week 11		week 12		week 13	
	meting 1	meting 2	meting 1	meting 2	meting 1	meting 2	meting 1	meting 2
Gemiddeld over de hele afdeling								
<i>Average across the room</i>								
ruimtemtemperatuur (°C)	20,7	21,7	21,3	22,0	22,0	22,7	22,3	22,7
relatieve luchtvochtigheid (%)	68,3	67,2	61,5	52,9	60,1	63,1	65,0	68,6
ventilatie (m³/va/uur)	59	69	70	75	74	82	76	82
Werkgang								
<i>Working path</i>								
NH ₃ (ppm)	16	22	13	21	15	24	15	24
NH ₃ (ppm, Kitagawa)				-	20	39	20	39
CO ₂	014 ,	0,08	015 ,	0,18	0,10	0,04	0,22	0,12
CH ₄ (ja/hee)				ne'e			nee	nee
NO + NO ₂ (ppm)	22 ,	3,2	17 ,	18 ,	18 ,	12 ,	1,1	0,7
H ₂ S (ppm)	15 ,	0,0	36 ,	32 ,	20 ,	20 ,	4,2	0,0
Strooisel								
<i>Litter</i>								
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	60		70		100		100	
CO ₂ (%)			0,80				0,50	
CH ₄ (ja/hee)	nee				-		nee	
NO + NO ₂ (ppm)	4,0		3,5		-		2,0	
H ₂ S (ppm)	0,0		0,5		-		2,0	
Diffusiebuitiesjes								
<i>Diffusion tubes</i>								
H ₂ S (ppm)	64		33		1,3		-	
NH ₃ (ppm)	16,0		13,3		12,9		-	

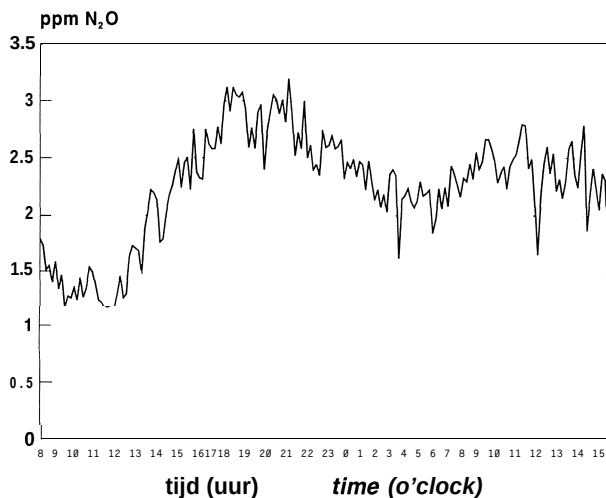
Bijlage 2: Concentraties NH_3 , N_2O , CO , en H_2O boven het strooiselbed gedurende 30 uur
Appendix 2: Concentrations of NH_3 , N_2O , CO , and H_2O above litter over 30 hours

Tijdens en na het spitten in de afdeling met het Finnfeeds-systeem op het Proefstation zijn met een B&K multi gas monitor de concentraties NH_3 , N_2O , CO , en waterdamp bepaald. De meting is uitgevoerd op 2 m hoogte boven het bed. De meetresultaten zijn weergegeven in de figuren in deze bijlage. Het strooisel is bewerkt tussen 10.30 en 12.15 uur.



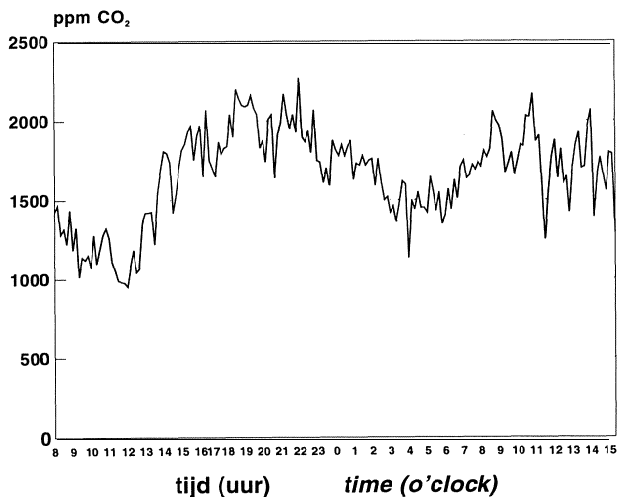
Figuur 2.1: Concentratie NH_3 (ppm) in de lucht boven het strooiselbed tijdens en na (handmatig) bewerken van het strooisel

Figure 2.1: Concentration of NH_3 (ppm) above the litter during and after (manual) litter treatment



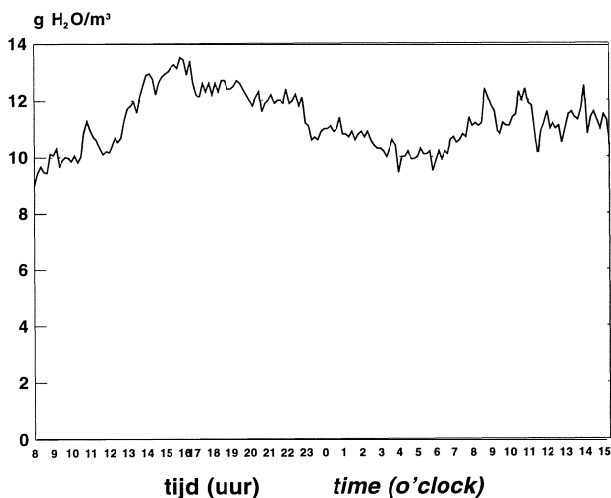
Figuur 2.2: Concentratie N_2O (ppm) in de lucht boven het strooiselbed tijdens en na (handmatig) bewerken van het strooisel

Figure 2.2: Concentration of N_2O (ppm) above the litter during and after (manual) litter treatment



Figuur 2.3: Concentratie CO_2 (ppm) in de lucht boven het strooiselbed tijdens en na (handmatig) bewerken van het strooisel

Figure 2.3: Concentration of CO_2 (ppm) above the litter during and after (manual) litter treatment



Figuur 2.4: Concentratie waterdamp in de lucht boven het strooiselbed tijdens en na (handmatig) bewerken van het strooisel

Figure 2.4: Concentration of watervapour in the air above the litter during and after (manual) litter treatment

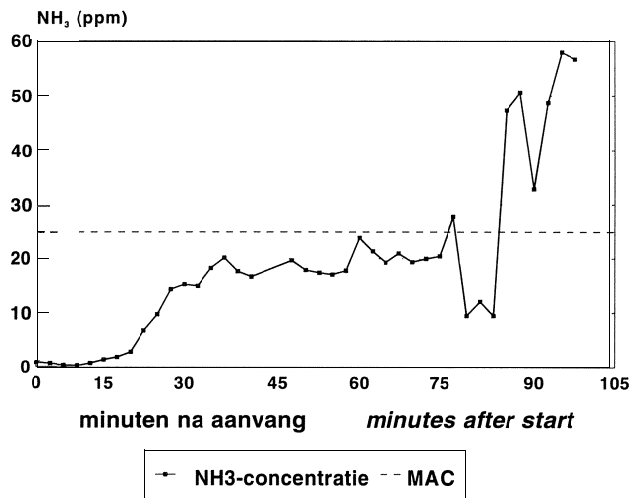
De concentratie ammoniak heeft een verloop dat samenhangt met de strooiselbewerking. Duidelijk is er tussen 10 uur en 12 uur een piek te zien. De MAC wordt hier met meer dan 100% overschreden. Na het spitten neemt de NH_3 -concentratie af, maar 's middags wordt toch weer hetzelfde hoge niveau bereikt. Er komt dus enige tijd na het spitten opnieuw veel NH_3 vrij.

De andere gassen reageren veel minder duidelijk op het spitten in het strooiselbed. Er is geen herkenbare piek tussen 10 en 12 uur. Wel lijkt het erop dat de concentraties overdag hoger zijn dan 's nachts. De meetperiode is echter te kort om conclusies te kunnen trekken.

Bijlage 3: Concentraties NH_3 , N_2O , CO_2 , CH_4 en H_2O boven de werkgang tijdens strooiselbewerking vanaf de werkgang met minikraan

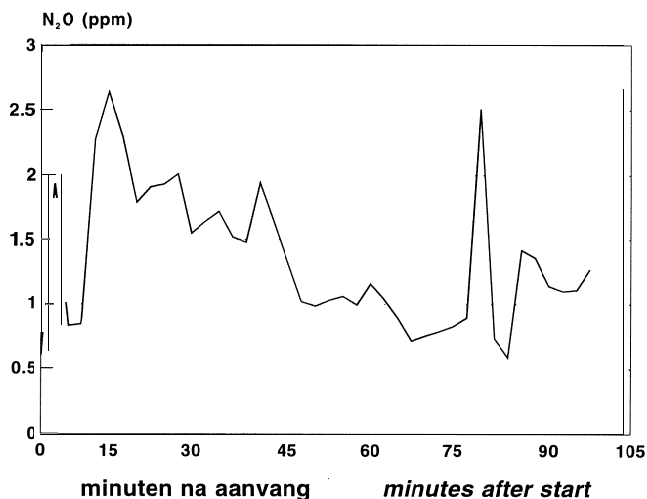
Appendix 3: Concentrations of NH_3 , N_2O , CO_2 , CH_4 and H_2O above working-path during litter treatment from the working-path with mini-digger

Tijdens het spitten in de afdeling met het Finnfeeds-systeem op het praktijkbedrijf zijn met een B&K multi gas monitor de concentraties NH_3 , N_2O , CO_2 , CH_4 en waterdamp bepaald. De meting is uitgevoerd vanaf de werkgang, op ongeveer 1,50 m hoogte achter de minikraan. De meetresultaten zijn weergegeven in de figuren in deze bijlage.



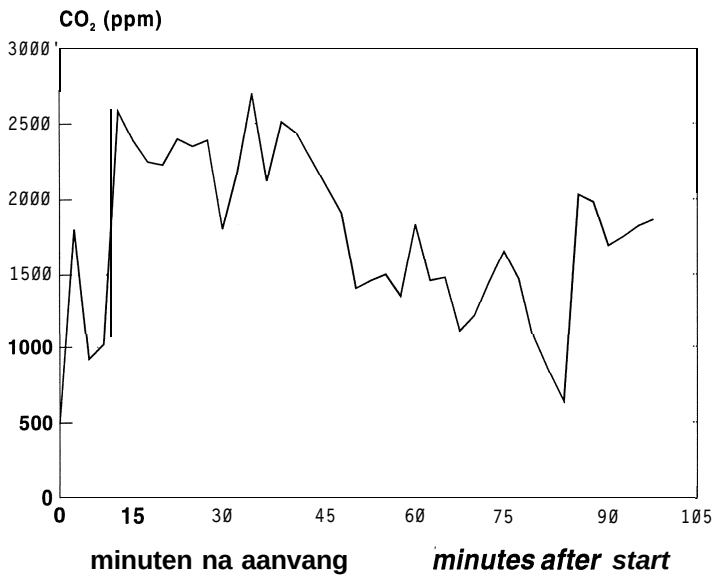
Figuur 3.1: Concentratie NH_3 (ppm) in de lucht boven de werkgang tijdens bewerken van het strooisel met minikraan vanaf de werkgang

Figure 3.1: Concentration of NH_3 (ppm) above the working-path during litter treatment using the mini-digger from the working-path



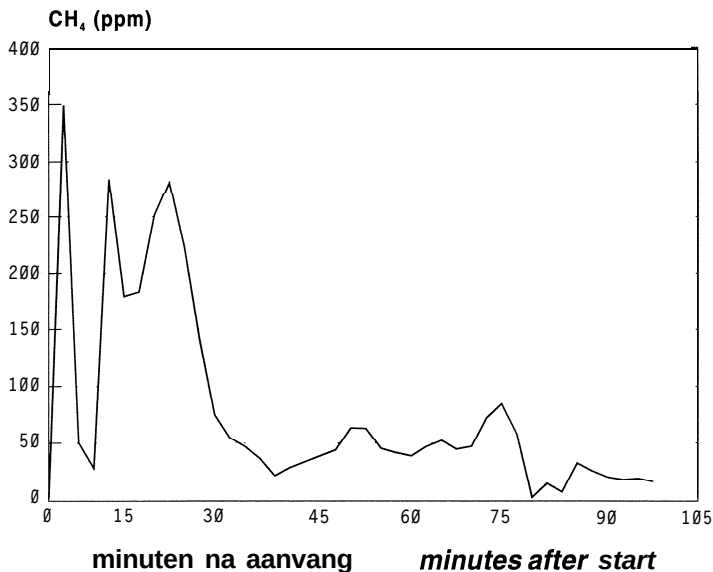
Figuur 3.2: Concentratie N_2O (ppm) in de lucht boven de werkgang tijdens bewerken van het strooisel met minikraan vanaf de werkgang

Figure 3.2: Concentration of N_2O (ppm) above the working-path during litter treatment using the mini-digger from the working-path



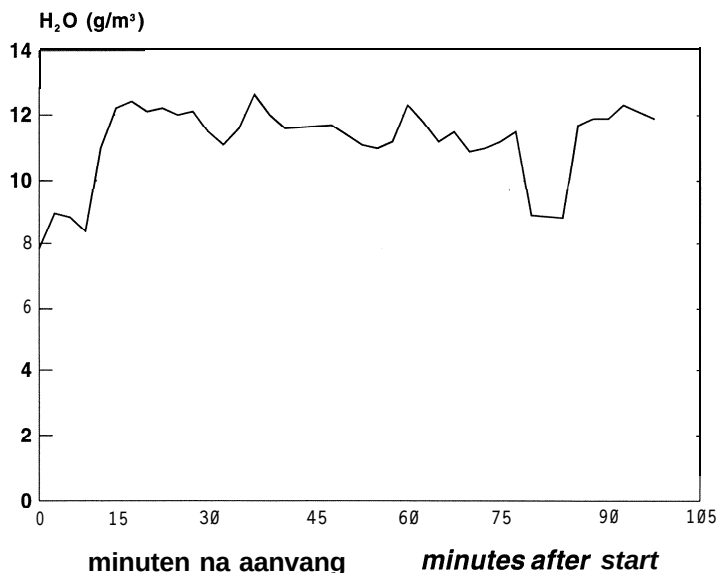
Figuur 3.3: Concentratie CO₂ (ppm) in de lucht boven de werkgang tijdens bewerken van het strooisel met minikraan vanaf de werkgang

Figure 3.3: Concentration of CO₂ (ppm) above the working-path during litter treatment using the mini-digger from the working-path



Figuur 3.4: Concentratie CH₄ in de lucht boven de werkgang tijdens bewerken van het strooisel met minikraan vanaf de werkgang

Figure 3.4: Concentration of CH₄ above the working-path during litter treatment using the mini-digger from the working-path



Figuur 3.5: Concentratie waterdamp in de lucht boven de werkgang tijdens bewerken van het strooisel met minikraan vanaf de werkgang

Figure 3.5: Concentration of watervapour above the working-path during litter treatment using the mini-digger from the working-path

De concentratie ammoniak heeft een verloop dat samenhangt met de strooiselbewerking. Tijdens het bewerken van het strooisel neemt de concentratie boven de werkgang toe tot een waarde die dicht bij de MAC ligt. Na het spitten neemt de NH₃-concentratie nog enige tijd sterk toe. Wanneer de varkenshouder het additief over het strooisel verdeelt is de concentratie NH₃ boven het strooiselbed zeer hoog. De concentratie die dan gemeten wordt komt vrijwel overeen met die tijdens het handmatig bewerken van het strooisel (bijlage 2 en figuur 11).

De andere gassen reageren veel minder duidelijk op het losmaken van het strooisel. Het lijkt zelfs alsof de concentraties tijdens het bewerken wat afnemen, maar er zijn meer waarnemingen nodig om dit te kunnen bevestigen.

Table 1: Labour-requirement (in minutes and cmin; 1 cmin = 0,01 min) for Finnfeeds litter-treatment with mini-digger using the working-path (Source: Van de Sande-Schellekens et al., 1992)

treatment	frequence	cmin for 108 pigs	cmin for 100 pigs weekly
litter treatment	1 time/week	75	69.4
litter control	1 time/week	10	9.3
adding additive	1 time/week	15	13.9
adding 10% litter	0.66 times/batch	120	4.6
adding new litter	0.33 times/batch	600	11.4
removing litter	0.33 times/batch	960	18.2
su btotal			126.8
- not cleaning the house	1 time/batch	380	- 21.7
TOTAL			105.1

Table 2: Labour requirement (hours per year) for weekly litter-treatment in a unit for 1224 pigs (Vermeulen et al., 1992)

	mini- digger	Ecopor- tractor	Finnfeeds- tractor	moving floor
moving pigs	105	210	210	0
adding additive	70	70	70	70
litter treatment	887	240	250	156
TOTAL	1062	520	530	226

Table 3: Labour requirement on deep litter farms (minutes per 100 pigs per week) with and without mechanisation and with and without turnable gates (Huysman and Greutink, 1993)

treatment	turnable gates	# farms	# pigs/farm	labour requirement
manual		7	106	191
mechanised	+	9	223	106
mechanised		2	838	98

Table 4: Review of Maximum Accepted Concentrations of some gases in The Netherlands, Germany and USA

gas	MAC (NL, 1989)		MAK-Wert (BRD, 1990) ppm	TLV (USA, 1990) ppm
	mg/m ³	ppm		
NH ₃	18	25	50	25
CO ₂	9000	5000	5000	5000
CO	29	25		
CO (max. 15 min.)	174	150		
CO (max. 30 min.)	139	120		
CO (max. 60 min.)	70	60		
NO	30	25		
NO	4	2	5	3
N ₂ B	46	25		
H ₂ S	15	10	10	10

Table 5: Odour emission (odour-units/m³) from rooms before and during litter treatment in compost beds (Kay and Smith, 1992a)

	slurry	Ecopor		Finnfeeds		No additive	
		before digging	during digging	before digging	during digging	before digging	during digging
batch 2	1365	-	18846	400	22163	276	4843
batch 3	1824	1801	27168	610	33066	368	29411
average	1595	1801	23007	505	27615	322	17127

Table 6: Number of thermophilic Actinomicetes (* 10³ CFU/g) in the litter (Kay and Smith, 1992a)

batch	days	Ecopor		Finnfeeds		no additive	
		0-40 cm	40-80 cm	0-25 cm	25-50 cm	0-40 cm	40-80 cm
I a	3	1.12	1.75	0.69	0.95	0.69	1.35
I a	17	2.14	1.36	3.07	2.51	7.33	12.73
I a	31	1.80	1.15	4.53	2.18	2.15	1.08
I a	45	3.43	0.82	4.58	2.80	2.46	0.60
I a	66	11.55	1.52	8.52	6.35	7.31	1.06
I b	12	6.50	4.32	5.65	2.55	3.70	10.09
I b	26	10.65	5.41	1.12	0.70	4.31	1.86
I b	40	10.94	5.20	2.85	1.58	1.67	4.87
I b	61	10.39	10.26	4.28	4.95	6.81	5.50
1	1	2.09		0.82		1.20	
1	63	7.46		5.82		4.74	
2	63	9.48		30.73		17.39	
3	63	12.30		17.39		15.29	

Table 7: Labour requirement for manual deep litter treatments
(times in min and cmin/pen (1 cmin = 0.01 min), start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handling	Ecopor			Finnfeeds		
	n	$\bar{X}$	σ	n	$\bar{X}$	σ
Start up	2	3.63	0.14	7	4.48	1.09
Moving pigs	14	4.12	? ¹		n.p. ³	-
Measure temperature	5	2.77	? ¹	10	2.24	? ¹
Digging hole	7	4.99	0.88		n.p. ³	-
Burly manure	9	5.71	2.40		n.p. ³	
Spread manure	-	n.p. ³	-	16	2.58	0.70
Equalize litter	9	1.71	0.56		n.p. ³	
Mixing litter	15	1.03	0.48	3	0.56	0.20
Adding litter	14	0.69	0.12	3	0.77	0.09
Digging litter	10	5.55	1.73	15	7.95	1.54
Finish off	3	1.72	0.99	6	2.34	1.06
TIME, excl.*		23.80			11.87	
TIME, incl. ²		27.91			15.81	

¹Can not be calculated from measurements.

²Times for start up, finish off and measuring litter-temperature. Times for start up and finish off must be divided by 4 (4 pens per room).

³ This handling does not have to be performed in this system.

Table 8: Influence of distance (m) between dunging area and manure-burrying area on labour requirement for manual manure-burrying in the Ecopor system (time in min and cmin/pen)

distance	labour requirement
2	3.67
3	4.06
5	6.40
6	5.22
8	9.58

Table 9: Labour requirement for deep litter treatment with mini-digger on the litter (times in min and cmin/pen, start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handling	Ecopor			Finnfeeds		
	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ
Start up	2	10.00	8.48	3	7.33	4.16
Moving pigs	3	4.67	? ¹	0	4.67 ³	-
Measure temperature	4	3.25	? ¹	4	3.75	? ¹
Digging hole	11	6.91	1.70		n.p. ⁴	-
Burry manure	10	6.60	2.67		n.p. ⁴	-
Spread manure		n.p. ⁴	-	12	3.42	? ¹
Mixing & spreading additive	10	1.80	? ¹	4	2.50	? ¹
Digging litter	10	5.00	0.94	82	6.83	? ¹
Finish off		7.00 ³	-		7.00 ³	-
TIME, excl. ²		24.98			17.42	
TIME, incl. ²		32.48			24.75	

¹ Can not be calculated from the measurements.

² Times for start up, finish off and measuring litter-temperature. Times for start up and finish off must be divided by 4 (4 pens per house).

³ Estimate; time has not been measured.

⁴ This handling does not have to be performed in this system.

Table 10: Labour requirement for Finnfeeds litter treatment with mini-digger from working-path (times in min and cmin/pen, start up and finish off periods in min and cmin/time)

Handling	n	$\bar{x}$	σ
Drive in mini digger	4	1.11	0.56
Turn mini-digger	3	2.16 ²	0.80
Mini-digger to next pen	20	0.37 ³	0.28
Burry manure	8	2.81	1.01
Spread manure	8	7.93	1.32
Get additive	10	0.34	? ¹
Spread additive	15	0.80	? ¹
finish off	1	3.14	
TIME, excl. ⁴		12.49	
TIME, incl. ⁴		13.20	

¹ Can not be calculated from the measurements.

² Mini-digger is turned once per room (6 pens); time must be divided by 6.

³ Mini-digger has to go to the next pen 4 times per room; time must be divided by 1.5.

⁴ Times for start up and finish off. These times must be divided by 6 (6 pens per house).

Table 11: Labour requirement (minutes) for periodic treatment of deep litter beds

Manoeuvre	min/house	# pigs	min/120 pigs
Ecopor:			
add 10% litter	?	?	?
replace 20% litter ²	655 ³	80	764 ³
remove 100% litter ²	2370	80	3825
new litter ²	390	80	585
Finnfeeds:			
add 10% litter ¹	120	108	133
remove 100% litter ¹	960	108	1067
remove 100% litter ¹	930	108	1033
remove 100% litter ²	1125	80	1688
add new litter ¹	600	108	667
add new litter ²	270	80	405
add new litter ²	285	80	428

¹ Based on information from farmer; commercial farm.

² Based on bills of contract-worker; Research Institute.

³ 33% of the litter was replaced in 1080 minutes. Since the manufacturer advises to replace only 20%, a labour requirement of $20/33 * 1080$ minutes is computed.

Table 12: Concentrations of several gases at the commercial farm before and during litter treatment, using a mini-digger (Finnfeeds litter)

Waarneming	before litter treatment		during litter treatment			
	$\bar{x}$	σ	measurement 1		measurement 2	
	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
Working path						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	36			0	32	10
CO ₂ (%)	0.07	0.0485	20.15	0.05	0.11	0.06
CH ₄ (yes/no) ¹	no		no		no	
NO + NO ₂ (ppm)	0.1	0.2	17.	05.	17.	1.1.
H ₂ S (ppm)	0.6	0.1	28.	13.	13.	1.6
Laying area						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	34	28			83	21
CO ₂ (%)	0.39	0.19			0.70	0.20
CH ₄ (yes/no) ¹	no		no			
NO + NO ₂ (ppm)	0.5		3.2	10.		
H ₂ S (ppm)	0.0		0.8	18.		
Dunging area						
NH ₃ (ppm, Kitagawa)	103	21				
CO ₂ (%)	0.27	0.08				
CH ₄ (yes/no) ¹	no	-				
NO + NO ₂ (ppm)	0.2	-				
H ₂ S (ppm)	13.5	-				
Diffusion tubes						
H ₂ S (ppm)			3.7	2.6		
NH ₃ (ppm)			14.0	1.7		

- Not measured.

¹ Qualitative measurement: yes = present, no = not present.

Table 13: Labour requirement (minutes per year) for weekly treatment of deep litter beds like at the Research Institute and at the commercial farm, calculated for a farm with 1080 pigs

Manoeuvre	manual Research Institute		mini-digger Research Institute		mini-digger commercial farm
	Ecopor	Finnfeeds	Ecopor	Finnfeeds	Finnfeeds
Mini-digger to next room			783	1321	_ ³
Moving pigs	11146		11146	18807	
Measure litter temperature	2461	2461	2461	2461	_ ³
Digging hole	13188		18263		
Burrie manure	19611		17444		
Spread manure	-	11506		15253	12532
Digging litter	14669	35455	13215	30460	35366
Mini-crane to next pen			_ ¹	_ ¹	1375
Mixing and adding additive	4631	5282	4631	5282	3013
Su b-total	65706	54704	67943	73584	56068 ³
Addition ²	18398	15317	16986	18396	14017
Total time	84104	70021	84929	91980	70085

¹ Labour requirement for this manoeuvre is included in other manoeuvres.

² Additions for little manoeuvres (included start up and finish off; 5%), interruptions (manual 2%, mini-digger 5%), work-break (manual 18%, mini-digger 12%) and personal care (3%). (according to Berenschot-tables, source: Van der Schilden, 1990).

³ Missing times are copied from the Research Institute.

Table 14: Extra labour requirement (minutes per 120 pigs per batch) for fattening pigs on deep litter systems using a mini-digger, compared to conventional systems

Manoeuvre	min./room/time			frequency/batch		min./room/batch		
	Ecopor	Finnfeeds reno- vation	Finnfeeds new building	Ecopor	Finnfeeds	Ecopor	Finnfeeds reno- vation	Finnfeeds new building
weekly litter treatment ¹ litter:	181	197	150	17	17	3085	3341	2546
- adding ²	133	133	133	0.73	0.66	97	88	88
- substitute 20%	764		-	0.20	0	153	-	
- 100% out	3825	1688	1050	0.07	0.33	268	563	350
- new in	585	416	667	0.07	0.33	41	139	222
cleaning the room	340	340	340	- 0.96	- 0.84	- 326	- 286	- 286
TOTAL TIME						3318	3845	2920

¹ Once a week in the Ecopor-system, 1.6 times a week in the Finnfeeds-system.

² Litter is added only when no litter is substituted. This is after 11 batches out of 15 in Eco-por-systems and after 2 out of 3 batches in Finnfeeds-systems.

Table 15: Extra labour requirement (hours) for pigs on deep litter systems using a mini-digger, compared with conventional systems

extra labour	Ecopor litter replaced according manufacturer	Ecopor litter replaced every 5 batches	Finnfeeds rebuild	Fnnfeeds new building
.. per house / batch	55.3	62.7	64.1	48.7
.. per 1080 pigs / year	1522	1725	1764	340
.. per 1080 pigs / year	29.3	33.2	33.9	25.8
per pigplace / year	1.41	1.60	1.63	1.24

REEDS EERDER VERSCHENEN PROEFVERSLAGEN *PUBLISHED RESEARCH REPORTS*

Proefverslag P 1.77

"Mechanische mestscheiders als mogelijke schakel in de mestbewerking op bedrijfsniveau"

Proefverslag P 1.78

"Klauwgezondheid bij varkens"

Proefverslag P 1.79

"De invloed van een graanrijk voer op de mesterijresultaten, slachtkwaliteit en vleeskwaliteit bij vleesvarkens"

Proefverslag P 1.80

"De invloed van gezondheidsstoornissen bij gespeende biggen op de mesterijresultaten en slachtkwaliteit"

Proefverslag P 1.81

"Het effect van de uitvoering van de zeugenbox in het kraamopfokhok op de produktieresultaten van zeugen"

Proefverslag P 1.82

"Het effect van vloertype in het kraamopfokhok op de produktieresultaten van zeugen"

Proefverslag P 1.83

"Vergelijking van 1,0, 1,3 en 1,4 m lengte dichte vloer in kraamopfokhokken"

Proefverslag P 1.84

"Een vergelijking tussen zes typen kraamopfokhokken aan de hand van technische resultaten van zeugen en de uitval van biggen"

Proefverslag P 1.85

"Waterdamp in varkensstallen met diepstrooisel"

Proefverslag P 1.86

"Bruikbaarheid van een sensor voor meting van de hoeveelheid ventilatie in natuurlijk geventileerde stallen"

Proefverslag P 1.87

"Verkleinen van de spreiding in aflevergewicht van vleesvarkens"

Proefverslag P 1.88

"Analyse van het interval spenen - eerste inseminatie"

Proefverslag P 1.89

"KASVA Knelpunten analyse systeem varkenshouderij"

Proefverslag P 1.90

"Het effect van microbieel 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

"Bereiding en gebruik van spoelvloeistof t.b.v. reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen"

Exemplaren van proefverslagen kunnen worden verkregen door f 15,- per verslag over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van het gewenste verslagnummer. 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. U heeft dan de mogelijkheid om onderzoeksverslagen gratis te bestellen. Bovendien ontvangt u de jaarverslagen van de regionale proefbedrijven en het Proefstation gratis. U kunt zich hierop abonneren door f 45,- over te maken op postgirorekeningnummer 51.73.462 ten name van het Proefstation voor de Varkenshouderij, Lunerkampweg 7, 5245 NB ROSMALEN, onder vermelding van POV, Nieuw abonnement